

Высокоразрешающая сейсморазведка в Нижнем Поволжье РФ и во впадине Талиму в Китае

Колосов Е. М., Кобылкин И. А., Голубченко А. М., Ужакин В. А.
ЗАО работников «Народное предприятие «Запорожский геофизик» г. Волгоград

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Важнейшими задачами сейсморазведки являются выявление и картирование геологических структур, связанных с разрывами, а также исследование деформаций. Для этого необходимо применение сейсморазведки с высокой разрешающей способностью. В настоящее время основным методом сейсморазведки является сейсмическая обработка данных, включающая в себя ряд этапов: фильтрацию, корреляцию, амплитудную коррекцию, суммирование и т.д. При этом необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных.

- Условием проведения сейсморазведки является наличие сейсмических источников, способных генерировать сейсмические волны. В настоящее время основным источником являются взрывы, которые могут быть как естественными, так и искусственными.
- При проведении сейсморазведки необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных, таких как: глубина залегания разрыва, направление распространения сейсмических волн, свойства пород и т.д.

Пока не существует система возбуждения и регистрации сейсмических волн, позволяющая работать с высокими сигналами. Все сейсмические сигналы, с которыми сталкивается современная сейсморазведка, ослаблены в той или иной степени помехами разной интенсивности, ослабление которых при регистрации и обработке требует применения различных приемов, включая накопление, фильтрацию, регулирование амплитуд и комплекс специальных программ обработки.

Волгоградская геофизическая экспедиция, входящая в ЗАО работников «НП «Запорожский геофизик», традиционно занимается опробованием различных видов взрывных источников, в 80-90 годы пришла к выводу о необходимости и возможности минимизации взрывной технологии, при взрывах, как в ЗМС, так и под ЗМС.

Рассмотрим процессы, происходящие в зоне взрыва.

Общепринято, что при камуфлетном взрыве выделяются условно три зоны: зона сжатия и тонкого измельчения пород (камуфлетная зона), зона сжатия и растрескивания, зона упругих деформаций.

В камуфлетной зоне давление на фронте ударной волны превышает модуль объемного сжатия пород. Скорость распространения ударных волн в этой зоне превышает скорость упругих колебаний в данной среде. Размер камуфлетной зоны по Покровскому ГИ [7] равен $R_k = K_k \cdot \sqrt{Q}$, где K_k - коэффициент, зависящий от прочности пород. Распространение ударной волны в этой зоне связано со значительными потерями энергии. На образование зоны разрушения расходуется большая часть энергии взрыва и чем больше величина заряда, тем больше энергии расходуется на разрушение.

В зоне сжатия и растрескивания скорость распространения ударных волн равна скорости упругих колебаний в данной среде. В этой зоне среда ведет себя не упруго, в ней возникают остаточные деформации, ведущие к нарушению сплошности строения среды, что ведет к дальнейшей потере энергии взрыва.

При проведении сейсморазведки необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных, таких как: глубина залегания разрыва, направление распространения сейсмических волн, свойства пород и т.д.

В настоящее время основным методом сейсморазведки является сейсмическая обработка данных, включающая в себя ряд этапов: фильтрацию, корреляцию, амплитудную коррекцию, суммирование и т.д. При этом необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных.

Условием проведения сейсморазведки является наличие сейсмических источников, способных генерировать сейсмические волны. В настоящее время основным источником являются взрывы, которые могут быть как естественными, так и искусственными.

При проведении сейсморазведки необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных, таких как: глубина залегания разрыва, направление распространения сейсмических волн, свойства пород и т.д. При этом необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на качество обработки данных, таких как: глубина залегания разрыва, направление распространения сейсмических волн, свойства пород и т.д.

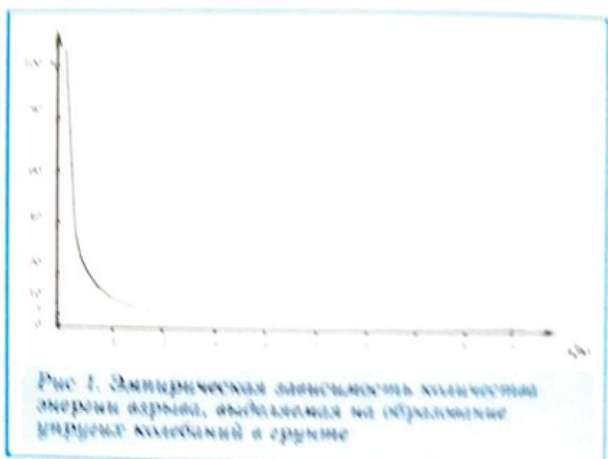


График составлен исходя из следующих предположений:

- при зарядах с весом более 2 кг в сейсмическую волну переходит около 1-2% энергии ВВ;
- при зарядах массой 2 кг в сейсмическую волну переходит около 90% энергии ВВ;
- энергия взрыва, направленная на образование сейсмических колебаний (от 1% при больших зарядах, до 90% при малых), меняется не линейно, а по зависимости аналогичной графику, приведенному на рис. 1.

Если данное предположение близко к реальному, то при составлении графиков, представленных на рис. 1, 2, с учетом того, что при сейсморазведочных работах используются заряды, не превышающие по массе 100-200г и даже меньше Выходит [2] прямая потребность, что весовая нагрузка должна быть увеличена, что следует учитывать при проектировании взрывных работ.

Для описания действия взрывного источника продольных волн может быть применена теория сферического излучателя продольных волн, изложенная в ряде статей [2,3] И.И. Гурвичем, который для описания действия взрывного источника

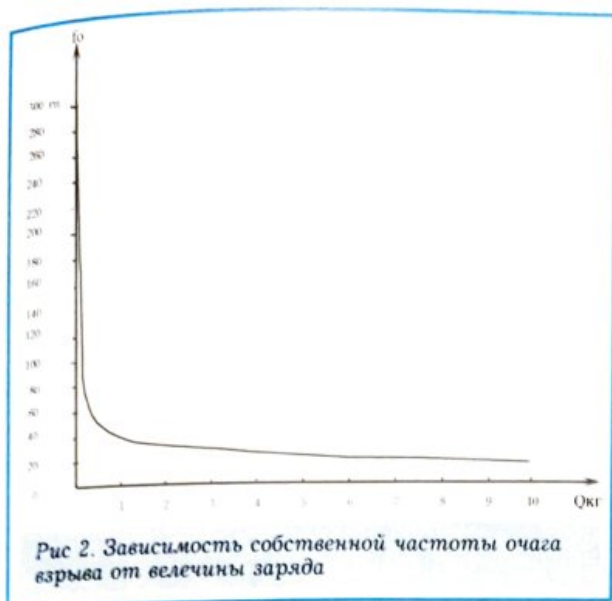


Рис 2. Зависимость собственной частоты очага взрыва от величины заряда

График резко дифференцирован на два участка: низко-среднечастотный участок, связанный с применением зарядов от 0,1 кг и выше, и высокочастотный с большим градиентом изменения частоты очага, связанный с применением малых зарядов, что хорошо подтверждается полевым экспериментом, представленным на рис. 3.

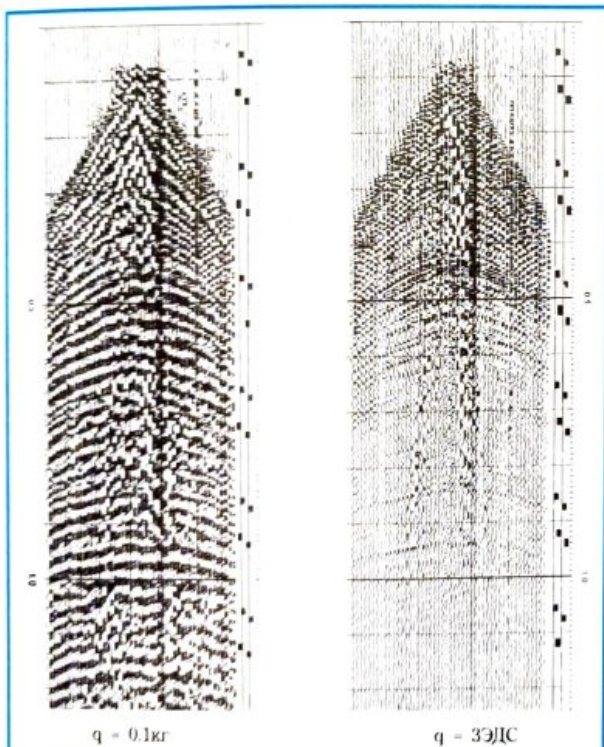


Рис 3. Сейсмограммы полученные при одиночных взрывах под ЗМС с разной массой заряда. (Сарпинский прогиб Прикаспийской впадины)

Методика высокоразрешающей сейсморазведки, разработанная в ЗАОр "НП "Запприкаспийгеофизика" [4], основывается на следующих практических принципах:

- возбуждение сейсмических колебаний осуществляется взрывами минимизированных зарядов массой от 10-100г;
- применяется повышенная плотность наблюдений с использованием пьезоакселерометров СПАН, созданных в ОАО "СКБ СП" г.Саратова и широкополосных высокочувствительных сейсмо-

приемников СВ-10-11-М, разработанных Пермской приборостроительной компанией;

- применение современных сейсмостанций с 24-разрядным преобразователем аналог-код;
- проводятся детальные топографические наблюдения с применением спутниковой привязки системами GPS и абсолютного соблюдения условий технического проекта по геометрии расстановки и точек возбуждения;
- детальное изучение строения ВЧР методами обращенного каротажа;
- достижение максимально возможного сжатия сейсмического сигнала и наибольшего уровня сигнал/помеха на этапе обработки по технологии, специально разработанной в ЗАОр "НП "Запприкаспийгеофизика".

Комплекс вышеупомянутых приемов способствует формированию сейсмических сигналов такой длительности и интенсивности, которые позволяют осветить внутреннее строение выделяемых сейсмостратиграфических комплексов мощностью 5-10м (рис. 4), отдельного

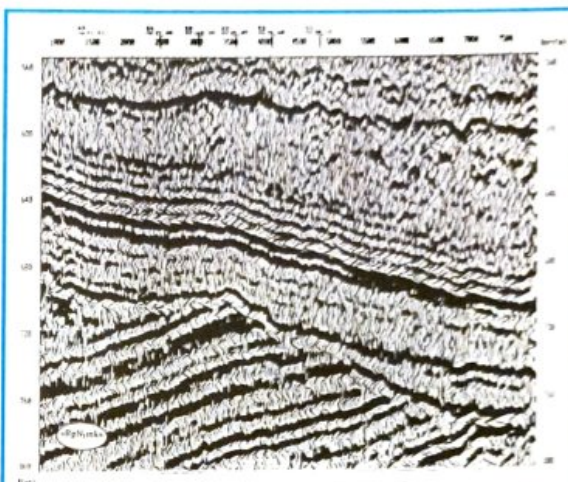


Рис 4. Характер проявления угловых несогласий отражений от границ в среднем и нижнем миоцене на профиле обработанном по технологии ВРС: на волновой картине можно выделить отражения с периодом 6-8 мс, что соответствует 4-6 м.

выделения их кровли и подошвы, картировать микрогравены и микрогорсты, проследить палеорусла и другие эрозионные поверхности в интервале глубин до 2,5-3,0 км. Предлагаемая методика широко используется в пределах западной и юго-западной частях Прикаспийской впадины и западной части кряжа Карпинского, где с использованием технологии ВРС открыты газовые и нефтяные месторождения в отложениях неогена, мела, юры, триаса и построены новые модели геологического строения известных месторождений (Каспийское, Промысловское, Олейниковское), позволяющие оптимально размещать эксплуатационные скважины. Методику ВРС целесообразно применять для решения различных задач, как в нефтегазовой геологии, так и в угольной и рудной геофизике.

Вопросы об использовании высокочастотных сигналов при сейсморазведке все время привлекают внимание специалистов [1].

Высокочастотная часть широкополосных сигналов, как правило, слабых, представлена слабыми сигналами и для их регистрации необходима высокочувствительная аппаратура с очень малыми нелинейными искажениями. Современные сейсморегирующие системы с 24-разрядным преобразователем замечают сигнал от нановольт до 1000 и выше милливольт. На рис. 5 приведена шкала записи

сейсмического сигнала сейсмостанции "Прогресс-Л", приведенного к входу, а также шкала интенсивности зарегистрированных сейсмических сигналов при разных по массе зарядов.

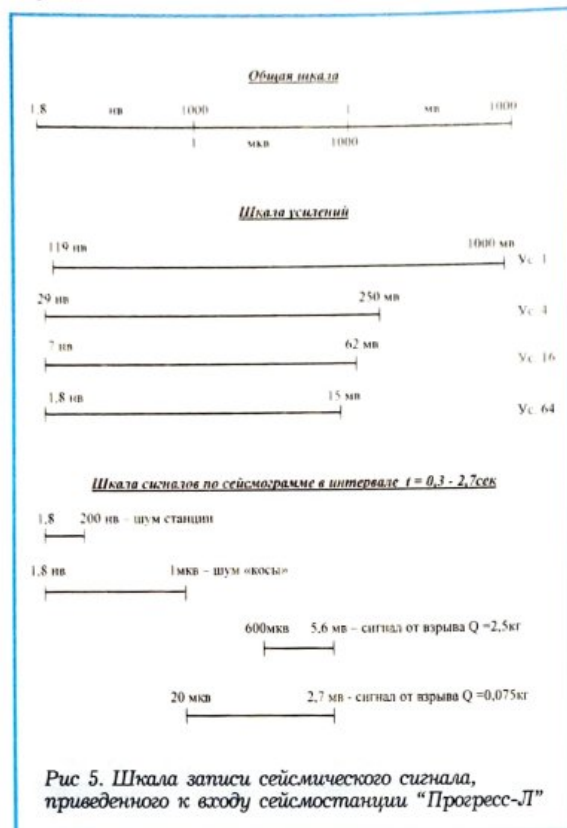


Рис 5. Шкала записи сейсмического сигнала, приведенного к входу сейсмостанции "Прогресс-Л"

Сравнение численных значений зарегистрированных сигналов в интервале регистрации $t=0.3-2.7$ с при взрывах зарядов массой 75 г со шкалой записи, показывает, что при малых зарядах на вход станции подается сигнал, который регистрируется на всех диапазонах усиления без искажений.

Результаты работ по ВРС неоднократно сообщались на геофизических семинарах, в печати и вызвали интерес у специалистов Научно-технического отдела Бюро геофизического развития Китайской нефтяной корпорации (BGR CNPC). В 1997 году в Восточной части Китая в районе р. Талиму по приглашению BGR группой специалистов из РФ проведено тестирование технологии ВРС.

Работы проведены в долине реки Талиму в северной части пустыни Такла-Макан на участке профиля S-97-566G протяженностью 9,96 км.

Основными элементами тестирования являлись: экспериментальные определения величины заряда и применение пьезоакселерометров СПАН, разработанных Саратовским СКБ СП, для увеличения разрешенности сейсмической записи.

Стандартными источниками и приемниками, используемыми китайскими геофизиками, были взрывы зарядов массой 6 кг с приемом на геофоны GS-20-DX.

Опытный профиль S-97-566G отрабатывался в интервале пикетов 197480-207470 по методике ВРС при следующих параметрах полевой системы и источника (рис. 6):

- телеметрическая сейсмостанция - VISION;
- число линий - 2;
- число каналов: 240 (1-120 каналы для пьезоакселерометров СПАН; 121-240 каналы для электродинамических сейсмоприемников GS-20DX-10B);

- кратность - 60;
- шаг между центрами групп - 30 м;
- группирование: 7 приборов СПАН по кругу радиусом 1 м; 24 геофона GS-20DX-10B на площади 2 м x 0,9 м по 8 приборов в линии;
- схема расстановки: источник на 109 канале для СПАН и на 229 канале для GS-20DX-10B (-3240 м) - (-0) - (+330 м);
- источник: заряд весом 240 г (тип TNT) размещался на глубину 7 м ниже подошвы ЗМС;
- шаг ПВ: - 30 м;
- регистрация: время записи - 7 с, шаг квантования - 1 мс, ФНЧ - 12 Гц с крутизной фильтра 18 дБ/октаву, ФВЧ - 412 Гц.



Рис 6. Параметры полевой системы и источника

Обработка сейсмоданных проводилась на вычислительном центре ЗАО "НП ЗПГ" с использованием комплекса программ iXL (США) и SDS PC (Россия).

Каждая модификация обрабатывалась независимо для решения следующих задач:

- оценка эффективности методики ВРС, разработанной в ЗАО "НП ЗПГ", в сравнении с традиционной методикой, реализуемой CNPC в районе ТАЛИМУ;

- выявление преимуществ пьезоакселерометров, разработанных в АО "СКБ СП", перед электродинамическими сейсмоприемниками GX-20DX-10B, выпускаемыми BGR CNPC.

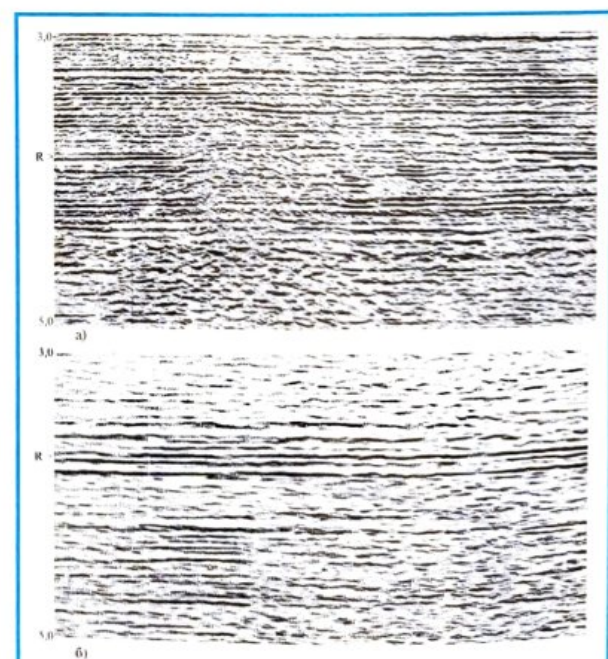


Рис 7. Фрагменты временного разреза по ВРС, полученные при регистрации в поле по двум типам сейсмоприемников. Целевой объект расположен на уровне R.
а) сейсмоприемники СПАН-1
б) сейсмоприемники GS-20DX

На рис. 7 демонстрируются фрагменты временного разреза по профилю S-97-566G, полученные с приемом сигналов на сеймоприемники GX-20DX и пьезоакселерометры СПАН-1.

Рассмотрение сейсмических материалов ВРС показывает, что сейсмическая запись, полученная с использованием китайских геофонов и пьезоакселерометров СПАН, характеризуются высокой, но близкой друг к другу разрешенностью. Отметим, что при этом число акселерометров в группе было более чем втрое меньше, чем сейсмоприемников GS-20DX-10B. Четко просматриваются сеймостратиграфические комплексы, соответствующие различным стратиграфическим интервалам геологического разреза и изменяющемуся литофациальному составу горных пород. В целевом интервале времен 3,6-3,7 с на фоне субпараллельных осей синфазности отмечается волновая картина, соответствующая поверхности эрозии с неровным рельефом. Геологический интерес может представлять аномальное поведение волнового поля в интервале пикетов 201400-202600-204400 и времен 3,3-3,5с. Здесь на временном разрезе, полученном именно с приборами СПАН-1 на ПК 201400-202600 наблюдается четкое отражение, отображающее структуру обложения геологического тела.

Анализ материалов ВРС показывает, что при использовании СПАН-1 или GS-20DX-10B на временных разрезах в интервале $T=3,3-3,7$ с преобладающий период целевых отражений колеблется от 35-50Гц до 80-90Гц (период колебаний от 30-20 мс до 12-10мс). Для стандартной технологии аналогичные показатели находятся в пределах 30-33Гц (периоды 33-30 мс) до 45-50 Гц (периоды 22-20 Гц).

Тестирование технологии ВРС в долине реки Талиму примечательно тем, что в условиях сравнительного полевого эксперимента была показана возможность регистрации высокочастотной части спектра сигнала на временах до 6 с, амплитуды которой в пределах частот 60-130 Гц при зарядах 90г даже несколько выше амплитуд, полученных при зарядах 6 кг.

Анализ полученных материалов показывает, что имеются возможности дальнейшего повышения эффективности предложенной методики ВРС. В частности, за счет использования новых более современных модификаций одиночных пьезоакселерометров СПАН-2, разработанных в ОАО "СКБ СП". Одиночные приборы СПАН-2 для ВРС, не усредняют регистрируемые сигналы по площади группирования, способствуют более четкому соблюдению технологии ВРС на этапе проведения полевых работ и дают дополнительные возможности для достижения главной цели - детализации геологического разреза.

Наряду с этим, важным аргументом в пользу широкого внедрения ВРС может быть получение серьезной экономической эффективности за счет значительного снижения затрат в буровзрывной технологии.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзон И.И. Высокочастотная сейсмика. Издательство Академии наук, СССР, 1957г.
2. Гурвич И.И. Сейсмическая разведка. Недра, 1970.
3. Гурвич И.И. К теории сферического излучателя сейсмических волн. Изд. АН СССР. Физика Земли, № 10, 1965.
4. Кобылкин И.А., Ужакин Б.А., Колосов Б.М. и др. Способ высокоразрешающей сейсморазведки МОГТ с использованием взрыва зарядов. Патент № 2107310. Роспатент, 1997.
5. Кондратьев О.К. Теоретические основы цифровой записи сейсмических колебаний. ВНИИГеофизика, 1992.
6. Кутузов Б.Н. Справочник взрывника, Недра, 1988.

НАМ ПИШУТ!



...ЗАО "ГЕОСВИП" очень признательно Вам за энтузиазм и настойчивость, которые Вы проявили по организации и созданию профессионального журнала приборостроителей геофизической техники и оборудования. Особенно важно, что это мероприятие проходит под эгидой ЕАГО и, в частности, его Саратовского отделения, и позволяет непосредственно вписаться в геофизическое "пространство" России. Единственное, что вызывает сожаление это то, что данный журнал не появился хотя бы десять лет назад, но, как говорят, лучше поздно, чем никогда.

Появление такого издания вселяет уверенность и оптимизм, наконец приборостроители геофизической техники могут показать наглядно достижения в своей области, обмениваться мнениями с пользователями данной техники...

Первый заместитель генерального директора ЗАО "ГЕОСВИП", член ЕАГО Н.П.Алелюхин.

...От всей души поздравляю Вас с выходом первого номера журнала. Журнал действительно очень хорош, - отвечает самым высшим критериям и по содержанию и по оформлению, так что мой скепсис в отношении его будущего сегодня неуместен.

Сибирское отделение будет постоянным подписчиком и внимательным читателем Вашего журнала....

Председатель Сибирского отделения ЕАГО Г.В.Ведерников.

Журнал "Недра Поволжья и Прикаспия", вып. 33, январь 2003г.

...Редакция журнала "Недра Поволжья и Прикаспия" искренне поздравляет своих коллег с удачным дебютом и желает журналу "Приборы и системы разведочной геофизики" долгих лет процветания и благополучия, интересных публикаций и достойного материального обеспечения".

Ответственный секретарь редакции "Недра Поволжья и Прикаспия", к.г.-м.н Н.В.Семенов

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ