

С увеличением глубины интерференционные процессы сглаживаются, и в среде формируется волновое поле с равномерным фазовым и амплитудным распределением сигналов вдоль фронта волны. Можно считать, что в этой зоне все лучи.



приходится в определенной точке проекторной дуги излучать в двух направлениях, параллельных удаленным друг от друга источникам. Это условие, согласно [4,24] приводит к неравенству

$$r > 1/2 \lambda, \quad (3)$$

где r - расстояние от центра линзовой группы до точки сложившихся максимумов.

При соблюдении условия (3) волновое поле группового излучателя описывается диаграммой направленности, представляющей собой функцию амплитуды колебания от параметров линзового источника.

$$A^2 = a^2 \frac{\sin^2 \left[\frac{1}{2} k l (\sin \theta - \sin \alpha) \right]}{\sin^2 \left[\frac{1}{2} k l (\sin \theta + \sin \alpha) \right]}, \quad (4)$$

где a - амплитуда сигнала, возбужденного точечным источником в некоторой точке P нижнего подпространства, θ - угол, характеризующий направление, в котором определяется амплитуда суммарного колебания, $k = 2\pi/\lambda$ - волновое число.

Максимум основного лепестка диаграммы направленности соответствует условию: $\sin \theta - \sin \alpha = 0$, т.е. $\theta = \alpha$. Это означает, что максимальное излучение интерференционного источника колебаний совпадает с направлением распространения излученной волны (по нормали к фронту волны). В этом случае амплитуда определяется формулой $A = aN$ и равна произведению интенсивности излучателя (a) на их количество (N), что свидетельствует о максимальном излучении колебаний в направлении распространения волны.

Острота направленности излучения определяется шириной основного лепестка диаграммы направленности на уровне $\gamma_{0.7}$ его максимального значения (0.7) и оцениваются по приближенной формуле:

$$\gamma_{0.7} / 2 \text{ рад} = \frac{0.9 \lambda}{L \cos \alpha} \quad (5)$$

Отсюда следует, что с увеличением глубины разведки и соответственно с возрастанием скорости распространения волн при неизменной базе возбуждения уменьшается разрешающая способность ИС по раздельному выделению волн в зонах интерференции, что связано с увеличением длины волны. Поэтому для обеспечения эффективности исследований необходимы коррективы параметров ИС, что осуществляется путем увеличения длины базы возбуждения и количества излучателей при неизменных расстояниях между ними. При этом, если расстояния между излучателями больше 0.5λ , то диаграмма направленности имеет боковые лепестки, свидетельствующие об излучении в других направлениях, по интенсивности соответствующих излучению в направлении основного лепестка, а в волновом поле формируются побочные волны-помехи. При выполнении исследований с ИС, обладающими недостаточной остротой направленности, резко снижается качество полевых материалов. Поэтому, как правило, параметры подбирают исходя из условий, соответствующих изучаемым перспективным интервалам разреза.

В практике сейсморазведочных работ используют взрывные импульсные и невзрывные (импульсные или вибрационные) излучатели. Методика выполнения наблюдения с такими излучателями неодинакова. При взрывных источниках излучатели располагают в геологической среде в скважинах. Наилучший результат получается, когда они размещены в упругой среде,

чаще всего в водонасыщенных породах, на границе. Применяя маломощных излучателей здесь удается сформировать наиболее благоприятное волновое поле с динамически хорошо выраженными и ширококонтурными основным пакетом, с минимальными боковыми лепестками сигнала. При взрывных источниках от установки излучателей выноса в скважинах и в части части разреза становится невозможным ведение работ [5,6,8].

Книга верхняя часть разреза сложена слабо уплотненными породами и имеет достаточно большую мощность, применяют ИС с размещением маломощных зарядов в зоне малых скоростей. Методика выполнения таких работ была разработана в Саратовской геофизической экспедиции ИВНИИП в 1975-1977 гг. [5,6,7].

Из многолетнего опыта работ в Прикаспийской впадине известно, что применение ИС с маломощными излучателями, размещенными в мелких скважинах (на глубинах 2-4 м с оптимальными параметрами, обеспечивает надежную регистрацию динамически выраженных сигналов отраженных волн и большую глубину исследований. Это способствовало широкому применению таких источников на всей территории Казахстана и Поволжья [5,6,7,9]. Использовались остро-направленные ИС с базами возбуждения, превышающими длину сейсмической волны (свыше 100-150 м) при плотном расположении источников возбуждения менее 0.5λ , числе излучателей свыше 10-15 и массой единичных зарядов 0.4-0.8 кг.

Упругие взаимодействия при невзрывных импульсных источниках осуществляются с поверхности земли и отличаются от взрывных интенсивностью излучения. Волновое поле такого источника совпадает по своим характеристикам с полем взрыва небольшого заряда, размещенного вблизи поверхности земли, отличительная особенность его - интенсивные поверхностные волны (ЗМС) и недостаточная интенсивность сигналов

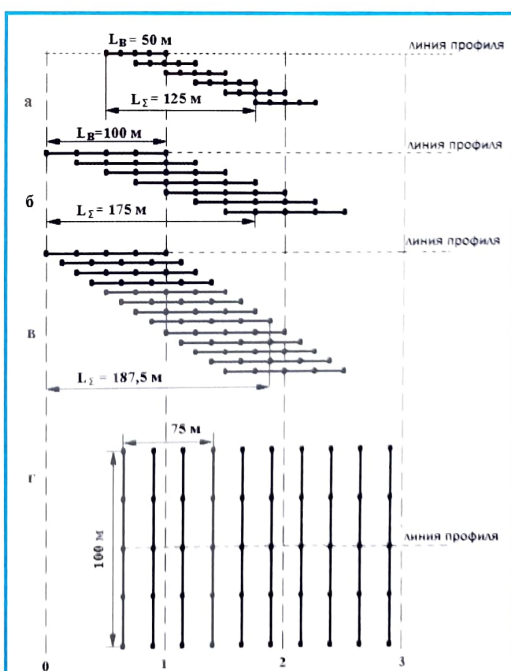


Рис. 1. Схемы наблюдений с интерференционными системами (ИС) с невзрывными излучателями при непрерывном перемещении вдоль профиля: а,б,в - линейные (ИС), излучатели расположены по линии профиля, г - площадные (ИС), базы возбуждения с излучателями перпендикулярны линии профиля.

При этом, как правило, не учитывается, что при увеличении частоты колебаний, тем больше становится относительная погрешность измерения. Поэтому, при выборе частоты колебаний, необходимо учитывать частоту резонанса регистрирующей аппаратуры.

При использовании метода накопления ИС, в отличие от метода группирования, не требуется, чтобы источники колебаний располагались на одинаковом расстоянии от регистрирующей аппаратуры. Прямой задачей при этом является определение суммарной базы накопления ИС. При этом, в отличие от метода группирования, не требуется, чтобы источники колебаний располагались на одинаковом расстоянии от регистрирующей аппаратуры. Прямой задачей при этом является определение суммарной базы накопления ИС. При этом, в отличие от метода группирования, не требуется, чтобы источники колебаний располагались на одинаковом расстоянии от регистрирующей аппаратуры. Прямой задачей при этом является определение суммарной базы накопления ИС.

Острота направленности всей ИС наблюдения определяется произведением диаграмм направленности каждой интерференционной системы и соответственно оценивается количеством источников возбуждения, перемещений и длиной суммарной базы накопления (L_s) по формуле:

$$L_s = (n-1)l + L_n,$$

где n - количество перемещений, l - шаг перемещений (равен расстояниям между излучателями), L_n - базы размещения излучателей.

Эффективность ИС наблюдения с непрерывным перемещением невзрывных источников зависит от следующих параметров:

ИС возбуждения колебаний - длина базы размещения излучателей L_n , их количество N и расстояния между ними l .

ИС накопления - длина суммарной базы группирования L_s , число перемещений ИС шагом l и количество зарегистрированных записей.

Кроме того, эффективность зависит от периода регистрируемых сигналов и скорости распространения колебаний.

ИС должны обеспечить необходимую остроту направленности и соблюдение условий формирования фронта падающей волны: отсутствие фазовых сдвигов и равномерность амплитуды вдоль фронта суммарной падающей волны, при неискаженной форме голографа отраженной волны на суммарной записи [1-7].

Одно из требований, предъявляемых к интерференционному источнику, максимально возможное подавление поверхностных волн. Исследованиями установлено, что для их ослабления источники должны располагаться на удаленных, равных половине длины поверхностной волны при четном числе излучателей, а шаг их перемещения равен расстоянию между ними. Важный фактор применения невзрывных излучателей - технологичность производственного процесса. На рис.1 приведены схемы выполнения работ, технологичность которых проверена в производственном цикле. На нем показаны схемы продольного размещения источников вдоль профиля, отличающиеся длиной базы возбуждения, шагом перемещения и длиной суммарной базы накопления, которые выбирают в соответствии с конкретными сейсмогеологическими условиями и решаемыми задачами. Приме-

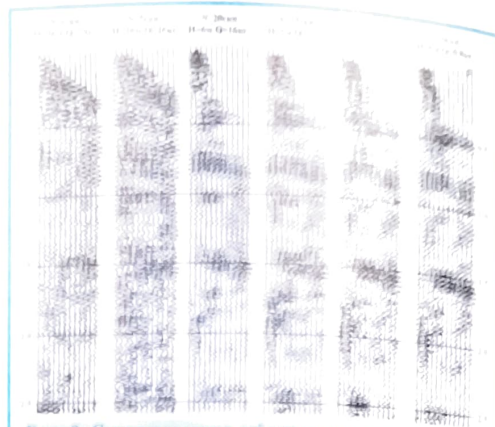


Рис. 2. Сопоставление сейсмограмм зарегистрированных с одиночным (а) и интерференционными источниками в глубоких (б) и мелких (H=6м) скважинах. Воспроизведение с разными амплитудами.

нение группы излучателей осуществляется путем одновременного их перемещения на равных расстояниях между ними (рис.1а,б). На рис.1б показана схема проведения работ при использовании интерференционных источников. База возбуждения ориентируется перпендикулярно линии профиля, а после каждого воздействия установки одновременно перемещаются параллельно на следующую базу.

Рассмотрим результаты опытно-методических исследований, выполненных в СГЭ при разработке методики работ с ИС, иллюстрирующие их высокую эффективность. На рис. 2 сопоставлены сейсмограммы, зарегистрированные при размещении зарядов в глубоких (под ЗМС) и мелких (в ЗМС) скважинах. Сейсмограммы (а,б) зарегистрированы при размещении заряда на глубине $H=36$ м. При одиночном источнике запись интенсивная, оси синфазности отраженных волн (ОВ) практически отсутствуют. При групповом источнике (б) отмечается интенсивная зашумленная многофазная запись, на фоне которой просматриваются ОВ на временах 0,7; 1,0; 1,5; 1,8 и 2,5 с. Можно предположить, что отсутствие ОВ на сейсмограмме (а) вызвано недостаточной мощностью излучателя, вес заряда которого в 3 раза меньше группового источника. Сейсмограммы (в-е) зарегистрированы при размещении зарядов в

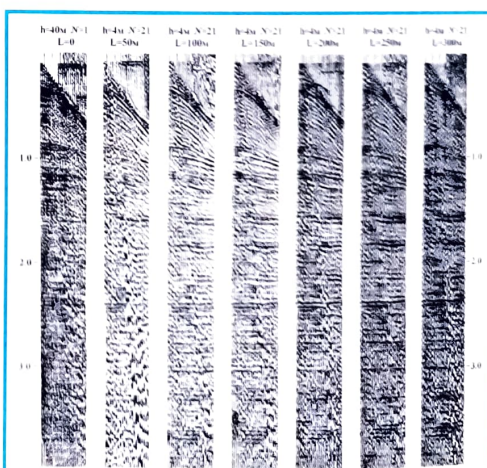


Рис. 3. Иллюстрация эффективности ИС возбуждения колебаний. Сопоставление сейсмограмм, зарегистрированных с взрывными источниками с различной остротой направленности, регулируемой длиной базы возбуждения (L) расстояниями между ними (l) при постоянном числе излучателей $N=21$.



ЗМС (11-16). Различаются они количеством используемых групп и суммарного заряда от 20 до 100 источников в группе и величиной суммарного заряда от 10 до 8 кг (с). Величина единичных зарядов для всех этих сейсмограмм равнялась 0,8 кг. На этих сейсмограммах записаны ОБ, отмеченные на сейсмограмме (б). Они имеют хорошую динамику, и фон шумов не мешает полностью. Воспроизведение произошло на разных усилителях для обеспечения одинаковой амплитуды от сейсмограмм (а) и (б). Отсутствие фона помех на этих сейсмограммах (в) зарегистрированного на сейсмограмме (б), свидетельствует о хорошей динамической выразительности фронта волны в возбужденном упругом поле. Зашумленность сейсмограммы (б), по-видимому, связана с применением источника с завышенной мощностью.

На рис. 3 сопоставлены сейсмограммы, зарегистрированные при возбуждении колебаний ИС с маломощными взрывными источниками, размещенными на малых глубинах в ЗМС, при различных расстояниях между излучателями (I) и размерах баз возбуждения (L) и неизменном числе излучателей $N=21$. Отчетливо видно, как с увеличением длины базы возбуждения со значения $L=50$ м на записи проявляются сигналы отраженных волн. При значениях $L=100-300$ м на сейсмограммах четко выделяются оси синфазности отраженных волн во всем диапазоне времен. Дальше с увеличением длины базы возбуждения четкость выделения сигналов волн не меняется.

На рис. 4 сопоставлены временные разрезы способа обработки ОГТ, построенные по сейсмограммам, при точечных (а) и интерференционных источниках (б). Временной разрез (б) отличается хорошей коррелируемостью осей синфазности сигналов отраженных волн.

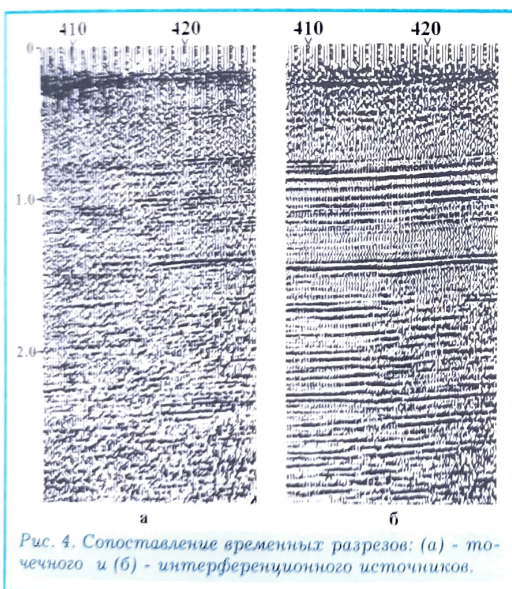


Рис. 4. Сопоставление временных разрезов: (а) - точечного и (б) - интерференционного источников.

На рис. 5 сопоставлены сейсмограммы, зарегистрированные при возбуждении колебаний ИС с взрывными (а) и невзрывными импульсными излучателями (б). Запись сейсмограммы (а) более интенсивна, а сейсмограммы (б) более зашумлена. Однако на этих записях выделены все оси синфазности. Повышенная зашумленность, по-видимому, связана с меньшей интенсивностью записи с невзрывным источником.

Многолетний опыт, накопленный Саратовской геофизической экспедицией и трестом "Саратовнефтегеофизика", при производстве работ описан-

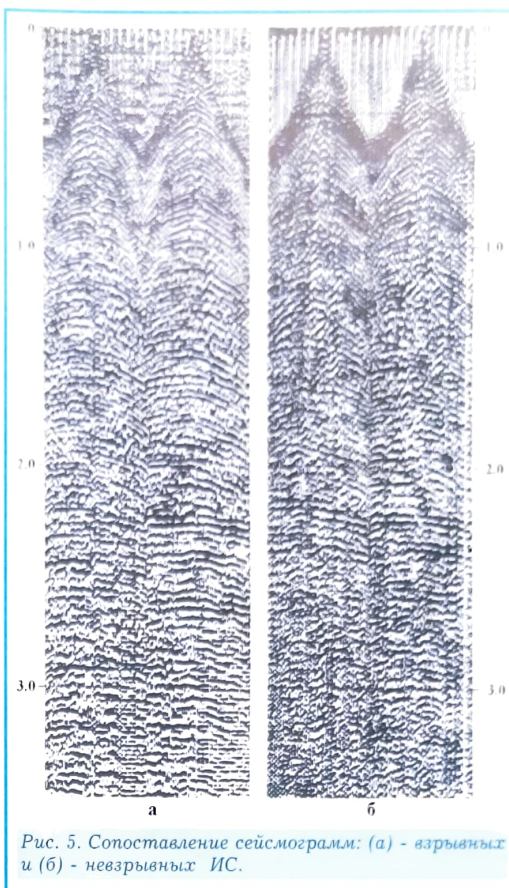


Рис. 5. Сопоставление сейсмограмм: (а) - взрывных и (б) - невзрывных ИС.

ной методикой с взрывными и невзрывными излучателями свидетельствует о ее высокой разведочной эффективности в исключительно сложных условиях Прикаспийской впадины [4,5,9]. Основное условие этих работ - тщательный подбор параметров ИС особенно при смене сейсмогеологических условий и контроль выбранных параметров опытно-методическими наблюдениями для их уточнения.

Литература

1. Бендерский В.Я., Райхер Л.Д., Хараз И.И. Метод управления фронтами волн в сейсморазведке / Труды УкрНИГРИ вып. XXIX. М.: Недра, 1973. 200с.
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. М. Физматгиз, 1959. с.
3. Калетевский Н.И. Волновая оптика. М. Наука, 1971. 376с.
4. Хараз И.И. Интерференционные источники сейсмических волн. (теоретические основы и методика работ) / НВ НИИГГ. Саратов. 1996. 185с.
5. Хараз И.И., Васильев А.В., Астахов А.С. Рекомендация по применению группирования взрывов в мелких скважинах / НВ НИИГГ, Саратов. 1979. 50с.
6. Хараз И.И. Групповые управляемые источники упругих волн в сейсморазведке / Саратов Изд. Сар. ун-та. 1984. 104с.
7. Хараз И.И., Иванчук А.М., Астахов А.С., Васильев А.В. Эффективность групповых источников в сейсморазведке при размещении зарядов в ЗМС / Геология и геофизика. №4. Новосибирск Наука, 1980. с. 103-111.
8. Хараз И.И., Кобылкин И.А., Крашенинников В.В. Тикшаев. Высокочастотная сейсморазведка с группированием источников упругих волн / Геология и геофизика. Новосибирск. Наука, 1985. №11, с.71-78.
9. Хараз И.И., Иванчук А.М., Резепова О.П., Живодров В.А. Применение интерференционных систем излучения упругих волн в сейсморазведке / Недра Поволжья и Прикаспия НВ НИИГГ. Саратов, вып. 3, 1992. с.41-47.