

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра геофизики

**«Оценка отношения сигнал/помеха в зонах интерференции
отраженных волн и волн-помех поверхностного типа
(на примере профиля Pr03 тест-системы Ухта)»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 403 группы

направления «05.03.01 Геология»

геологического факультета Саратовского национального исследовательского

государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

наименование факультета, института, колледжа

Абрамяна Александра Витальевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доцент, к.г.-м.н

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Э.С.Шестаков

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

к. г.- м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Е.Н. Волкова

инициалы, фамилия

Саратов, 2018 год

Введение. Как известно, при поисках нефтегазовых месторождений методом отраженных волн (МОВ) повсеместно используются полевые интерференционные системы (ИС) – групповой прием и очень часто групповое возбуждение упругих колебаний. Однако в Проектах на их проведение отсутствует обоснование выбора оптимальных параметров группирования, а в Отчетах по этим работам – анализа эффективности группирования.

На кафедре геофизики Саратовского университета ведутся научно-исследовательские работы по развитию теории ИС, разработке методики и программно-алгоритмического аппарата анализа свойств сложных ИС и оценке их эффективности, в которых я принимал участие.

Основным препятствием в оценке эффективности ИС в конкретных сейсмогеологических условиях является отсутствие данных о параметрах регистрируемого волнового поля. До появления способа ОСТ и, особенно, цифровой обработки сейсморазведочной информации, для их получения выполнялись специальные опытные работы. В настоящее время они практически не проводятся, а если и проводятся, то не в полном объеме.

Целью исследований, в которых я принимал участие, являлась *разработка методики приближенной оценки характеристик волн-помех поверхностного типа и отношения интенсивностей полезных волн и волн-помех в зонах их интерференции (S/N) по полевым сейсмограммам с использованием общедоступного программного обеспечения.*

Для достижения этой цели в данной работе необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть математический аппарат, используемый для оценки эффективности ИС;
- рассмотреть методики оценки параметров волнового поля, применявшиеся ранее;

- рассмотреть общедоступное программное обеспечение, которое можно использовать для оценки характеристик волнового поля на базе сейсмограмм, получаемых при проведении работ МОВ;
- разработать методику оценки параметров волн-помех поверхностного типа и отраженных волн по полевым сейсмограммам с использованием общедоступного программного обеспечения;
- опробовать методику на тестовом полевом материале.

Основное содержание работы. 1 Основы энергетической теории интерференционных систем. В основу оценки эффективности ИС в рассматриваемых исследованиях положена энергетическая теория, где целевой функцией является коэффициент направленного действия (КНД), представляющий собой отношение энергии сигнала некоторой волны на выходе интерференционной системы к максимально возможной энергии выходного сигнала той же волны в той же системе:

$$\text{КНД} = \frac{E_{\text{ВЫХ}}}{E_{\text{ВЫХ}}^{\text{max}}}$$

В предположении, что сигналы сейсмических волн описываются нуль-фазовым импульсом Пузырева, получено явное выражение КНД, зависящее от параметров ИС (число элементов, распределение элементов на базе ИС, распределение чувствительности) и параметров волны (кажущаяся скорость волны, видимая частота (видимый период), длительность импульса (в долях видимого периода)). Характеристики волн предполагается использование полевых сейсмограмм.

2 Методика изучения параметров волнового поля 50-60 годов XX. Исходными данными для применения интерференционных систем и оценки их эффективности являются сведения о характере полезных волн и волн-помех (волновой картины, ВК). Их получали в результате проведения специальных опытных работ по изучения волнового состава сейсмических колебаний. Методика изучения ВК для решения задач данной работы не может быть исполь-

зована, поскольку система наблюдения задана и невозможно сделать ее уплотненной, а также невозможно менять условия возбуждения упругих колебаний.

3 Общедоступное программное обеспечение, используемое для определения отношения характеристик волнового поля. Для выборки блоков данных трасс обрабатываемой сейсмограммы использовалась распространяемая в Internet программа SeiSee. Созданная для контроля сейсмической записи, она позволяет визуализировать сейсмограммы формата SEG-Y, прочитать и распечатать заголовки визуализированной сейсмограммы, представить в числовом виде блок данных любой трассы, выполнить обработку одиночных трасс сейсмограммы (частотную фильтрацию, амплитудную регулировку). В данной программе может создаваться текстовый файл, куда помещаются значения отсчетов сейсмических трасс в заданном окне (по l - и t -координатам).

Преобразование текстовой информации в числовую и её обработка выполнялись в табличном процессоре Excel, являющимся составной частью широко распространённого пакета программ Microsoft Office.

Основой обработки являлось суммирование отсчетов нескольких трасс. Статистическое осреднение сигналов на трассах нескольких сейсмограмм выполнялось путем суммирования отсчетов с одинаковыми l - и t -координатами. Направленное суммирование предполагало смещение суммируемых отсчетов в зависимости от их l -координаты. Кроме того, по суммарным значениям отсчетов выполнялось вычисление среднеквадратических амплитуд суммарных сигналов.

4 Результаты анализа характеристик волнового поля. В качестве объекта исследований использовались материалы профиля Pr03 тест-системы Ухта. Как было сказано выше, в качестве объектов были выбраны две помехи – П1 и П2 и опорное отражение, окна анализа которых представлены в таблице 4.1 и показаны цветом на рисунках 1-4 (доминирующие экстремальные фазы сигналов выделены желтым цветом).

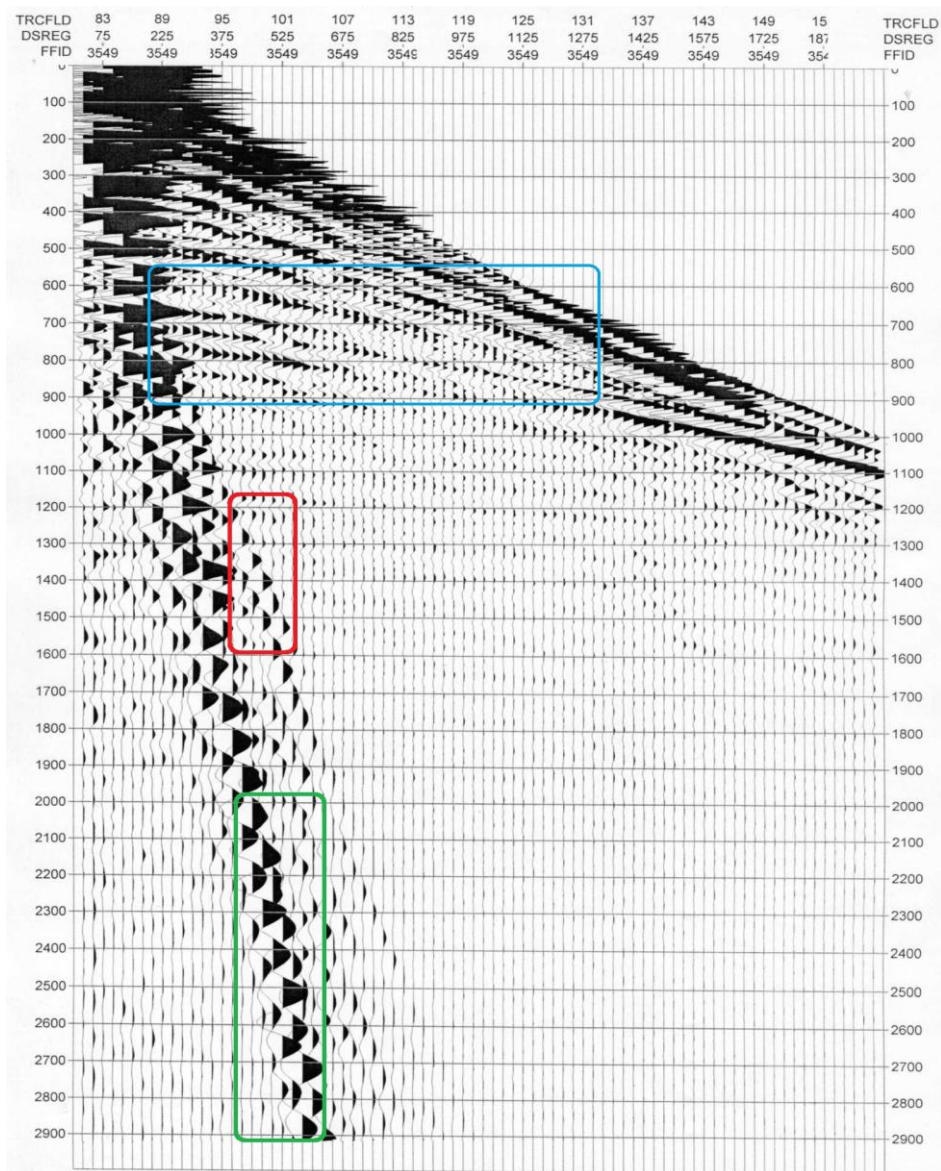


Рисунок 1 - Суммарная сейсмограмма по профилю Pr03, используемая для анализа характеристик волнового поля

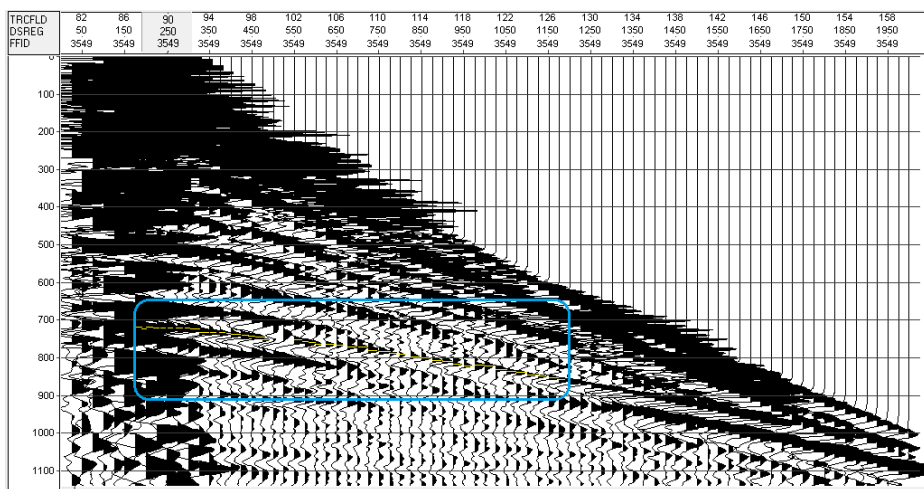


Рисунок 2 - Профиль Pr03. Окно анализа опорного отражения

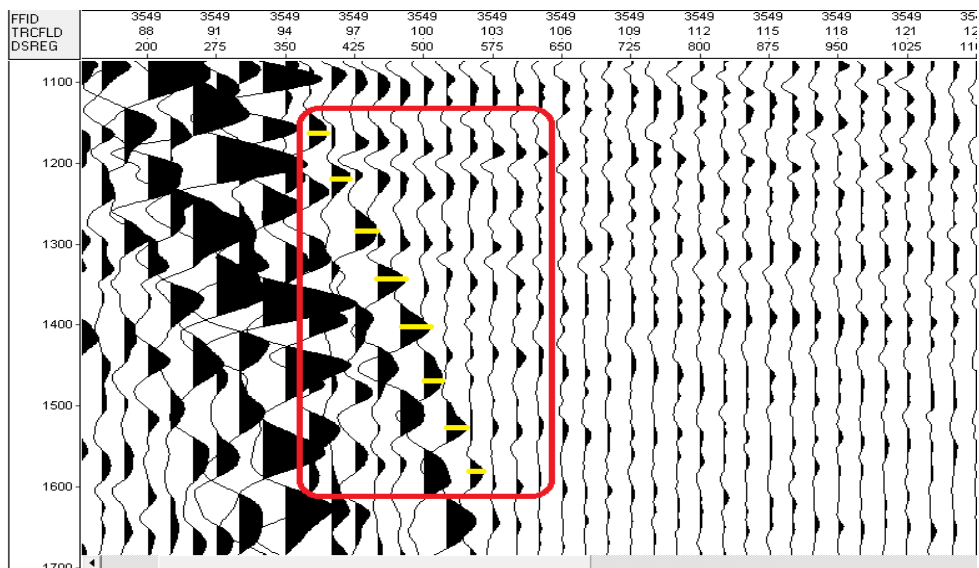


Рисунок 3 - Профиль Pr03. Окно анализа волны-помехи П1

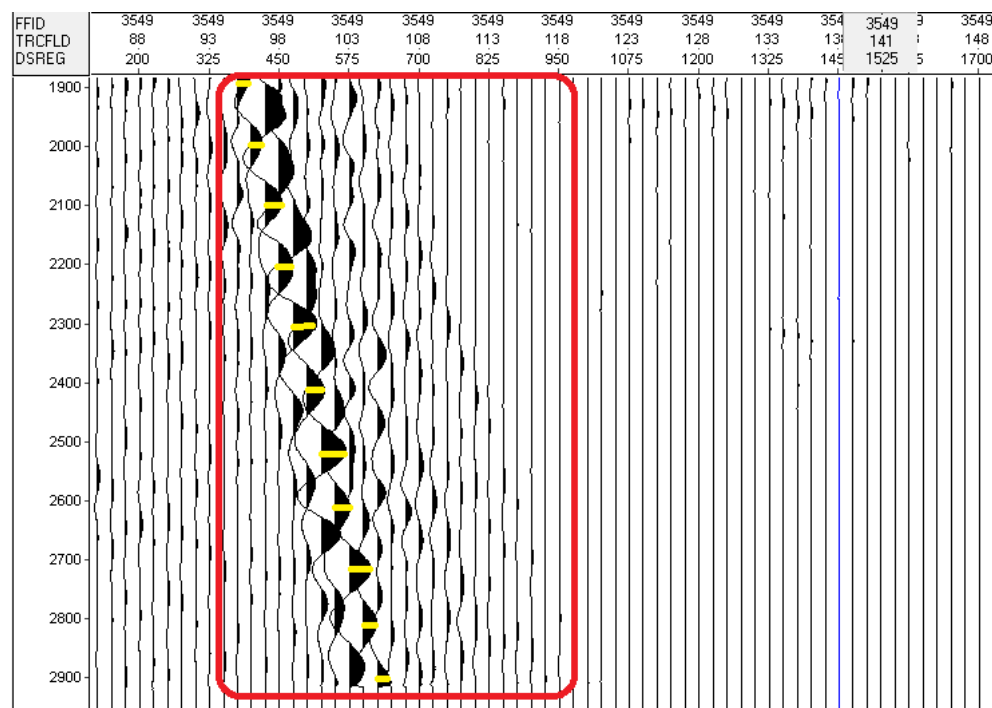


Рисунок 4 - Профиль Pr03. Окно анализа волны-помехи П2

Поскольку волны-помехи П1 и П2 имеют линейный годограф, по найденным значениям l_i и $t(l_i)$ в программе RegrUrLin_1 были рассчитаны уравнения линейной регрессии вида $t(l) = t_0 + l/V^*$:

$$t(l) = 0.25741 \text{ с} + l/414.85 \text{ м/с}, \quad (\text{волна П1}),$$

$$t(l) = 0.35524 \text{ с} + l/243.96 \text{ м/с} \quad (\text{волна П2}).$$

Параметры направленного суммирования определялись по значениям кажущихся скоростей волн-помех в соответствии с выражениями:

$$\Delta t = \Delta x / V_{\text{пом}}^* \quad \text{и} \quad \Delta q = \Delta t / \delta t$$

(для тест-системы Ухта шаг ПП Δx составлял 25 м, а $\delta t - 2$ мс).

П1: $\Delta t_{\text{П1}} = 25 / 414.85 = 0.06$ с/трасса, $\Delta q_{\text{П1}} = 0.06 / 0.002 = 30$ отсч./трасса.

П2: $\Delta t_{\text{П2}} = 25 / 243.96 = 0.103$ с/трасса, $\Delta q_{\text{П2}} = 0.103 / 0.002 \cong 51$ отсч./трасса.

По графикам формы импульса определены и уточнены по таблицам значений отсчетов суммарного сигнала параметры импульсов.

Волна П1: $T^* \approx 0.11$ с, $f^* \approx 9.09$ Гц, $\tau_{\text{имп}} \approx 3 T^*$;

Волна П2: $T^* \approx 0.183$ с, $f^* \approx 5.6$ Гц, $\tau_{\text{имп}} \approx 3 T^*$.

Направленное суммирование сигналов волн П1 и П2 с целью оценки затухания выполнялось на скользящей базе $D = 100$ м со сдвигом в 25 м. Поскольку для волн поверхностного типа предполагается линейное изменение амплитуды по l -координате, по среднеквадратическим оценкам амплитуд по программе RegrUrLin.exe рассчитывались регрессионные зависимости

Были построены графики осреднённых годографов волн П1, и П2, графики зависимости $A_{\text{ср.кв.}}(l)$ и $A_{\text{ср.кв.}}(t)$. Значения коэффициентов затухания волн-помех П1 и П2:

$$Kz A_{\text{ср.кв.П1}}(l) = -0.0069 \text{ усл.ед. / м}, \quad Kz A_{\text{ср.кв.П1}}(t) = -0.3709 \text{ усл.ед. / с.}$$

$$Kz A_{\text{ср.кв.П2}}(l) = -0.000432 \text{ усл.ед. / м}, \quad Kz A_{\text{ср.кв.П2}}(t) = -0.1054 \text{ усл.ед. / с.}$$

Опорное отражение показано на рисунке 2, была выполнена корреляция его доминирующей фазы, уточнённая по таблице Excel, представленная в таблице 1. Параметр времени закономерно возрастает с увеличением l -координаты ПП, флуктуации незначительны, за исключением точки с l -координатой 525 м (выделена цветом).

Таблица 1 - Профиль Pr03. Корреляционная таблица опорного отражения

| №№ п.п. | Оффсет (м) | t (мс) | A (усл. ед.) | №№ п.п. | Оффсет (м) | t (мс) | A (усл. ед.) |
|------------|---------------|-----------|-----------------|------------|---------------|-----------|-----------------|
| 1 | 225 | 714 | 2,80256 | 24 | 800 | 792 | 1,53755 |
| 2 | 250 | 714 | 2,80265 | 25 | 825 | 794 | 2,57125 |
| 3 | 275 | 726 | 4,64785 | 26 | 850 | 802 | 2,53853 |
| 4 | 300 | 726 | 4,54781 | 27 | 875 | 806 | 3,14116 |
| 5 | 325 | 730 | 5,95114 | 28 | 900 | 810 | 3,72508 |
| 6 | 350 | 732 | 4,47286 | 29 | 925 | 816 | 2,59909 |
| 7 | 375 | 736 | 3,96312 | 30 | 950 | 820 | 2,77782 |
| 8 | 400 | 738 | 4,47663 | 31 | 975 | 818 | 3,27219 |
| 9 | 425 | 742 | 6,43703 | 32 | 1000 | 822 | 2,53884 |
| 10 | 450 | 744 | 4,19582 | 33 | 1025 | 830 | 3,88789 |
| 11 | 475 | 752 | 1,94641 | 34 | 1050 | 836 | 4,31596 |
| 12 | 500 | 752 | 0,69765 | 35 | 1075 | 840 | 2,58063 |
| 13 | 525 | 736 | 2,76478 | 36 | 1100 | 844 | 3,11187 |
| 14 | 550 | 756 | 5,42763 | 37 | 1125 | 848 | 2,51679 |
| 15 | 575 | 758 | 3,49395 | 38 | 1150 | 852 | 3,22121 |
| 16 | 600 | 762 | 1,75622 | 39 | 1175 | 858 | 3,87529 |
| 17 | 625 | 764 | 2,73460 | 40 | 1200 | 862 | 4,27010 |
| 18 | 650 | 764 | 2,08586 | 41 | 1225 | 868 | 4,37453 |
| 19 | 675 | 772 | 3,30446 | 42 | 1250 | 874 | 5,40000 |
| 20 | 700 | 770 | 3,26930 | 43 | 1275 | 878 | 7,67128 |
| 21 | 725 | 780 | 3,19527 | 44 | 1300 | 884 | 4,27128 |
| 22 | 750 | 784 | 4,22256 | 45 | 1325 | 890 | 4,95417 |
| 23 | 775 | 788 | 2,20245 | | | | |

Флуктуация параметра амплитуды доминирующей фазы весьма велики и невозможно выявление общей закономерности изменения интенсивности сигнала по *l*- и *t*-координатам. В рассматриваемом интервале сейсмической записи

было выполнено направленное суммирование с параметром направления $\Delta t = 4$ мс/трасса. База суммирования равнялась 100 м, сдвиг баз – 75 м. По результатам суммирования определялись значения среднеквадратических амплитуд суммарного сигнала, относимые к l - и t -координатам центра базы суммирования (таблица 2) и в графической форме – на рисунке 5. Из их рассмотрения видно, что статистическое осреднение при направленном суммировании практически ликвидировало влияние случайной компоненты волнового поля, аномальные значения ($t(l = 525$ м, и $A_{\text{ср.кв.}}(l = 375$ м)) связаны, по всей видимости с интерференционными явлениями.

Таблица 2 - Профиль Pr03. Результаты направленного суммирования в окне опорного отражения

| № № П. П. | l -коор динаты базы суммир. (м) | l -коор дината центра базы (м) | t -коор дината центра базы (мс) | $A_{\text{ср.кв.}}$ (услов. единиц) | № № П. П. | l -коор динаты базы сум- мир. (м) | l -коор дината центра базы (м) | t -коор дината центра базы (мс) | $A_{\text{ср.кв.}}$ (услов. единиц) |
|--------------------|---|--|---|---|--------------------|---|--|---|---|
| 1 | 175-275 | 225 | 714 | 0,26693 | 8 | 700-800 | 750 | 784 | 0,11539 |
| 2 | 250-350 | 300 | 726 | 0,28094 | 9 | 775-875 | 825 | 794 | 0,13710 |
| 3 | 325-425 | 375 | 736 | 0,26175 | 10 | 850-950 | 900 | 810 | 0,14068 |
| 4 | 400-500 | 450 | 744 | 0,29629 | 11 | 925-1025 | 975 | 818 | 0,16325 |
| 5 | 475-575 | 525 | 736 | 0,23919 | 12 | 1000-1100 | 1050 | 836 | 0,21974 |
| 6 | 550-650 | 600 | 762 | 0,15923 | 13 | 1175-1275 | 1125 | 848 | 0,22505 |
| 7 | 625-725 | 675 | 772 | 0,14673 | 14 | 1150-1250 | 1200 | 862 | 0,22561 |

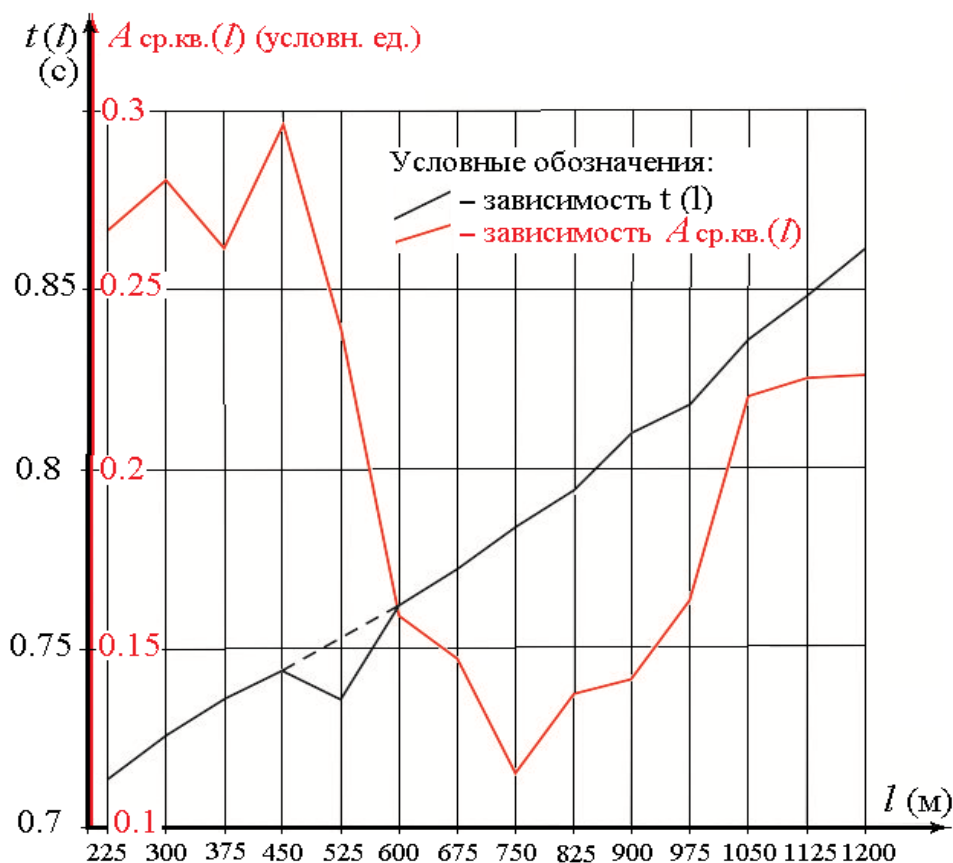


Рисунок 5 Профиль Pr03, опорное отражение. Годограф доминирующей фазы сигнала, $A_{\text{ср.кв.}}(l)$ направленного суммирования

От использования трендовой составляющей $A_{\text{ср.кв.}}(l)$ в оценке отношения S/N в зонах интерференции опорного отражения и волн помех пришлось отказаться. Можно констатировать, что характер изменения интенсивности сигналов отраженных волн по l -координате требует отдельного изучения как на уровне решения прямой динамической задачи сейсморазведки, так и на уровне анализа полевого материала. И в данном конкретном случае было принято, что среднеквадратическая амплитуда сигнала опорного отражения постоянна и равна среднему значению $A_{\text{ср.кв.}} = \text{const}(l) = 0.1939$.

Форма импульса сигнала опорного отражения выявлена по результатам направленного суммирования на базе $l = 400 \div 500$ м. Параметры сигнала, определялись на основании анализа формы импульса: $\tau_{\text{имп}} = 2.5 T^*$, видимый период сигнала $T^* = 0.0504$ с, $f^* = 19.8$ Гц.

Для определения отношений S/N в зонах интерференции целевых отражений и волн помех с использованием программы SN_otr_pov_3 необходимо было определить это отношение в зонах интерференции помех П1 и П2 с опорным отражением. Расчет годографов отраженных волн выполнялся на основании одномерной скоростной модели, определённой путем сканирования скоростей $V_{ост} = \text{const}(t)$, выполненного на участке рассматриваемых исследований.

Области интерференции опорного отражения и волн-помех (l -координаты их центров, $l_{П1}$ и $l_{П2}$) определялись путём совместного решения уравнений годографов опорного отражения и волн-помех и составили:

для помехи П1 $l_{П1} = 82$ м, для помехи П2 $l_{П2} = 181.5$ м

Для оценки отношения S/N использовалась программа SN_otr_pov_3, назначением которой является расчет отношения амплитуд однократно отраженных волн и волн-помех в зонах их интерференции. В данной рабочей версии программы предполагается квазигоризонтальное залегание отражающих границ и нормальное падение волны на границы (изменение коэффициента отражения в зависимости от удаления источник-приёмник не учитывается). Для расчета коэффициентов отражения задается модель интервальных скоростей $V_{инт\ i}(t_0)$, здесь i – номер слоя, число слоев в модели задается на единицу больше, чем число отражающих границ. При задании скоростной модели указывается номер границы, которая рассматривается как опорная и амплитуда сигнала опорного отражения, определенная по полевой сейсмограмме (в мм).

В программе рассматриваются волны-помехи поверхностного типа, имеющие линейный годограф. Параметрами их являются число помех и номер, значение времени в ПВ ($t_0\ j$), кажущаяся скоростью (V^*_{j}), коэффициент затухания помехи (Kz_j), амплитуда волны-помехи на уровне опорного отражения и отношением S/N_j в зоне интерференции волны с опорным отражением, здесь j – номер помехи. Области проявления помех на сейсмограмме на данном этапе разработки программы не учитываются (считается, что помеха прослеживается на всей сейсмограмме).

Таким образом, можно констатировать, что характеристики волнового поля, полученные с использованием программного комплекса SeiSee + Excel, формально позволяют получить приближенные значения отношения S/N в зонах интерференции волн-помех поверхностного типа с целевыми отражениями. Тем не менее, данный путь нельзя считать оптимальным, поскольку трудоёмкость его очень велика. Необходима разработка специализированного программного обеспечения, реализующего перечисленные задачи.

Кроме того, требуется переработка алгоритма программы SN_otr_pov_3 – он не учитывает особенностей исходных данных, извлекаемых непосредственно из полевых сейсмограмм.

Заключение. По завершении описанных выше исследований можно сделать следующие выводы.

1. Сейсмограммы производственных сейсмических работ и программы SeiSee и Excel позволяют получить приближенные данные об отношении сигнал-помеха в зонах интерференции однократно отраженных волн и волн-помех поверхностного типа.
2. Трудоёмкость работ с комплексом программ SeiSee + Excel очень велика и необходима разработка специализированного программного обеспечения, реализующего перечисленные задачи.
3. Требуется переработка алгоритма программы SN_otr_pov_3, поскольку он был ориентирован на визуальный анализ полевых сейсмограмм, а не на непосредственное извлечение данных из полевых сейсмограмм.
4. Необходимо продолжить исследования в плане возможности учёта изменения интенсивности однократно отраженных волн по l -координате.

Таким образом, можно констатировать, что цель данной работы достигнута, поскольку все поставленные в ней задачи выполнены в полном объёме и намечены пути совершенствования и программно-методического комплекса оценки эффективности ИС.