

От редакции: Как правило, мы стараемся четко следовать тематической направленности выпусков, поскольку это позволяет сориентировать авторов и читателей по интересам и помогает производителям правильно акцентировать рекламируемую продукцию. Но журнал - это живой организм, который должен быстро адаптироваться к тем или иным обстоятельствам. Тем более, что, зачастую, он сам возникновение этих обстоятельств и иницирует. Так, например, случилось с выпуском, посвященным сейсмодатчикам. Отклики и статьи читателей, касающиеся этой тематики, приходят в редакцию и по сей день. Одна из поступивших в редакцию статей предлагается вниманию читателей.

К вопросу использования одиночных сейсмоприемников в геофизических исследованиях МОВ ОГТ

■ Завьялов В.А., ОАО "Хантымансийскгеофизика", г. Ханты-Мансийск

В работе рассматривается вопрос о выборе минимального количества одиночных сейсмоприемников и применении их вместо группы сейсмоприемников, при котором не происходит снижение качества сейсмического разреза. При работе с группами сейсмоприемников для повышения эффективности регистрации высоких частот рекомендуется уменьшение длины приемной группы с сохранением оптимального количества сейсмоприемников и площадная установка в условиях низкоскоростного разреза Западной Сибири.

В технологии сейсмических исследований МОВ ОГТ применяются и постоянно совершенствуются различные методические приемы, с целью получения сейсмических отражений в максимально широкой полосе частот и, в частности, расширение области регистрации высоких частот. В многочисленных публикациях как отечественных, так и зарубежных, приведены примеры повышения частотного состава записи в результате применения этих подходов, что свидетельствует о некотором постоянном прогрессе в данном вопросе. Но в практику производственных исследований эти разработки идут с трудом, что связано как с усложнением технологии полевых работ, так и определенными издержками получаемых результатов.

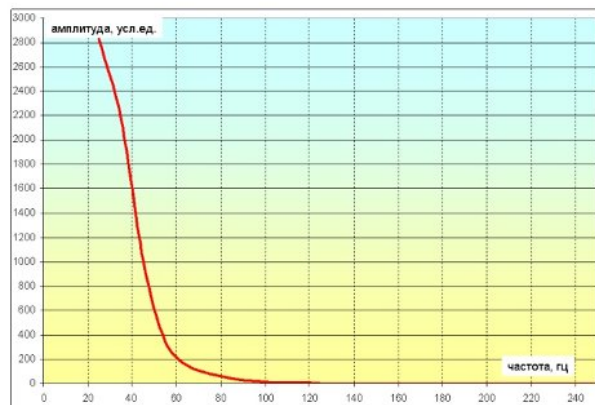
В настоящее время в России, как и во всем мире, определенное внимание уделяется внедрению Q-land технологии, предусматривающей использование плотной системы одиночных сей-

смоприемников (на Западе внедрение и использование таких технологий с переменным успехом идет в течение более 10 лет). Появились печатные работы, обосновывающие применение данного подхода в современных условиях России [4], намечаются достойные кандидаты на государственные премии за внедрение этой технологии. Следует отметить, что применение одиночных сейсмоприемников вместо использования групп, при работах МОВ ОГТ 3D в своих работах активно отстаивал д. г - мн.н. Бембель Р. М. [1]. Несмотря, на первый взгляд, на объективность и теоретическую обоснованность использования одиночных сейсмоприемников вместо группы, получаемые при этом результаты, не дают, по нашему мнению, ожидаемого эффекта. Если просмотреть и проанализировать данные, представленные в журналах и рекламных буклетах, свидетельствующие о высокой эффективности применения одиночных сейсмоприем-

ников, по сравнению с ранее полученными результатами и примененными группами, сомнения переходят в убеждение, что принципиально новые результаты мы получаем не всегда. По нашему мнению и исходя из опыта работ, только при использовании достаточного количества одиночных сейсмоприемников вместо группы, применении компактного (точечного) источника достаточной мощности и дополнительном увеличении эффективной кратности исследований с целью повышения соотношения сигнал/помеха можно ожидать появление новых данных.

Рассмотрим особенности проведения сейсмических работ в Западной Сибири и, в частности, остановимся на целесообразности использования одиночных сейсмоприемников и применения линейных групп приема. В настоящее время при производственных работах используется группирование 12 сейсмоприемников на базе 20-25 метров. Автор не располагает информацией о группировании по более плотной системе, то есть использовании линейных групп из 16, 20, 24 и т. д. приемников на этой базе и применении использовании меньших групп, при сохранении определенного количества сейсмоприемников и эффективности их применения. Поэтому за основу работы с целью выяснения возможностей использования одиночных приборов вместо групп была проанализирована использована информация, полученная ранее при производственных работах МОГТ.

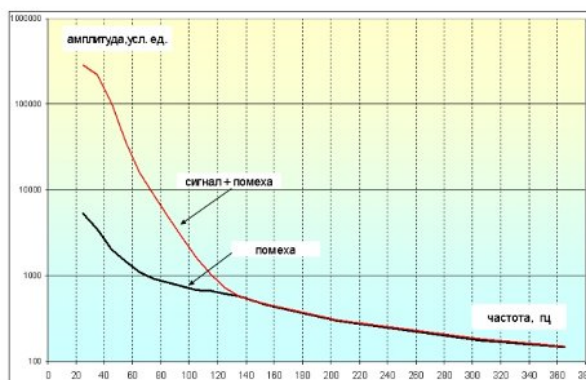
Теперь определимся с предпосылками получения новых данных в условиях Западной Сибири при применении одиночных сейсмоприемников Q-land технологии на основе имеющихся данных. На рисунке 1 приведена типичная зависимость амплитуды от частоты, которая свидетельствует о резком снижении амплитуды на частотах более 60-65



▲ Рис. 1. Изменение амплитуд отраженных волн в зависимости от частоты (для неокома Среднего Приобья)

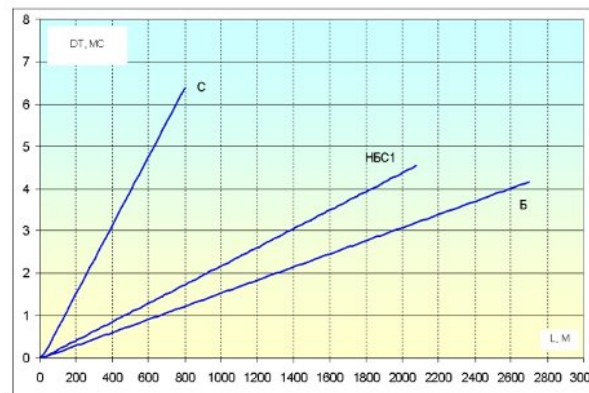
Гц, связанном, в основном, с упругими свойствами среды и параметрами источника. И задача сейсмических исследований заключается в сохранении при регистрации частот, особенно высоких, как сопоставимых по уровню с естественными шумами, так и существенно ниже естественного шума (рис. 2) и в повышении при обработке соотношения сигнал/помеха в широкой полосе частот на конечном этапе.

Одной из основных причин снижения частотного состава сейсмической записи считается применение группы сейсмоприемников при регистрации, которая ослабляет высокие частоты [4]. Насколько велико влияние линейных размеров



▲ Рис. 2. Соотношение амплитуды сигнала и помехи в зависимости от частоты (по работам МОВ ОГТ, проведенным с единичными приемниками в Среднем Приобье)

группы на снижение частотного состава записи оценим по реальным производственным сейсмограммам ОПВ, полученным в центральных районах Среднего Приобья. Рассчитаем кинематическую поправку для сейсмических горизонтов С (сеноман), НБС1 (неоком), Б (верхняя юра), аппроксимируя отсчеты реального годографа параболической функцией. Эффективную длину расстановки определим с учетом мьютинга. Из полученных данных (рис. 3), мы видим, что для группы сейсмоприемников длиной 25 м максимальные временные задержки изменяются от 0 мс на ближних удалениях до 4 – 7 мс на дальних удалениях. Максимальные задержки 6-7 мс получены по горизонту С, минимальные 4-5 мс – по глубоким горизонтам Б, НБС1, а при применении более жесткого мьютинга задержки уменьшаются дополнительно на 20-30 % (при работах 3D ослабление высоких частот группой несколько снижается, что связано с обработкой пунктов взрыва в противоположном направлении относительно пунктов приёма). Таким образом, использование группы 25 метров при работах 2D снижает эффективность регистрации и накопления высоких частот, используемых для суммирования, что и отмечено в работе А. В. Череповского [4]. В тоже время, благодаря использованию плотной группы из 12 распределенных приборов, происходит повышение соотношения сигнал/помеха в 3.5 раза, что компенсирует затухание частот и позволяет выделить высокочастотный сигнал, что невозможно выделить при использовании одиночных приборов в количестве 1-3, применяемых вместо группы. На ближних каналах, а это большая часть расстановки, ослабления записи на всех используемых частотах практически не происходит. Что же касается AVO-эффекта, то на высоких частотах он будет снижен, но на низких и средних частотах

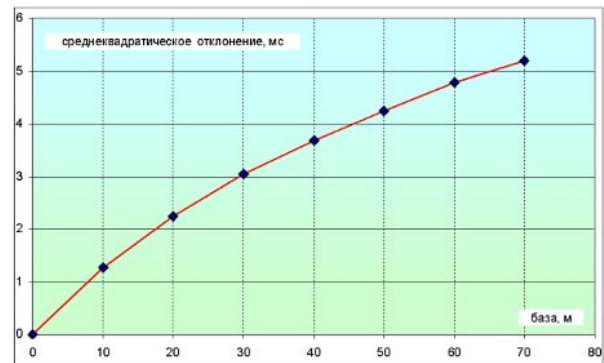


▲ Рис. 3. Кинематическая поправка в пределах 25 метровой группы сейсмоприемников для горизонтов С, НБС1, Б (центральные районы Среднего Приобья)

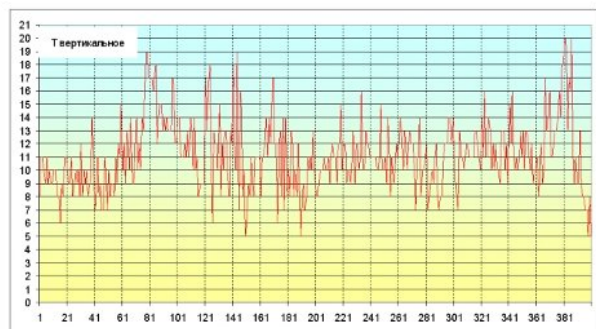
сохранится полностью. Как возможный путь частичного, но достаточно эффективного решения данной проблемы, можно рассмотреть вопрос дальнейшего уменьшения длины группы в два-три раза, при сохранении или незначительном уменьшении количества приемников (для ослабления случайной помехи особенно в области высоких частот), а на этапе обработки применения более жесткого мьютинга. Следует отметить, что для условий Восточной Сибири и других регионов, где разрез сложен высокоскоростной толщей галогенно-карбонатных отложений, влияние группы 25 метров на ослабление высоких частот на дальних каналах уменьшается в два раза по сравнению с районами Западной Сибири и по этой причине, влияние группы на частотный состав, связанное с гиперболичностью годографа, становится при работах 2D незначимой величиной для целевых горизонтов и тем более незначимой при работах 3D.

Оценим влияние поверхностных неоднородностей на синфазность суммирования в пределах группы, которая считается главной причиной ослабления частот. Рассмотрим влияние рельефа на суммирование сигнала внутри группы. Если выбрать профиль МОВ ОГТ, обрабо-

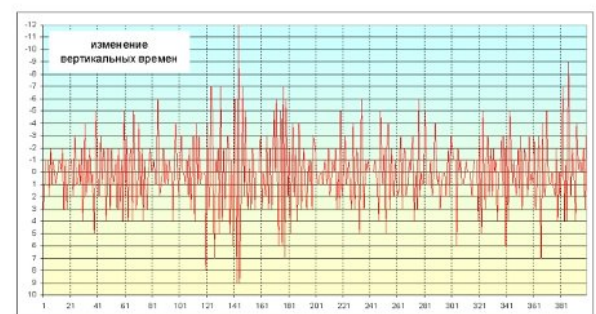
танный при производственных наблюдениях в Широтном Приобье и оценить изменение рельефа вдоль него на базе 25 метров, то в 98-99% случаев оно не превысит 1-1.5 метра. То есть сам по себе рельеф не создает больших погрешностей и не ослабляет синфазность суммирования сигнала. В Восточной Сибири ситуация принципиально другая. Там в 20%- 35% случаев изменения рельефа превышают 1-1.5м, что существенно ослабляет когерентность суммирования внутри группы. Основная же причина ослабления сейсмического сигнала при суммировании группой сейсμοприемников в Широтном Приобье, по нашему мнению, определяется другими факторами, а именно: зоной малых скоростей и верхней частью разреза [2]. Согласно работам с сейсмондированием МПВ, применяемыми для изучения зоны малых скоростей, мы имеем зависимость ошибки суммирования от базы сейсμοприемников, представленную на рис. 4. В соответствии с приведенным рисунком можно отметить, что последовательное уменьшение базы группы повышает точность суммирования, что связано с уменьшением влияния ЗМС (изменения мощности и скорости в ней). Оценим изменение зоны малых скоростей при применении взрывных источников по производственным работам МОВ ОГТ. При использовании взрывных источников при постоянной глубине скважин и заложении заряда ниже уровня ЗМС, полученные вертикальные времена и их изменения связаны, в основном, с изменением свойств зоны малых скоростей, её мощности и скорости в ней. На рис 5-7 приведены графики вертикальных времен и изменения вертикальных времен на линейной базе 25 метров, позволяющие оценить насколько значимо влияние зоны. Сог-



▲ Рис. 4. Среднеквадратическое отклонение статических поправок от среднего уровня в пределах базы группировки сейсμοприемников, связанное с влиянием ЗМС (определено по зондированиям МПВ)



▲ Рис. 5. Вертикальные времена по профилю на базе 25 м (неоком Среднего Приобья)



▲ Рис. 6. Изменение вертикальных времен по профилю на базе 25 м (неоком Среднего Приобья)



▲ Рис. 7. Гистограмма изменения вертикальных времен по профилю на базе 25 м (неоком Среднего Приобья)

ласно приведенным данным (рис.7), мы видим, что, в основном, отклонения не превышают 2-3мс и только в 20% ошибка превышает 3мс. То есть существенного и повсеместного искажения сейсмического сигнала при суммировании на базе 25 метров мы не имеем. Но для увеличения в сейсмической записи доли высоких частот от 60-65гц и более, следует, как минимум, уменьшить базу группирования сейсмоприемников для уменьшения влияния поверхностных неоднородностей в пределах группы, что повысит когерентность суммируемого регулярно сигнала. При этом целесообразно увеличить общее количество используемых групп приема в пределах расстановки. При работе с одиночными сейсмоприемниками и последующем бинировании их на большей базе (20-25 м), без ввода статических и кинематических поправок, мы получим, в принципе, результаты работы группы. И в случае использования меньшего количества приборов, чем в применяемой группе сейсмоприемников, соотношение сигнал/помеха уменьшится, особенно на высоких частотах.

Вводя поправки за рельеф в пункты взрыва и пункты приема с использованием интерполированных вертикальных времен и затем объединяя данные, заметного улучшения (повышения частотного состава) спектрального состава не получим ни при использовании групп, ни для одиночных сейсмоприемников.

На несинфазность суммирования ОГТ влияет верхняя часть разреза и более глубокие неоднородности геологической части разреза [3]. Рассчитав эти поправки и введя их, мы получим временной разрез, но ни о каком когерентном суммировании речи нет, поскольку высокочастотные ошибки определения стати-

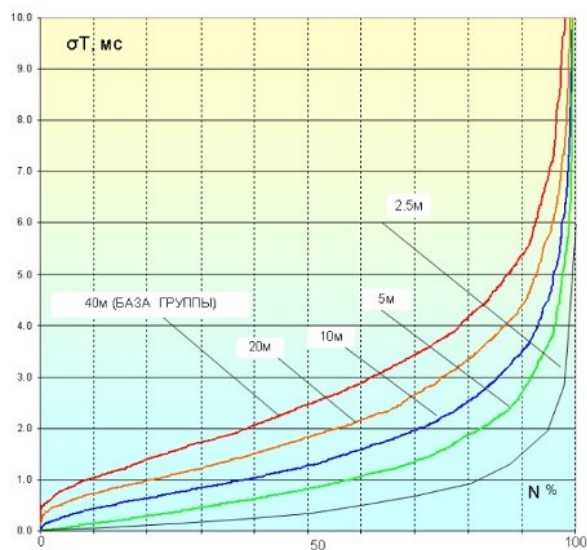
ческих поправок сохранились. И только обработав данные с использованием автоматической коррекции статических поправок, мы получим существенное улучшение синфазного суммирования сигнала и расширение спектра сейсмической записи на временном разрезе. Слабые высокочастотные сигналы, уровень которых сопоставим с шумами, вероятно, суммироваться когерентно не будут из-за интерференционной записи и определенных погрешностей определения статических и кинематических поправок. С целью оптимизации дальнейшего суммирования, чтобы повысить когерентность записи, следует при обработке весьма аккуратно использовать определенные алгоритмы фазочастотной коррекции сейсмограмм, типа трим - статика. Но если эти алгоритмы будут работать для относительно сильных сигналов, то для слабых сигналов, сопоставимых с шумами, это может привести в ряде случаев к негативным последствиям - появлению ложных осей синфазности (горизонтов), что неоднократно отмечалось в статьях зарубежных геофизиков /5/.

Изменение распределения сводных среднеквадратических погрешностей в зависимости от параметров применяемой группы представлено на рисунке 8. Исходя из значений градиентов изменения сводных статических поправок в пределах 20 метровой группы вдоль профиля, можно сделать вывод о том, что в до 20% случаев происходит синфазное суммирование(!), среднеквадратическая ошибка не превышает 1мс, а в 14% случаев суммирование происходит не оптимально и среднеквадратичная ошибка превышает 4 мс. Из этого следует, что если наша цель эти пресловутые 14 %, то необходимо таким образом модифицировать методику, чтобы в

результате ее применения в остальных 86% случаях результаты не ухудшались.

Так же изменится соотношение сигнал/помеха, в частности, для высоких частот, сохранение которых является нашей целью при регистрации одиночными сейсмоприемниками? А высокие частоты, уровень которых сопоставим со случайным шумом, будут ослаблены в 3.5 раза, если вместо группы из 12 сейсмоприемников будет один прибор, при условии некоррелированных случайных помех. Далее формально следует - количество суммируемых одиночных приборов из 12 при синфазном суммировании в пределах группы даст тот же эффект, что и группа (это для сильных сигналов, где достаточно высокое соотношение сигнал/помеха). Что недопустимо, по нашему мнению, так это использование 1 или 2-3 приборов вместо группы, что заведомо ухудшит качество отчетных сейсмических данных, а это, к сожалению, предлагается в некоторых работах [4] и даже применяется на практике на современном этапе, дискредитируя, в общем-то, перспективное направление в сейсморазведке. Далее следует отметить, что при низком соотношении сигнал/помеха, связанном с использованием малого количества одиночных сейсмоприемников, и невысокой эффективной кратности при работах 3D, мы будем иметь временные разрезы с меньшей разрешенностью по сравнению с работами 2D, где эффективная кратность на целевых горизонтах обычно существенно выше, что иногда и происходит. Фактически же, учитывая возможные погрешности ввода статических поправок для синфазного суммирования, даже после автоматической коррекции эффект применения одиночных сейсмоприемников в таком же количестве, как и в группе, но с пониженной кратностью, как

правило, не даст положительного результата. Далее, мы приходим к следующему выводу - количество единичных сейсмоприемников, применяемых вместо группы, должно быть существенно больше, чем 1-3 сейсмоприемника и только это позволит получить результаты, которые будут сопоставимы с данными, зарегистрированными группой сейсмоприемников. Если хотим получить максимально надежные данные, то для решения поставленной задачи необходимо использовать столько одиночных приемников, сколько приборов в группе, исходя из того факта, что сигнал на высоких частотах сопоставим с шумами, а случайная помеха не коррелируется. Только в этом случае мы получим новые сейсмические данные по всему профилю (площади). При этом оптимизируется когерентность суммирования сейсмической записи, увеличится соотношение сигнал/помеха в широкой полосе частот (особенно в области высоких частот) и, как следствие, повысится разрешенность временных разрезов. Учитывая, что



▲ Рис. 8. Изменение статической ошибки суммирования в зависимости от базы группы в пределах профиля в Среднем Приобье (выполнена сортировка значений по возрастанию)

повышение плотности установки сейсмоприборов имеет определенный предел (после которого из-за корреляции помехи накапливание сигнала будет малоэффективно) и едва ли целесообразно располагать единичные приборы с их высокой чувствительностью к условиям установки и регистрировать их через 2-2.5м, скорее всего, для оптимизации условий приема и подавления случайных помех оптимально использовать группы на минимальной базе 2.5-5 метров - как линейной, так и площадной. При этом необходимо так же сокращать расстояние между пунктами взрыва, что повысит точность расчета и ввода статических поправок как априорных, так и корректирующих (рис. 7).

В качестве альтернативного подхода можно предложить использование площадных групп (в частности, установку приборов по обеим сторонам профиля), что усложняет технологию полевых исследований, но повышает эффективность регистрации сейсмических волн.

Автор не рассматривает в своей статье применение оригинального способа регистрации с использованием вертикального группирования одиночных сейсмоприемников. Способ, предложенный геофизиками ОАО "Енисейгеофизика" (В.А. Детков и др.), имеет определенные перспективы, но, к сожалению, пока не прошел должной апробации на практике.

Выводы.

Для регистрации и выделения сейсмического сигнала, особенно в области высоких частот, где он сопоставим с уровнем помех (шумов), для условий Среднего Приобья рекомендуется:

- использовать одиночные сейсмоприемники, количество которых сопоставимо с количеством приборов в группе (12 и

более), или, что более целесообразно, применять мини - группы на базе 2.5-5 метров для нивелирования условий установки приборов и статистического увеличения соотношения сигнал/помеха, особенно на высоких частотах,

- в качестве альтернативного, по нашему мнению, равноценного подхода, на практике следует применять группы приборов на базе меньше 25 метров, например, 7.5-12.5 метров с достаточным количеством сейсмоприемников (что актуально для условий Западной Сибири), используя, по возможности, площадное группирование сейсмоприемников.

- повысить эффективную (фактическую) кратность исследований МОВ ОГТ на целевых горизонтах в 2-3 раза, что позволит повысить соотношение сигнал/помеха, особенно в области высоких частот.

Литература.

1. Бембель Р. М. Высокоразрешающая объемная сейсморазведка. Изд. Наука, Новосибирск, 152с., 1990.
2. Завьялов В.А., К вопросу определения статических поправок за влияние ЗМС в условиях Среднего Приобья по работам МОВ ОГТ., Научно-практическая конференция: "Состояние и перспективы совершенствования методов обработки и интерпретации результатов геофизических исследований при поисках, разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа в Западной Сибири", Тюмень, с.52-59, 2011г.
3. Притчетт У. Получение надежных данных сейсморазведки: Пер. с англ.- М.: Мир, 199. -448с., с ил.
4. Череповский А.В., Пришло ли время отказаться от группирования в пользу одиночных сейсмоприемников., Геофизика №10, 22-28, 2010г.
5. Ursenbach, C. P., and Bancroft, J. C., Noise alignment in trim statics. CREWES Research Report, Volume 12, 2000