

О мешающем влиянии высокоскоростных помех, формируемых в верхней части разреза при поверхностном возбуждении колебаний

- Кострыгин Ю.П., ООО «Новоросморгео», г. Новороссийск
- Смитий Е.В., ООО «ГЕОСЕВ», г. Краснодар

В пределах многих площадей, отрабатываемых с использованием поверхностных излучателей, значительное мешающее влияние на полезную запись оказывают высокоскоростные помехи, формируемые в верхней части разреза (ВЧР). К таким помехам в первую очередь относятся волны, преломлённые от подошвы ЗМС, а также волноводные (каналовые) помехи, регистрируемые в течение зимнего периода в условиях Крайнего Севера. Возрастание относительной интенсивности волн, преломлённых от подошвы ЗМС или иных границ ВЧР, при переходе на поверхностное возбуждение колебаний связано с тем, что в отличие от взрывного скважинного источника, для которого преломлённые от подошвы ЗМС колебания формируются волнами-спутниками, при поверхностном возбуждении существование таких помех связано непосредственно с прямыми падающими волнами.

К одному из основных типов помех, преломлённых от подошвы ЗМС, относятся кратные отражённо-преломлённые волны, возбуждаемые при условии, когда в верхней части ЗМС существует относительно резкая акустическая граница [1]. Такие помехи являются, например, доминирующими для ряда площадей, расположенных в пределах Терско-Каспийского краевого прогиба. Так, на рис. 1 приведены типичные производственные сейсмограммы, зарегистрированные на Карабудахкентской площади республики Дагестан. Для возбуждения колебаний использовалось 4 вибратора СВ-27/150К, частотный диапазон

ЛЧМ-развёртки соответствовал диапазону 7–70 Гц.

Из рисунка 1 можно видеть, что на коррелограммах, зарегистрированных в условиях конкретной площади, визуально прослеживаются исключительно колебания с кажущимися скоростями, совпадающими со скоростями волн, преломлённых от подошвы ЗМС. При этом указанные колебания отличаются чрезвычайно высокой амплитудой, позволяющей полностью вуалировать не только полезные, но и доминирующие низкоскоростные поверхностные волны. Такой результат был крайне неожиданным для исполнителей работ, тем более, что в горной части Дагестана низкоскоростные помехи характеризуются повышенной интенсивностью. Более того, было очевидно, что эффективность сейсмических исследований в данном случае может не обеспечить решение поставленных геологических задач. Поэтому вопрос о природе указанных помех в этой ситуации стоял достаточно остро. В принципе подобные сейсмограммы могли быть получены либо вследствие регистрации очень интенсивных кратных отражённо – преломлённых волн, либо в условиях повышенного корреляционного фона, формируемого волнами, преломлёнными от подошвы ЗМС вследствие технической неисправности вибросейсмического комплекса. Других причин, которые обуславливали бы такой необычный характер сейсмограмм, в природе фактически не существует.

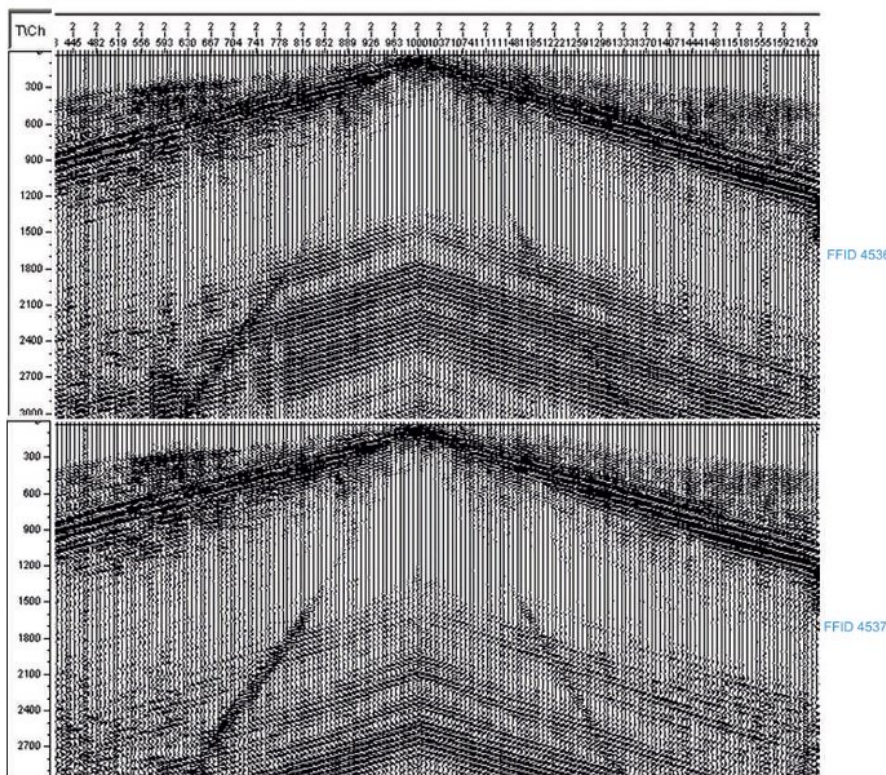


Рис. 1. Типичные производственные коррелограммы, полученные на Карабудахкентской площади республики Дагестан ($\Delta F = 7 - 70$ Гц, $T = 20$ с, $n_{\text{нак}} = 10$, $n_{\text{вибр}} = 4$)

С целью оценки возможного влияния технических причин получения столь необычных записей было проведено тестирование вибраторов, которое показало, что на временах более 0,5 с., динамический диапазон корреляционного преобразования форс – сигнала превышал 60 дБ, что в принципе исключало возможность заметного мешающего влияния корреляционного фона. Однако результаты тестирования не убедили заказчика работ АО «Дагнефтегаз» в том, что природа визуально наблюдаемых на коррелограммах осей синфазности обязана исключительно кратным отражённо – преломлённым волнам и не связана с техническим состоянием вибраторов. В этой связи для решения вопроса о природе помех несколько сейсмограмм было продублировано с использованием в качестве источника колебаний кувалды. Одна из полученных таким образом записей приведена на рис. 2. Из рисунка видно, что при импульсном возбуждении колебаний, так же, как и при вибросейсмической

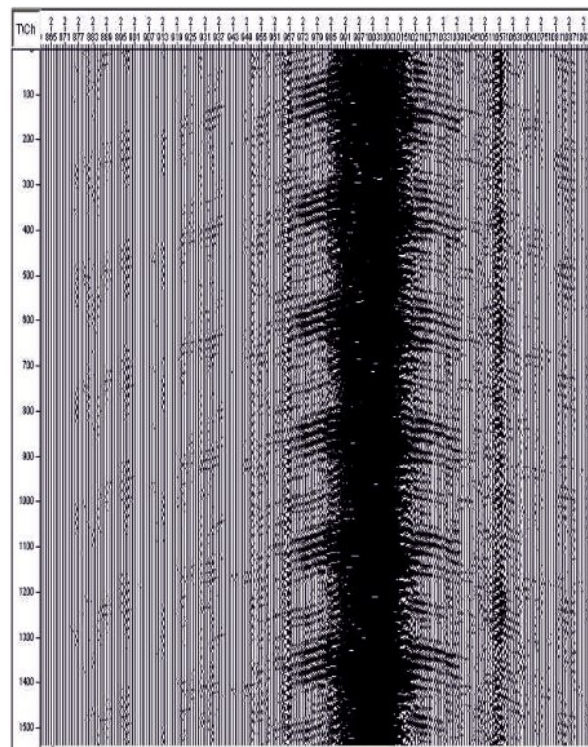
технологии, на записи присутствуют исключительно оси с кажущимися скоростями, равными скоростям волн, преломлённых от подошвы ЗМС. А поскольку импульсное возбуждение не предполагает наличие корреляционного фона, то очевидно, что указанные помехи по своей природе соответствуют кратным отражённо-преломлённым волнам, т.е. не связаны с техническим состоянием вибраторов.

Для подавления кратных отражённо-преломлённых волн в настоящее время фактически нет эффективных полевых методических приёмов. Вместе с тем, например, для Терско – Каспийского краевого прогиба амплитудные значения таких помех могли существенно изменяться даже при относительно небольших перемещениях по площади. Поэтому уменьшить их влияние удалось лишь путём выбора оптимальных конфигураций линий приёма, обеспечивающих минимальный уровень рассматриваемых помех.

Следует отметить, что кратные отражённо-преломлённые волны, формируемые в интервале ВЧР, регистрируются при поверхностном возбуждении колебаний и на некоторых площадях Западной Сибири, что приводит к заметному снижению эффективности сейсмических исследований. В качестве примера, на рис. 3 приведены сейсмограммы, зарегистрированные по технологии 3D на Кошильской площади Западной Сибири. Из рисунка видно, что в данном случае кратные отражённо-преломлённые волны доминируют на записи и практически полностью вуалируют полезные отражения.

В отличие от кратных отражённо-преломлённых волн колебания, преломлённые от подошвы ЗМС или от границ в ЗМС и регистрируемые в области первых вступлений, занимают относительно небольшой диапазон времени, в силу чего мешающее действие их на полезную запись можно, как правило, не учитывать. Однако в условиях сложной геоморфологии верхней части разреза, встречая на своём пути резкие акустические границы, связанные со сврагами, плоскостями дизъюнктивных нарушений, долинами рек и т.д., указанные волны претерпевают отражения и возвращаются под разными углами к профилю, формируя, таким образом, чрезвычайно интенсивные вторичные помехи.

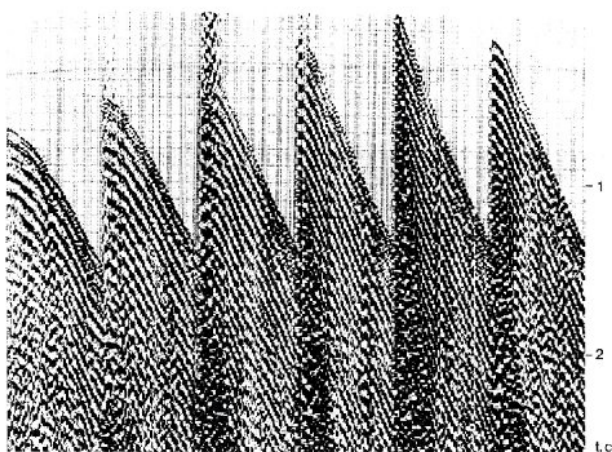
Такие помехи широко распространены, например, в предгорьях Северного Кавказа, в адырных зонах Таджикистана и Узбекистана и в ряде случаев являются доминирующими [2, 3, 4]. Впервые на физическую природу указанных помех обратили внимание в шестидесятые годы прошлого столетия при проведении работ на полуострове Тамань (Козлов Е.А., Косов В.М., Земцов Е.Е.). Изначально эти волны были названы скользяще – дифра-



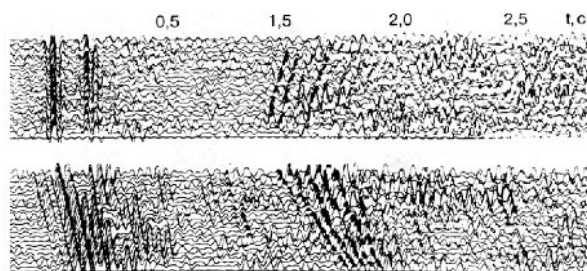
▲ Рис. 2. Сейсмограмма, зарегистрированная на Карабудахкентской площади с использованием в качестве источника колебаний кувалды.

гированно – преломлёнными волнами [3]. На рис. 4, в качестве примера, приведены вибросейсмические записи, зарегистрированные в адырных зонах Узбекистана с использованием взаимно ортогональных расстановок сейсмоприёмников. На представленных коррелограммах выделены интенсивные вторичные волны, преломлённые на границе в ЗМС. Рассматриваемые помехи, как правило, многократно превышают по интенсивности отражённые волны, а при боковом подходе к линии профиля эффективность их подавления линейными интерференционными системами резко снижается.

Вторичные волны, преломлённые от подошвы ЗМС достаточно широко распространены и в условиях Крайнего Севера. Так, при возбуждении вибросейсмических колебаний в непосредственной близости от водоёмов преломлён-



▲ Рис. 3. Высокоскоростные поверхностные помехи, зарегистрированные в условиях Кошильской площади.



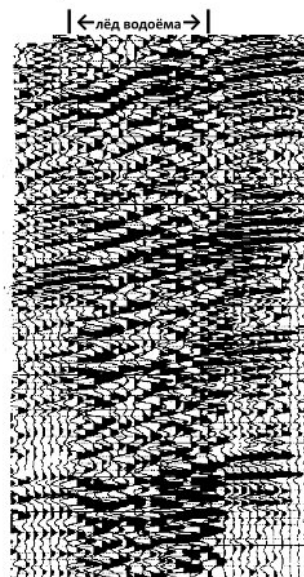
▲ Рис. 4. Коррелограммы, зарегистрированные с использованием взаимно ортогональных расстановок сейсмоприёмников в адырной зоне Узбекистана (площадь Шуртан).

ные от подошвы ЗМС волны, достигнув акватории водоёма, многократно отражаются от береговых линий, существенно осложняя запись, регистрируемую сейсмоприёмниками, установленными на льду. А в связи с тем, что указанные помехи распространяются в водонасыщенной среде с пониженными значениями коэффициентов поглощения, отношение сигнал/помеха существенно снижается по мере увеличения времени регистрации отражений, о чём достаточно наглядно можно судить из рис. 5.

К высокоскоростным поверхностным волнам можно также отнести волноводные (каналовые) помехи, формируемые в пределах ЗМС и являющиеся результатом интерференции за критических

многократно-отражённых волн. Такие помехи оказывают значительное мешающее влияние в условиях Крайнего Севера. Действительно в отдельные годы на многих площадях, например, Западной Сибири до 30% виброграмм были осложнены волноводными помехами, принимающими вид высокочастотного нерегулярного фона [5].

Исследования, выполненные с применением технологии МСК, показали, что в зимний период приповерхностный слой на площадях, расположенных на Крайнем Севере, промерзает на глубину до 1 и более метров и по этой причине характеризуется повышенными скоростями распространения упругих колебаний. В этой связи скоростная модель ВЧР во многих случаях соответствует классическому волноводу, т.к. приповерхностный мёрзлый слой характеризуется повышенными значениями скоростей, достигающими 2700 – 4000 м/с [6], основной интервал ЗМС, являющийся фактически волноводом, характеризуется, как правило, скоростями 400 – 1500 м/с, а верхняя часть коренных пород скоростями около 1800 – 2000 м/с.



▲ Рис. 5. Вторичные волны, преломлённые от подошвы ЗМС, регистрируемые в пределах акватории водоёма.

Следует при этом отметить, что первичные волноводные помехи характеризуются фазовыми скоростями, изменяющимися от скорости в волноводе до скорости в подстилающих породах [3]. Поэтому они регистрируются в области первых вступлений и занимают относительно небольшой диапазон времени, в силу чего мешающее действие их на полезную запись можно, как правило, не учитывать даже при обработке удлинённых систем наблюдения. Однако, встречая на своём пути акустические неоднородности, связанные с песчаными гривами, термокарстовой геоморфологией, с корневой системой деревьев, с оврагами, береговыми линиями рек и озёр, с другими неровностями рельефа местности, волноводные помехи претерпевают отражения и возвращаются под разными углами к линиям наблюдения, формируя, таким образом вторичные колебания, регистрируемые в виде нерегулярного фона.

В качестве примера на рис. 6 приведены коррелограммы, зарегистрированные по технологии 3D на различных участках Сугмутской площади. Из приведённого рисунка видно, что если коррелограммы, полученные для западной части площади (рис. 6, а), отличаются весьма высоким качеством, то на коррелограммах, зарегистрированных на востоке площади (рис. 6, б), полезные отражения полностью завуалированы нерегулярными волноводными помехами. Сейсмические записи, приведённые на рис. 6, б, зарегистрированы на участке распространения геоморфологических форм типа песчаных грив аккумулятивно-происхождения. Такие участки характеризуются повышенной акустической неоднородностью, что и обуславливает возможность формирования вторичных волноводных помех.

Из представленного рисунка также следует, что по сравнению с отражёнными волнами волноводные помехи в данном случае отличаются более высокочастотным составом колебаний, что неизбежно приводит к значительному снижению отношения сигнал/помеха именно в высокочастотной области сигналов. Физически это связано с тем, что волновод, как известно, преобразует каналовые волны аналогично фильтру верхних частот [3] с полосой пропускания, ориентировочно определяемой выражением (1)

$$f > V_p / 2 H_b (1 + \operatorname{ctg} L), \quad (1)$$

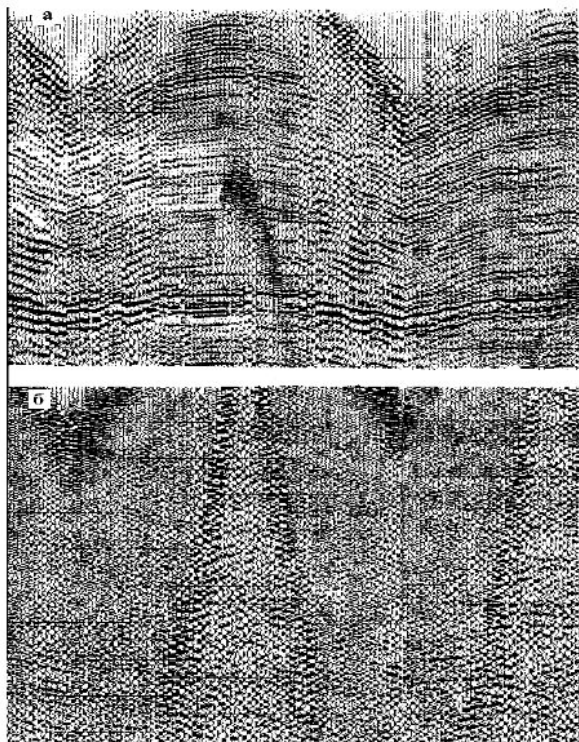
где V_p – скорость продольных колебаний в волноводе;

H_b – мощность волновода;

L – угол падения волны на подошву волновода.

Заключение. Весьма значительное мешающее влияние на полезную запись при поверхностном возбуждении колебаний могут оказывать высокоскоростные поверхностные волны. К таким помехам относятся, прежде всего, кратные отражённо-преломлённые волны, формируемые в пределах ЗМС, вторичные волны, преломлённые от подошвы ЗМС, а также вторичные волноводные (каналовые) волны, регистрируемые в зимний период в условиях Крайнего Севера. Для подавления кратных отражённо-преломлённых волн в настоящее время фактически нет эффективных полевых методических приёмов. Вместе с тем, на многих площадях амплитудные значения таких помех могут существенно изменяться даже при относительно небольшом перемещении. Поэтому уменьшить их влияние можно путём

выбора оптимальных конфигураций линий приёма, обеспечивающих минимальный уровень рассматриваемых помех.



▲ Рис. 6. Пример мешающего влияния на полезную запись волноводных помех.

Вторичные волны, преломлённые на подошве ЗМС, также как и кратные отражённо-преломлённые волны, в основном, существенно превышают по интенсивности полезные колебания. Более того, при боковом подходе к линии профиля эффективность их подавления линейными интерференционными системами резко снижается. Поэтому для ослабления указанных помех целесообразно оценивать доминирующее направление их распространения, а линии наблюдения по возможности располагать параллельно этому направлению, повышая, таким образом, эффективность используемых интерференционных систем.

В течение зимнего периода в условиях Крайнего Севера высокоамплитудные вторичные волны, преломлённые от

подошвы ЗМС, в основном, регистрируются сейсмоприёмниками, устанавливаемыми на льду водоёмов. Вторичные же волноводные (каналовые) помехи, интенсивность которых также, как правило, значительно превышает амплитуду полезных колебаний, в основном, формируются на участках распространения геоморфологических форм типа песчаных гряд аккумулятивного происхождения. Указанные обстоятельства, безусловно, следует учитывать при проектировании системы профилей.

Литература

1. Гурвич И.И., Боганик Г.Н., Сейсмическая разведка. – М.: Недра, 1980, 551 с.
2. Завалко Е.В., Земцов Е.Е., Рамазанова С.М., Кострыгин Ю.П. Об одном виде помех, регистрируемых при сейсморазведочных работах в Юго-Западном Таджикистане. – Изв. АН Тадж. ССР, Отд. физ. – матем. и геолог.-хим. наук. 1974. - №1. – С. 58-65.
3. Кейлис-Борок В.И., Интерференционные поверхностные волны. – М.: АН СССР, 1960, 195 с.
4. Козлов Е.А. Об одном виде помех при сейсморазведке МОВ на юге Кубани. Сб. Разведочная и промысловая геофизика, 1961. - №41. М., Гостоптехиздат. – М. – С. 21 - 25.
5. Кострыгин Ю.П., Вибросейсмический и кодоимпульсный методы сейсмической разведки. – Краснодар: Просвещение – Юг, 2014, 494 с.
6. Сейсморазведка. Справочник геофизика / Под ред. И. И. Гурвича, В. П. Номоконова. – М.: Недра, 1981. – 464 с.