Записки научных
семинаров ПОМИ
Том 253, 1999 г.

Г. И. Петрашень, А. Г. Рудаков

ОБ НЕОДНОРОДНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ, А ТАКЖЕ – ОБ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ, СОПУТСТВУЮЩИХ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЮ

Сначала обсуждается, не поддающийся какому-либо разумному объяснению, просчет в решении задачи на сочленение метода ОГТ (практически монопольного в современной сейсморазведке) и способа его технологической реализации ММП – методики многократных перекрытий. Вместо однородных, равномерных, заранее рассчитанных выборок трасс ОГТ (трактуемых далее как группы ОГТ) вдоль линии профиля периодически повторяются наборы разнородных (в общем случае) реализаций групп ОГТ с неизвестными исполнителям параметрами, отличными от предполагаемых. Различия охватывают весь спектр параметров: базу суммирования, величину выноса, чувствительность, интервал между элементами группы, их число (кратность) и могут быть, вообще говоря, весьма существенными. При изменении шага перемещения одной и той же исходной расстановки ОПВ формируемые ею параметры групп ОГТ становятся совсем иными, что однако никак не учитывается при синтезе систем ММП–ОГТ. Среди реализуемых на практике присутствуют и такие параметры групп ОГТ, которые никогда даже и не планировались в задачах по выделению сигналов на фоне помех путем группирования.

Наблюдения по системам ММП–ОГТ ведутся повсеместно на территории земного шара уже более 30 лет. За исключением нескольких (нам известных [1, 2]) попыток как-то обратить внимание сейсморазведчиков на разнородность выборок ОГТ, т.е. – на принадлежность трасс временных разрезов “различным типам общих глубинных точек”, в целом массовая производственная сейсморазведка никак не обнаружила (не ощутила) факти-

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (95-01-00480).

ческую неуправляемость свойствами используемых ею измерительных каналов. Не обратили на это внимания и ведущие авторитеты в области сейсмической разведки. В основных в нашей стране монографиях по ММП–ОГТ [3–6] результаты работ [1, 2] не обсуждаются, а сами эти работы даже не упоминаются в списках использованной литературы. Неоднородность измерительного канала не принимается во внимание в инструкциях и методических руководствах по ММП–ОГТ [7, 8], а также в справочниках по сейсморазведке [9]. Наконец, и это может быть самое главное, в учебной литературе, как отечественной, так и зарубежной (например, [10, 11]), излагается заведомо ошибочное толкование синтеза систем ММП–ОГТ, – основы современной технологичной сейсморазведки.

Таким образом, цель настоящей статьи – обратить внимание читателей на очевидное неблагополучие в современной технологичной сейсморазведке с тем, чтобы способствовать уточнениям и пересмотру основных ее идейных положений. К вопросам из этой области целесообразно обратиться в заключительной части статьи. В основной же ее части исходные положения технологичной сейсморазведки затрагиваются лишь с целью их напоминания и притом без критики, несмотря на крайнюю их узость, схоластичность и, во многом, – очевидную ошибочность.

1. Обсуждение оснований метода МП ОГТ производится здесь в обычных предположениях об однородности моно-волновых сред, а также – о плоско-параллельности отражающей границы и дневной поверхности, на которой располагается профиль Ox перемещения (полевой) расстановки ОПВ$_{\text{пол.}}$ с выбранным шагом Δ ПВ.

2. Система наблюдений в ММП-ОГТ подразделяется (нами) на две части: на систему МОГТ и на систему ММП.

В первой из них (рис. 1) на участке работ технологичной сейсморазведки изучаются полезные волны и волны-помехи с целью выбора параметров: n, $\Delta\ell$ и ℓ_1 группы ОГТ, способной подавлять помеху и накапливать (синфазным суммированием) полезный сигнал. Здесь $L = (n-1)\Delta\ell$ – база суммирования отражений; n – кратность суммирования, т.е. число элементов (ПВ$'_q$-СП$'_q$) в группе ОГТ, ℓ_1 – ее вынос, а $\Delta\ell = 2\Delta$ СП$'$, где Δ СП$'$ – расстояние между СП в группе ОГТ. При этом для “технологичного перенесения” группы ОГТ вдоль профиля на практике применяется своеобразная "процедура перенесения", сводящаяся к следующему:

1) К построению (при работе с K-канальной станцией) вспомогательной "полевой" расстановки ОПВ с выносом $x_1 = \ell_1$, содержащей K приемников с таким интервалом между ними, что оказывается $L' = K\Delta$ СП, где L' – теоретическая (в случае плоских волн) база суммирования.

2) К выбору шага Δ ПВ перемещения такой расстановки вдоль профиля, определяемого соотношением

$$\Delta\text{ПВ} = \frac{K\Delta\text{СП}}{2n}, \tag{1}$$

логическое оправдание которого в литературе отсутствует. И, наконец,

3) К перемещению работающей расстановки ОПВ вдоль профиля с шагом Δ ПВ из (1) и к выборке из получающегося массива сейсмоданных в каждом пикете ОГТ всех (сформировавшихся) полярных пар (ПВ$'$-СП$'$), образующих группы ОГТ.

В современной сейсморазведке царит убеждение, что такая процедура всегда приводит в каждом пикете профиля только к исходной группе ОГТ. В действительности же она приводит в соседних пикетах профиля к различным группам ОГТ, образующим на профиле периодически повторяющиеся циклы. При этом часто оказывается, что среди групп, входящих в такие циклы, исходная группа ОГТ в точном своем виде даже не присутствует.

Таким образом, приходится ставить под сомнение, во-первых, вопрос о смысле (и о геофизической оправданности) перехода в разделе 1) от группы ОГТ к расстановке ОПВ на основе соотношения (1). И, во-вторых, – гораздо более важные вопросы, относящиеся к системе наблюдений ММП, касающиеся результатов выборок групп ОГТ из массива сейсмоданных, о которых упоминалось в разделе 3). Именно в области последних вопросов и допущены наиболее принципиальные ошибки МП ОГТ, приводящие: в частности, к неоднородности его измерительного канала. На них мы и обращаем здесь основное внимание.

3. Переходя к оценке ситуации, связанной с системой наблюдений ММП, здесь следует:

1) Напомнить соотношения между параметрами группы ОГТ (рис. 1) и параметрами отвечающей ей расстановки ОПВ (рис. 2).

Группа ОГТ, состоящая из n элементов (т.е. из n-"центрированных" полярных пар ($\text{ПВ}'_q$-$\text{СП}'_q$), ($q = 1, 2, \ldots, n$), обладающих соответствующими базами ℓ_q), предназначена для накопления сигналов от глубинной точки среды путем синфазного их суммирования с одновременным подавлением основного поля волны-помехи. Поэтому, если в некоторых точках профиля выбранная для работ группа ОГТ окажется замененной (вследствие каких-либо причин) некоторой другой группой ОГТ, то режим подавления волны-помехи нарушится (и измерительный канал станет неоднородным).

2) Напомнить (суть) и привести (на рис. 3) функцию распределения чувствительности (ФРЧ) элементов группы ОГТ или эквивалентной ей расстановки ОПВ. ФРЧ группы ОГТ полностью определяет все свойства как группы ОГТ, так и отвечающей ей расстановки ОПВ. Поэтому сопоставление свойств (двух) групп ОГТ наиболее полно осуществляется путем сравнения их ФРЧ. И, наконец,

3) Напомнить (предполагаемое при рассуждениях) расположение общеглубинных точек отражающего горизонта, а также – расположение пикетов ОГТ на профиле Ox, отвечающих применяемой расстановке ОПВ и находящейся в согласии с шагом Δ ПВ ее перемещения.

4. Система наблюдений ММП должна сводиться, очевидно, к следующему:

Во-первых, к получению массива сейсмотрасс всех СП из расстановки ОПВ, накапливаемого в результате (достаточно полной) серии перемещений вдоль профиля Ox с шагом

$$\Delta\text{ПВ} = Q\Delta\text{СП}, \quad (Q = 1, 2, 3, \ldots) \tag{2}$$

работающей расстановки ОПВ. (Заметим, что шаг такого вида при обоснованиях метода необходим, чтобы при перемещениях расстановки ОПВ система общеглубинных точек из 3) п. 3 не претерпевала изменений.)

Во-вторых, к выбору из этого массива для каждого пикета ОГТ таких полярных пар ($\text{ПВ}'$-$\text{СП}'$) или ($\text{СП}'$-$\text{ПВ}'$), средние точки которых совпадают с рассматриваемым пикетом. И, наконец, В-третьих, к выяснению вопроса о том, какую группу ОГТ образуют в пикете ОГТ отобранные полярные пары ($ПВ'_q$-$СП'_q$)?

5. Вот здесь-то и совершается грубая ошибка в работах по методу МП ОГТ, так как никто не анализировал и не анализирует свойства групп ОГТ, получаемых для пикетов ОГТ в результате выборки полярных пар, описанной в п. 4.

В современной сейсморазведке повсеместно царит (ложное) убеждение, что независимо от типа расстановки ОПВ и шага ее перемещения в результате указанной в п. 4 выборки в каждом пикете ОГТ отбираются тождественные между собой группы ОГТ, в точности совпадающие с той группой ОГТ, которая была выбрана в п. 2 при анализе волн-помех для их подавления.

Убедиться в ошибочности такого утверждения настолько просто, что вызывает глубочайшее удивление вопрос, почему ошибка не была обнаружена давным-давно? По-видимому, произошло это потому, что в сейсморазведке отсутствовало представление о функции распределения чувствительности (ФРЧ) элементов группы ОГТ, а некоторые важные свойства такой группы оставались в тени. При отсутствии же представления о ФРЧ не было возможности производить количественный анализ групп ОГТ, получаемых в результате выборок полярных пар вида ($ПВ'_q$-$СП'_q$) в соседних пикетах ОГТ профиля.

Полное доказательство наличия обсуждаемой ошибки дано в [12] в математической форме, которая осталась, по-видимому, непонятой.*) Здесь же для выявления ошибки приводится графическое доказательство наличия существенных различий в ФРЧ групп ОГТ, построенных для соседних пикетов ОГТ в результате выборок полярных пар, описанных в п. 4. Рассматриваются случаи центральной и односторонней расстановок ОПВ при шаге перемещения Δ ПВ= 2ΔСП, причем внимание обращается (ради краткости) лишь на вопросы, связанные с построением ФРЧ для групп ОГТ в соседних пикетах ОГТ профиля, не освещенные еще в литературе. При этом построения производятся ради наглядности, на примерах, заимствованных из [13].

6. На рис. 4 приведен фрагмент профиля Ox, с точками $x = (-11 \ldots -1, 0, 1, 2, \ldots, 12)$ которого совмещаются (точки) СП и ПВ

*) В частности, потому, что ее логическая основа далека от форм доказательств, принятых в сейсморазведке.

из расстановки ОПВ при ее перемещении вдоль профиля. Предполагая, что перемещение расстановки (при ΔСП$= 1$) началось уже давно так, что кратности n прослеживания глубинных точек уже стабилизировались, выясним, как производится (из массива сейсмоданных) отбор полярных пар (ПВ$'_q$-СП$'_q$) (из п. 4) в соседних пикетах ОГТ, и к чему он приводит?

Пусть пикеты ОГТ на рис. 4 совпадают, например, с точками

$$x = a_1 = 4,5; \quad x = a_2 = 5.0; \quad x = a_3 = 5,5; \quad x = a_4 = 6.0.$$

Из таких пикетов восстановим ортогональные к оси Ox прямые: a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3 и a_4b_4, которые удобно принять за координатные оси функций $f(\ell)$ распределения чувствительности ФРЧ элементов, т.е. – полярных пар (ПВ$'_q$-СП$'_q$) групп ОГТ, отвечающих пикетам ОГТ в выбранных точках $x = a_\nu$. При этом будем пользоваться не основным базовым масштабом ℓ, как на рис. 2 и 3, а половинным базовым масштабом

$$e = \ell/2, \quad (e_q = \ell_q/2).$$

Пусть после своего очередного шага источник ПВ центральной расстановки ОПВ (перемещающейся слева направо) занимает на рис. 4 положение 1 с координатой $x = 0$. По отношению к источнику 1 парный (полярный относительно пикета $x = a_1$). приемник СП располагается в точке $x = 9$. Поэтому (ПВ$'_0$-СП$'_9$) (со средней точкой в пикете $x = a_1$) нужно отобрать для комплектуемой группы ОГТ. База этой пары $\ell_1 = 9$, а полубаза $e_1 = 4,5$.

При перемещении расстановки еще на шаг источник ПВ займет на рис. 4 положение 2 с координатой $x = 2$. Полярный ему приемник СП расположится в точке $x = 7$, а средняя точка пары (ПВ$'_2$-СП$'_7$) совпадает с пикетом $x = a_1$. Вследствие этого такую пару (с базой $\ell = 5$ и с полубазой $e = 2,5$) также следует взять для комплектования группы ОТГ в точке $x = a_1$. Подобным же образом нужно действовать и при следующем шаге перемещаемой расстановки, когда ее источник совмещается с точкой $x = 4$.

В результате указанных трех шагов (при которых источник ПВ расстановки располагается левее рассматриваемого пикета $x = a_1$) оказались отобранными "левые" полярные пары

$$(\text{ПВ}_0 - \text{СП}_9), \quad (\text{ПВ}_2 - \text{СП}_7), \quad (\text{ПВ}_4 - \text{СП}_5) \qquad (3)$$

соответственно с полубазами

$$e = 4,5; 2,5; 0,5. \qquad (3')$$

Если полубазы e_ν из $(3')$ отложить на прямой a_1b_1 (вверх от ее начальной точки a_1), а в концах их также построить точки, то последние окажутся расположенными на право-наклонных прямых линиях, выходящих под углом $\alpha = 45^0$ к профилю Ox из точек $x = 0$, $x = 2$, $x = 4$, в которых находился источник ПВ расстановки ОПВ в моменты его работы. При этом нетрудно видеть, что построенные на прямой a_1b_1 точки (если им приписывать единичную чувствительность) определяют в пикете $x = a_1$ (в половинном базовом масштабе) ФРЧ трех элементов из (3) комплектуемой группы ОГТ.

7. Однако в случае центральной расстановки построение группы ОГТ должно быть продолжено и при шагах, когда источник ПВ расстановки располагается правее рассматриваемого пикета $x = a_1$. Проделаем это покороче.

Когда ПВ расстановки попадает в точку $x = 6$, то полярный ему (относительно пикета $x = a_1$) приемник находится в точке $x = 3$. Поэтому "правая" полярная пара (СП$'_3$-ПВ$'_6$) с полубазой $e_2 = 1,5$ должна входить в состав комплектуемой группы ОГТ. Также в состав этой группы должны входить правые пары (СП$'_1$-ПВ$'_8$), (СП$'_{-1}$-ПВ$'_{10}$) с соответственными полубазами $e = 3,5; 5,5$.

Итак, в комплектуемую в пикете ОГТ группу ОГТ входят еще и следующие правые полярные пары

$$(\text{СП}'_3 - \text{ПВ}'_6),\quad (\text{СП}'_1 - \text{ПВ}'_8),\quad (\text{СП}'_{-1} - \text{ПВ}'_{10})\ \text{ и т. д.} \tag{4}$$

с полубазами

$$e = 1,5; 3,5; 5,5. \tag{5}$$

Как и в случае левых полярных пар из (3) и $(3')$ значения полубаз из (5) откладывают на прямой a_1b_1, а через конечные их точки проводятся лево-наклонные прямые под углом $\alpha = 45^0$ к оси Ox до точек $x = 6$, $x = 8$, $x = 10$, в которых находился ПВ расстановки ОПВ в моменты его работы.

Построенная на линии a_1b_1 система точек (концов полубаз из $(3')$ и (5)) определяет ФРЧ элементов из (3) и (4) группы ОГТ, скомплектованной в результате выборок из п. 4 для пикета ОГТ в точке $x = a_1 = 4,5$. При этом каждая из таких точек отвечает лишь одной полярной паре. Вследствие этого им приписывается единичная чувствительность.

8. Совершенно так же отбираются полярные пары ($\text{ПВ}'_q$-$\text{СП}'_p$), ($\text{СП}'_p$-$\text{ПВ}'_q$) и для групп ОГТ, формирующихся в соседних пикетах ОГТ при $x = a_2 = 5,0$; $x = a_3 = 5,5$; $x = a_4 = 6,0$; и совершенно так же в указанных пикетах строятся ФРЧ элементов сформировавшихся групп ОГТ. При этом все построения теперь сводятся фактически лишь к продолжению проведенных на рис. 4 наклонных линий до пересечения их с ("пикетными") прямыми a_2b_2, a_3b_3 и a_4b_4, и к расстановке на пересечениях вертикальных и наклонных линий соответствующих точек. Так простая точка (символ единичной чувствительности) ставится там, где в пересечении участвует лишь одна наклонная прямая, выходящая из ПВ. Точка же, обведенная кружком (символ двукратной чувствительности), ставится на пересечениях двух таких наклонных линий и одной вертикальной прямой $a_\nu b_\nu$.

Итак, в результате описанных построений на вертикальных "пикетных" прямых $a_\nu b_\nu$ из рис. 4 оказались построенными системы точек, определяющих функции распределения чувствительностей (ФРЧ) элементов групп ОГТ, сформировавшихся в точках $x = a_\nu$, т.е. – в четырех соседних пикетах ОГТ. При этом в формировании здесь участвовали выборки полярных пар (ПВ$'$-СП$'$) из массива сейсмограмм, порожденного источником ПВ перемещаемой расстановки ОПВ, работавшей, только когда ее ПВ находился в точках:

$$1)\ x = 0;\ 2)\ x = 2;\ 3)\ x = 4;\ 4)\ x = 6;\ 5)\ x = 8;\quad 6)\ x = 10.$$

Из рис. 4 отчетливо видно, что три реализации из четырех таких ФРЧ резко отличаются друг от друга вопреки тому, что утверждается в современной сейсморазведке. Этого уже вполне достаточно, конечно, чтобы наличие ошибки в методе МП ОГТ считать наглядно доказанным.

9. В конце п. 5 предполагалось рассмотреть еще случай праводносторнней расстановки ОПВ.

При отсутствии выноса ее ФРЧ, отвечающая шагу перемещения Δ ПВ$=2$, построена на рис. 5.

Вследствие достигнутой предельной ясности в способе построения ФРЧ выборочных групп ОГТ_p в соседних пикетах ОГТ профиля Ox при перемещении вдоль Ox с любым шагом Δ ПВ из (2) произвольной расстановки ОПВ далее можно ограничиться лишь иллюстрациями вида ФРЧ выборочных групп ОГТ_p

($p = 1, 2, 3, \ldots Q$), формирующихся в пикетах $x = x_p$ ОГТ, образующих упоминавшиеся циклы. На рис. 6–8 такие функции с необходимыми пояснениями приведены для нескольких простейших примеров, число которых легко могло бы быть увеличено. Отметим только здесь некоторые следствия, вытекающие из анализа таких рисунков.

Из них отчетливо видно, что в результате перемещения с шагом из (2) работающей расстановки ОПВ: накопления при этом массива сейсмоданных и выборки из него для каждого пикета $x = x_p$ (как указано в п. 4) группы ОГТ, в каждом пикете оказывается построенной своя группа ОГТ$_p$ с числом элементов, равным кратности $\varkappa$ прослеживания общеглубинных точек. Однако, вопреки бытующему мнению, такие группы в соседних пикетах оказываются различными, причем они образуют периодически повторяющиеся вдоль оси Ox циклы, состоящие из Q элементов, где Q – целое число из (2), определяющее шаг перемещения расстановки ОПВ. При этом различия в выборочных группах ОГТ$_p$, ($p = 1, 2, 3, \ldots Q$) оказываются принципиальными и значительными. В случае работ на участках среды с достаточно высоким уровнем поля волн-помех их влияние оказывается заметно-различным в соседних пикетах профиля, что и приводит к неоднородности измерительного канала в методе МП ОГТ.

10. Чтобы завершить раздел, естественно было бы обратиться к вопросам, связанным со способами исправления обнаруженной ошибки в рамках, сохраняющих неприкосновенной основу технологичной реализации метода. Здесь заранее ясно, что такие способы могут быть подобраны некоторой ценой и, что выбор из них наилучшего требует лишь детального изучения соответствия между параметрами (K, Δ ПП= Δx и $x_1 = \ell_1$) исходной расстановки ОПВ, перемещаемой вдоль профиля Ox с шагом ΔПВ из (2), и – соответствующими параметрами выборочных групп ОГТ$_p$, образующих периодически-повторяющихся (по x) циклы из Q соседних пикетов $x = x_p$, описанные в п. 9.

Однако так следовало бы поступать только в том случае, если бы методам технологичной сейсморазведки можно было придавать без колебаний естественно-научный (а не только лишь производственный) смысл. Но для подобного взгляда сейчас нет оснований, так как упомянутые методы находятся в прямом противоречии с общепринятыми научными подходами к решению задач типа “проблемы черного ящика”, как в смысле их постановок, так и – общих принципов их решения. Поэтому обсуждаемая в статье ошибка метода должна рассматриваться лишь как наглядный пример, указывающий на уровень, на котором зиждятся построения современной технологичной сейсморазведки. Число подобных примеров легко было бы увеличить, так как в ней практически всё нуждается в критическом обсуждении, а многое – в пересмотре, или (по крайней мере) в уточнении с позиций теории информации и теории распространения сейсмических волн.

Так серьезного обсуждения требуют, прежде всего, многочисленные вопросы, связанные с научно-обоснованными подходами к постановкам и к решению задач сейсморазведки. Здесь за последние два десятилетия произошло резкое отклонение от общепринятых в различных областях естествознания (в физике, в теории информации, в статистике) научно-обоснованных подходов к проблемам поиска тех или иных “аномалий” в изучаемой неоднородной среде, о строении и свойствах которой имеются лишь некоторые общие (достаточные) априорные сведения. Что при этом получилось в сейсморазведке ? – как раз и требует обсуждения.

В обсуждении нуждаются проблемы сейсмического эксперимента, на базе которого должна была бы разрабатываться, в частности, и теория распространения сейсмических волн, адекватная реальности равно как и различные способы изучения волн-помех с целью дальнейшего их подавления. Подобные проблемы не вызывают теперь интереса, так как считается, что технологичная сейсморазведка в развитой теории сейсмических волн практически не нуждается.

Наконец, самого серьезного обсуждения требуют способы обработки (интерпретации) результатов регистрации поля в точках (пикетах) профилей. Они разрабатывались в технологичной сейсморазведке в соответствии с грубо-ошибочной постановкой ее задач и с вытекающими из такой постановки, также ошибочными, подходами к их решению. При этом обработка здесь подчинена основному принципу “накоплению сигналов”, отвечающих всем фиксированным элементам среды без каких-либо корреляционно-убедительных способов выделения самих таких сигналов. Однако каковы принципы накопления “полезных сигналов”, обеспечивающие накопление именно сигналов, а не различных помех? С какими погрешностями идет такое накопление (и идет-ли)? С какой степенью однозначности и надежности представляются структурные построения метода? Все это – совершенно не ясно и потому нуждается в обсуждении.

11. В сейсморазведке, как в геофизическом методе, базирующемся на современном научном представлении о постановках и о решении обратных задач естествознания, обязательно должен был бы присутствовать объект исследования в виде некоторой аномалии в среде, локализованной в какой-то частичной области рассматриваемого класса рабочих моделей сейсмической среды.

В нем должны были бы активно присутствовать представления: 1) о рабочих моделях сейсмических сред (как о таких достаточно общих моделях, имеющих геологический смысл, в которых сравнительно легко и быстро может быть оценено сейсмическое поле волн, возбуждаемых задаваемыми источниками); 2) о кинематических и динамических свойствах волн-сигналов, которыми объект освещается, а также 3) о свойствах волн-помех, как о внешних (обычно случайных), так и о внутренних, порождаемых элементами реальной среды, не нашедших своего отображения в классе рабочих моделей, выбранных для проведения исследований. При всем этом в процессе решения задач сейсморазведки должны были бы активно присутствовать, во-первых, априорные представления, как о вмещающей среде, так и об объекте исследования, и, во-вторых, – физические соображения, касающиеся оценок погрешностей всех величин, определяемых в процессе интерпретации целенаправленных наблюдений за волновыми полями, возбуждаемыми в среде.

Однако в технологической сейсморазведке подобные представления полностью отсутствуют “за ненадобностью”. В ней нет объекта исследований в виде какой-либо особенности в строении среды, нет активно-работающего представления о моделях среды, в рамках которых ведется исследование; нет априорных представлений, нет и погрешностей процессов интерпретации. В ней полагается, что изучению подлежат все элементы среды на участке, где производятся работы, без какой-либо оценки достоверности свойств, приписываемых таким элементам в результате “исследований”.

В технологичной сейсморазведке нет до́лжного представления о волнах-сигналах и об индивидуальных особенностях их распространения, так как все волны сваливаются в одну кучу всевозможными суммированиями, точный смысл которых всегда остается неясным. В результате, все индивидуальные свойства волн утрачиваются, чему способствуют и графы технологичной обработки сейсмоданных, заимствованные, обычно, из радиотехники, не имеющие реально-сейсмического содержания. И конечно, в ней отсутствует представление о помехах, как об оцениваемой вредной части суммарного волнового поля, возбуждаемого применяемыми многократно-повторяемыми воздействиями, с последующим накоплением (неизвестно чего!).

Таким образом, из технологичной сейсморазведки оказалась изгнанной вся физика волновых полей, возбуждаемых в реальных сейсмических средах, применяемыми воздействиями (работающими в режиме повторных импульсов, идентичность которых в принципе не может быть обеспечена). Все это неминуемо приводит к полной утрате критериев, позволяющих различать правильные и ложные суждения о свойствах среды, представленных, хотя-бы, ее временны́ми и мигрированными разрезами. Такие разрезы лишены каких-либо объективно-вероятностных оценок правдоподобия построения в них отдельных “структурных” элементов. Если еще учесть, что построение разрезов оказывается (всегда) операцией неоднозначной, зависящей от воли “обработчика” (выбирающего по своему усмотрению “подходящие” графы обработки), то приходится сделать заключение об отсутствии каких-либо оснований считать, что на упомянутых разрезах воспроизводятся истинные структурные элементы изучаемой среды.

12. Содержанием метода ОГТ является точечное сейсмическое зондирование с помощью одиночной группы ОГТ при наличии помех. Итогом наблюдений по этому методу на каждом отдельном пикете профиля является принадлежащая ему единственная трасса (суммотрасса) сейсмической записи. При отсутствии эффективных критериев оценки качества получаемых материалов, на некотором этапе обработки приходится принимать волевое решение о принадлежности всех колебаний результативной сейсмической трассы каким-то “полезным” сигналам. Формально при этом геологическая информативность интерпретации возрастает скачком. Однако при отсутствии упомянутых оценок такая информативность оказывается крайне низкой (если не отрицательной), так как по одиночной сейсмической трассе без корреляционного прослеживания, в принципе, невозможно судить о действительной природе образующих ее колебаний. А предположение же о полном отсутствии помех в составе результативной сейсмической записи заведомо иллюзорно...

Здесь уместно еще подчеркнуть, что оценка гипотез о возможном распределении упругих параметров сред (слагающих геологическую колонку) производится в ММП–ОГТ в классе одномерных сверточных моделей, формируемых отдельно для каждого пикета профиля. А это означает, что успех (или неуспех) всего последующего закладывается именно на этапе интерпретации данных метода ОГТ, как точечного вертикального сейсмического зондирования.

Следует также остановиться на интерпретации временных разрезов, являющейся истолкованием особенностей сейсмических записей на двумерных волновых картинах, образованных последовательностями одномерных суммотрасс ОГТ над пикетами профиля. При полном отсутствии гарантий о принадлежности всех образующих эти трассы колебаний к полезным сигналам, упомянутые волновые картины оказываются образованными интерференцией как сигнальных (полезных) компонентов поля, так и помехами. Под интерпретацией же в таких условиях приходится понимать (субъективное) решение задачи на (визуальное) выделение свойств действительного сейсмографического разреза на фоне ложного ("разреза"). При этом – такая интерпретация не должна выходить за рамки сред с субгоризонтальными границами раздела в пределах всей площади исследований. Вместе с этим в таких условиях остается полный простор как для обоснованных (многолетним интерпретаторским опытом) творческих решений, так и для быстротекущих конъюктурных спекуляций.

13. При отсутствии критериев качества получаемых материалов метод МП–ОГТ утратил привелегию (присущую традиционному МОВ) вынужденно приостанавливать работы из-за качества полевых материалов. Он обречен на "успешное" их проведение при любом качестве. Процесс же полевых работ проводится в нем "в ударном темпе, исключающем всякую возможность каких-либо целенаправленных изменений в запланированной схеме проведения работ" [14, с. 15], при этом планирование ориентировано "только на обеспечение равномерности кратности суммирования записей по пространственной сети точек ОГТ".

Все же, повидимому, главным обстоятельством содействующим долгожитию ММП–ОГТ являются бытующее представление о высокой точности и детальности результатов интерпретации получаемых по этому методу материалов при решении геологических задач в самых сложных (практически любых) сейсмогеологических условиях. Известны описания примеров "высокой" его эффективности [15]. Но имеются и совсем иные утверждения. Приведем, в частности, мнение на этот счет члена Общества геофизиков-разведчиков Европейской ассоциации геофизиков и Американской ассоции геологов нефтяников, автора заказной статьи об интерпретации сейсмических данных в тематическом сборнике, посвященном обработке сейсмических сигналов: "Один вопрос в литературе остается неосвещенным. Мы имеем в виду адекватное описание неудачных случаев интерпретации сейсмических данных. А ведь ошибочными, и притом катастрофически, оказывается большинство интерпретаций. Именно по этой причине в подавляющем большинстве разведочных скважин не удается обнаружить сколь-нибудь значительного количества нефти или газа" [16, с. 39].

14. В свете вышеизложенного естественно возникает вопрос: "почему же тогда технологическая сейсморазведка (как-то) работает", т.е. позволяет, например, прогнозировать расположение и глубину скважин для бурения на нефть и газ. В ответ на это следует отметить, прежде всего, что работает она достаточно плохо, так как процент пустых скважин из запрогнозируемых сейсморазведкой всегда весьма высок. Что же касается ее структурных и "вещественных" построений, то здесь дело обстоит даже много хуже. В деталях (притом отнюдь не в мелких деталях) они, как правило, не имеют ничего общего с действительностью, что подтверждается прямо многими неопровержимыми фактами, которые, правда, принято замалчивать.

Однако для того, чтобы сейсмический метод (как-то) работал, т.е. – позволял бы обнаруживать "объект", на поиск которого метод фактически нацелен, совершенно не требуется чтобы получаемые им картины строения среды правильно отображали какие-либо конкретно-структурные элементы геологического разреза.

Вполне достаточно, чтобы подобные картины как-то отображали общую (неформализованную) ситуацию в геологическом разрезе, находящуюся в корреляционном соответствии с объектом, поиск которого является истинной целью сейсморазведочных работ. При этом упомянутое корреляционное соответствие может устанавливаться также неформализованным, но весьма естественным и автоматически реализующимся путем, вроде следующего.

Сейсморазведочные работы производились и производятся стандартными способами на огромном множестве территорий, подозреваемых, например, на нефть и газ. В каждом случае в результате работ получается какой-то "снимков" среды, например, в форме временны́х и мигрированных разрезов. Такой снимок всегда имеет иероглифическую природу; он "мутный" и осложненный бесконечным множеством неконтролируемых помех. Однако он содержит в себе "нечто", связанное с реальными свойствами той среды, на которой ведутся работы, так как последние производятся (однотипно!) стандартными путями. При этом по получению упомянутых "снимокв" всегда осуществляется прямая проверка (бурениями) наличия или отсутствия искомого геологического объекта на участке выполнения разведоточных работ. Таким образом, в результате выполнения такого рода исследований и их осмысливания постепенно, автоматически устанавливается некоторая (неформализованная) корреляционная связь между иероглифическими особенностями упомянутых снимков разрезов среды и фактом наличия, или отсутствия в ней искомого геологического объекта. Такие корреляционные связи устанавливаются на основе обобщения результатов сейсморазведочных работ на огромном множестве участков сейсмических сред, подозреваемых на содержание нефти и газа. Вследствие этого они приобретают характер эмпирически-устанавливаемых статистических закономерностей, которые должны как-то работать (!) и как-то работают в условиях технологичной сейсмической практики.

Именно в этом и следует видеть причины того, что без наличия на "снимках" разреза даже подобия истинной структуры среды, опытный интерпретатор (через руки которого прошли сотни таких снимков с пометками "объект обнаружен", или "объекта нет") сможет выносить вероятностно-правильные суждения о наличии, или отсутствия искомого объекта в районе работ; что и требуется!

15. Остается еще раз подчеркнуть, что из успехов технологичной сейсморазведки ни в коей мере не вытекает правомерность ее структурных построений. Правильность результатов геофизических методов разведки, выражаемая в вероятностной мере, должна была бы вытекать из физической обусловленности применяемого метода, а также из аккуратных оценок погрешностей на всех этапах его реализации. В технологичной же сейсморазведке нет и намека на оценки погрешностей ее построений. В ней не видно даже путей, на которых могла бы покоиться такая оценка, так как без корреляционного прослеживания волн (изгнанного из обихода технологичной сейсморазведки) продвижение здесь просто не мыслимо!

Нам представляется несомненным, что совершенствование методов сейсморазведки следует проводить на надежном, апробированном практикой, фундаменте. основа которого (с необходимостью) должна покоиться: во-первых, на методах и результатах теории распространения волн в реальных сейсмических средах, содержание и результативность которой неизмеримо возрасли бы при подключении к ее разработке части В.Ц., работающих на технологичную сейсморазведку. Во-вторых, – соответствующие разделы теории информации и математической статистики и, наконец, в-третьих, – целенаправленный и продуманный сейсмический эксперимент, проводимый в рамках классических принципов корреляционного прослеживания регистрационных волн.

При этом во главу угла таких исследований, конечно, должна быть положена широкая, открытая и деловая научная дискуссия по всем принципиальным проблемам сейсморазведки, свободная от “личностей” и от конъюктурных соображений.

Рисунки с пояснениями к основному тексту статьи

1. Группа ОГТ – наложение n независимых элементов – полярных пар – (ПВ_q-СП_q) с базами

$$\ell_q = \ell_1 + (q-1)\Delta l, \quad (q = 1, 2, \ldots, n).$$

Здесь 1) $\text{ПВ}'_q$ и $\text{СП}'_q$ – полюса q-ой пары; 2) ℓ_q – база пары – расстояние между ее полюсами; 3) расстояние между $\text{СП}'$ и расстояния между $\text{ПВ}'$ одинаковы $\Delta\ \text{СП}' = \Delta\text{ПВ}' = \frac{\Delta l}{2}$, 4) ℓ_1 – вынос группы – наименьшая из баз ℓ_q элементов группы ($\ell_1 \le \ell_q$). Каждый q-ый элемент группы работает независимо от других элементов группы при включении только своих ПВ_q и СП_q. При этом работа пары зависит от свойств среды, в которой действие пары ощущается.

2. Односторонняя расстановка ОПВ, эквивалентная группе ОГТ из рис. 1, строится из элементов группы ОГТ путем смещения ее полярных пар ($\text{ПВ}'_q$-$\text{СП}'_q$) вдоль профиля Ox (вправо) так, чтобы все источники $\text{ПВ}'_q$ пар совпали (например) со средней точкой O группы и были бы заменены одним таким же источником (см. рис. 2).

Таким образом, источник ПВ расстановки располагается в точке $x = 0$, а приемники СП_q – в точках

$$x = x_q = x_1 + (q-1)\Delta x, \quad (q = 1, 2, \ldots, n)$$

на расстоянии $\Delta x = \Delta\text{СП} = 2\Delta\text{СП}'$ друг от друга и на расстояниях x_q от источника ПВ ($x = 0$). Наименьшая величина $x_1 < x_q$, $(q = 2, 3, \ldots, n)$ называется выносом.

3. Функция распределения чувствительности (ФРЧ) элементов группы ОГТ из рис. 1, совпадающая с ФРЧ расстановки ОПВ из рис. 2, изображена на рис. 3 в таком же горизонтальном масштабе, как и на рис. 1 и 2.

Она является наложением ФРЧ независимых полярных пар ($\text{ПВ}'$-$\text{СП}'$), из которых группа ОГТ и расстановка ОПВ построены.

4. К изложенному уместно присовокупить, что при перемене местами элементов ПВ и СП пары принято считать, что чувствительность пары не изменяется и что выполняется равенство

$$(\text{ПВ}' - \text{СП}') = (\text{СП}' - \text{ПВ}').$$

Такое свойство следует полагать следствием однородности и изотропности среды, но отнюдь не принципа взаимности в теории упругости. Применение последнего требует, как известно, выполнения жестких ограничительных условий как на тип воздействий, так и на поляризацию приемника.

В условиях практики каждой полярной паре приписывается единичная чувствительность. На рис. 3 это учтено построением в точках $\ell_q = x_q$ единичных (нормальных) отрезков. ФРЧ группы ОГТ является основным мерилом для сопоставления свойств различных групп ОГТ по отношению друг к другу.

Заметим, что иногда чувствительность элементов группы ОГТ удобнее выражать посредством точек (разного типа) на ее базовой оси, а сами ФРЧ удобнее строить в масштабе $e_q = \ell_q/2$ половин баз их элементов. Такой способ построения применяется в разделах п. 6–8 основного текста.

5. Рис. 4 относится к выборке из массива сейсмоданных полярных пар (ПВ$'$-СП$'$) и (СП$'$-ПВ$'$) при формировании выборочных групп ОГТ в пикетах $x = a_p$ $(p = 1, 2, 3, 4)$; $(K = 24$; ΔПВ$= 2)$. Методика построений на рис. 4 приведена в тексте статьи п. 6–8 (фактически) для случая центральной расстановки ОПВ. Точки на пикетных линиях $a_\nu b_\nu$ обозначают отсчетные "базовые" значения функций распределения чувствительности ФРЧ выборочных групп ОГТ.

На рис. 5 такое же построение произведено в случае односторонней правой расстановки ОПВ.

6. Таким же образом, как на рис. 4 и 5, производятся дальнейшие построения ФРЧ выборочных групп ОГТ в соседних пикетах профиля, образующих повторяющиеся циклы. При этом при нумерации рис. (6–8) указывается тип перемещаемой расстановки ОПВ, иллюстрируемой схематически и на рисунке. Справа указывается шаг Δ ПВ перемещения расстановки вдоль профиля и приводятся истинные ФРЧ выборок групп ОГТ, отвечающих всем соседним пикетам, образующим повторяющийся цикл. Кроме того, приводятся (для сопоставления) ложные ФРЧ, отвечающие такой группе ОГТ, которую принимают в технологичной сейсморазведке за группу ОГТ, реализующуюся (якобы) в каждом пикете профиля в результате обсуждавшейся выборки. Сопоставление истинных ФРЧ с ложными – красноречиво говорит само за себя.

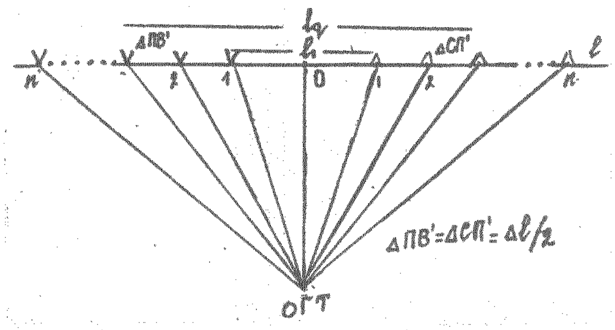


Рис. 1.

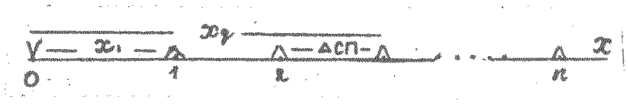


Рис. 2.

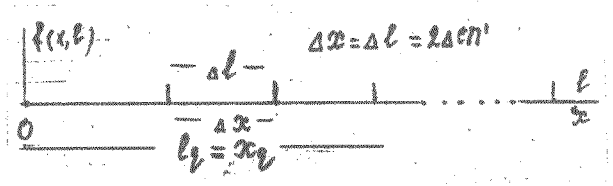


Рис. 3.

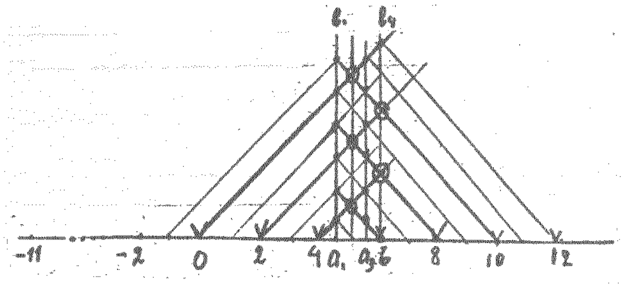


Рис. 4.

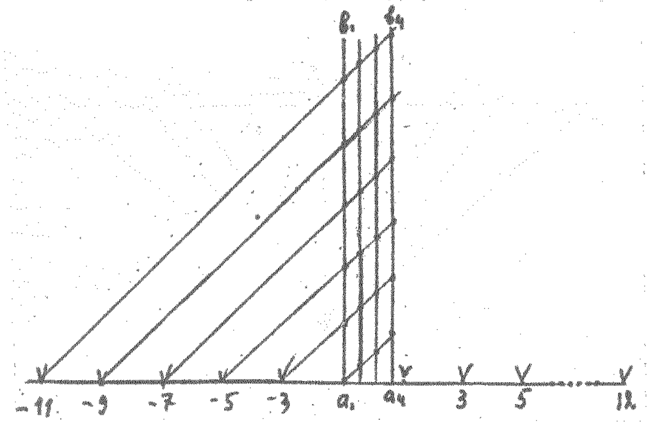
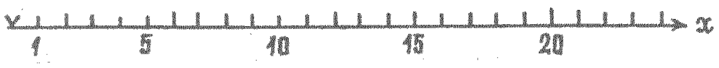
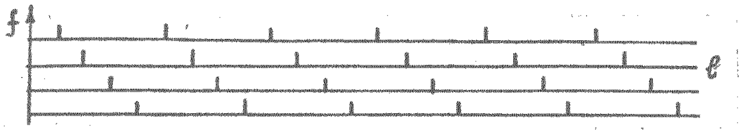


Рис. 5.



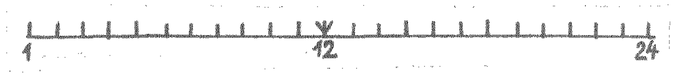
Односторонняя расстановка ОПВ $K = 24$; ΔСП$= 1$, $x_1 = 1$, ΔПВ$=$ 2ΔСП .



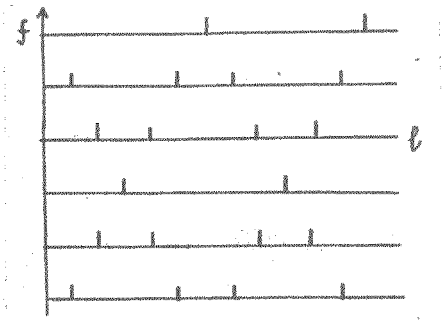
ФРЧ реализаций параметров групп ОГТ в соседних пакетах цикла .

Реализация параметров ОГТ предполагаемая одинаковой в любом пакете профиля .

Рис. 6



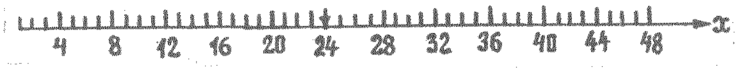
Центральная расстановка ОПВ $K = 24$, ΔСП$= 1$, $x'_1 =$ ΔСП, ΔПВ$=$ 3ΔСП.



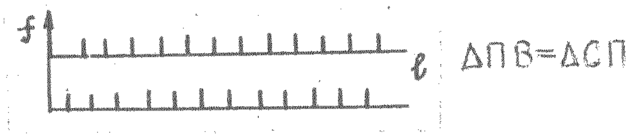
ФРЧ реализаций параметров групп ОГТ в пакетах цикла

Реализация ОГТ предполагаемая одинаковой в любом пункте профиля .

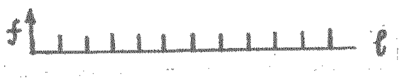
Рис. 7



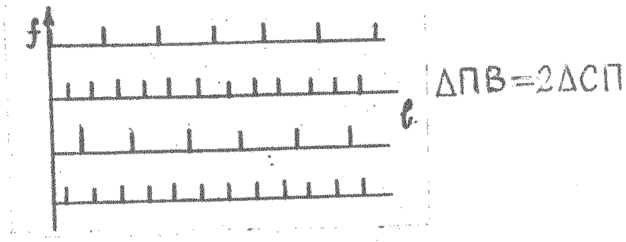
Центральная расстановка ОПВ $K = 48$, ΔСП$= 1$, $x_1 = 0$, $x_1' = \Delta$СП.



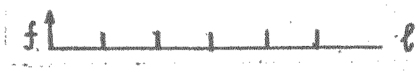
ФРЧ реализаций параметров групп ОГТ в пакетах цикла.



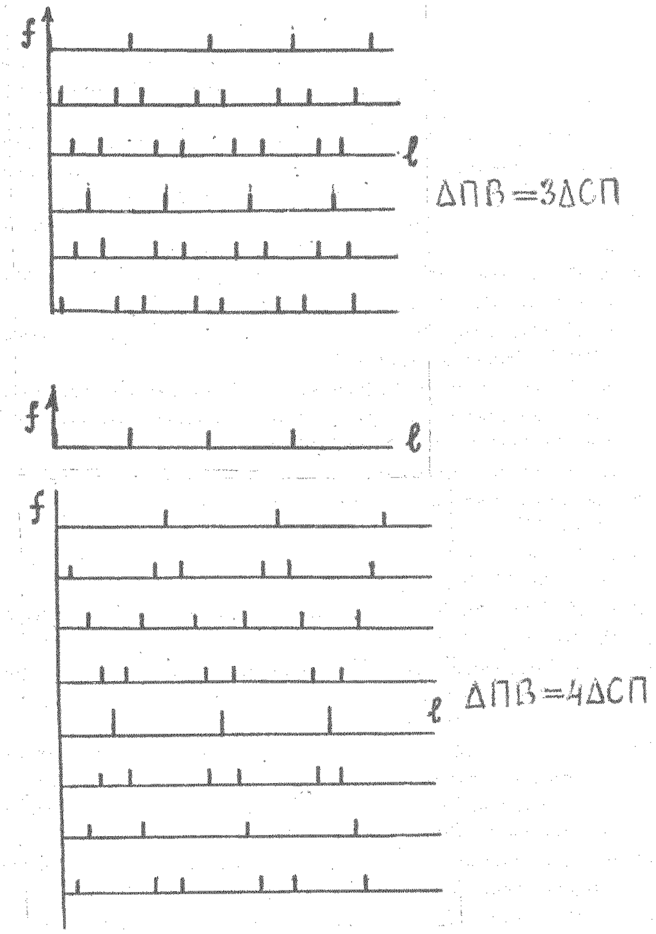
Предполагаемая реализация ОГТ.



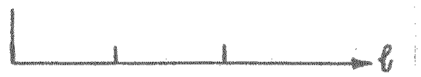
ФРЧ реализаций параметров групп ОГТ в пакетах цикла.



Предполагаемая единая реализация параметров ОГТ.



ФРЧ реализаций параметров групп ОГТ в пакетах цикла.



Предполагаемая единая реализация параметров ОГТ.

Рис. 8

Литература

1. В. Б. Левянт, З. М. Жарн, Ю. Б. Зингер, *Вопросы теории и методики способа общей глубинной точки.* — В кн.: Региональная, разведочная и промысловая геофизика. No. 31, ВИЭМС (1970).
2. В. С. Чернявский, *Исследование характеристик направленности в МОГТ для повышения эффективности выделения и прослеживания волн.* — Разведочная геофизика, М. вып. **99** (1984), 9–19.
3. В. И. Мешбей, *Методика многократных перекрытий в сейсморазведке.* М. (1985).
4. А. Н. Телегин, *Методика сейсморазведочных работ МОВ и обработка материалов.* Л. (1991).
5. Р. П. Савелов, *Вопросы теории и практики применения сейсморазведки МОГТ.* Иркутск (1986).
6. Б. И. Беспятов, В. Г. Юрченко, *Методические рекомендации по расчету оптимизированных параметров комплекса интерференционных систем в сейсморазведке.* Саратов (1981).
7. *Инструкция по сейсморазведке.* М. (1986).
8. *Методические рекомендации по проведению полевых работ способом ОГТ.* М. (1973).
9. *Сейсморазведка (справочник геофизика).* Под ред. В. П. Номоконова, кн. 2, М. (1990).
10. И. И. Гурвич, Г. Н. Боганик, *Сейсмическая разведка.* М. (1980).
11. Р. Шерифф, Л. Голдарт, *Сейсморазведка.* М. (1987).
12. Г. И. Петрашень, А. Г. Рудаков, *Основные проблемы метода многократных перекрытий ОГТ и технологичных методик обработки его данных.* — Геофизика **1** (1996), 3–13.
13. О. К. Кондратьев, *О мнимых и действительных противоречиях технологичной сейсморазведки.* — Геофизика **1** (1996), 14–18.
14. О. К. Кондратьев, *Экспертная обработка сейсмических материалов.* — Геофизика **1** (1995), 15–24.
15. Н. Н. Пузырев, *О некоторых проблемах современной технологичной сейсморазведки.* — Геофизика **5–6** (1996), 10–14.
16. Л. Р. Денем, *Интерпретация сейсмических данных.* — Обработка сейсмических сигналов, ТИИЭР **72, No. 10** (1984), 27–40.
17. А. Г. Рудаков, Г. И. Петрашень, *О взаимоотношении синтеза групп приемников и источников в сейсморазведке.* Вопросы динамической теории распространения сейсмических волн. Под ред. Г. И. Петрашень, Л. 1990, вып. 30, сс. 169–178.
18. Э. А. Робинсон, *Сейсмические методы сжатия сейсмического импульса.* — Обработка сейсмических сигналов, ТИИЭР **72, No. 10** (1984), 52–69.

Petrashen G. I., Rudakov A. G. On nonhomogeneity of measuring canals of technological seismic prospecting and on circumstances accompanying the application of it.

The serious intrinsic contradiction of the method of MO CDP connected with the gross error in the technical realization of the joint of the multiple overlapping method with the method of CDP is discussed, and possible ways of partial elimination of it are pointed out.

С.-Петербургское отделение
Математического института
им. В. А. Стеклова РАН

С.-Петербургский
государственный университет

Поступило 16 октября 1997 г.