

Площадная съемка и обработка материалов, полученных при нестандартных поверхностных условиях выполнения работ

Соснов К.Н., Заложных М.А., Барулин Д.А., ОАО «Саратовнефтегеофизика», г. Саратов

Рост технической оснащенности геофизических организаций в последнее десятилетие обусловил все более широкое применение сейсморазведки 3D, особенно на этапе доразведки месторождений. При этом зачастую участки, на которых проектируются работы, характеризуются достаточно сложными глубинными и поверхностными условиями. Возникающие нестандартные ситуации требуют нестандартных решений и приемов как на этапе проектирования работ, так и при обработке полученных материалов. В настоящей статье рассмотрены примеры подобных нестандартных ситуаций с использованием материалов ОАО «Саратовнефтегеофизика», полученных на 2-х участках Южно-Варавенской площади Краснодарского края.

В соответствии с геологическим заданием, необходимо было выполнить сейсморазведку МОГТ-3D на Южно-Варавенской площади Темрюкско-Славянского лицензионного участка Краснодарского края. Район работ площадью 53 км².

Район работ располагался на территории Славянского района Краснодарского края. Рельеф местности - равнина с широко развитой системой гидротехнических сооружений - каналами, рисовыми чеками. Колебания абсолютных отметок рельефа от -0,2 м до +3,6 м. В пределах площади проектируемых работ имеется несколько оросительных каналов и лиман Глубокий.

Работы планировались на территории, на которой серия дамб перемежалась наличием обводненных и заболоченных участков. Массивами рисовых чеков и посевами зерновых культур занято более 70% изучаемой территории. Ко всему прочему, направление дамб зачастую

менялось (рис. 1), что затрудняло сохранение проектной кратности в пределах площади съемки. Тем не менее, как видно из рис. 2, и по удалениям, и в какой-то степени, по азимутам в бинах удалось сохранить вполне удовлетворительные параметры.

Некоторые особенности проектирования системы наблюдений 3D в условиях рисовых чеков

Субрегулярная система площадных наблюдений

В соответствии с договором, предстояло выполнить съемку 3D на 2-х участках - Целинном и Лиманном. При этом основные трудности были связаны с наличием на территории работ рисовых чеков, а на Лиманном участке - еще и Лимана Глубокий. Основными исходными параметрами для проектирования площадных систем наблюдения являются размер бина - обычно 50 x 50 м по поверхности-, суммарная кратность перекрытия и максимальная глубина целевого горизонта. Все остальные параметры для регулярных систем либо задаются, либо рассчитываются таким образом, чтобы они удовлетворяли исходным. В данном конкретном случае наличие рисовых чеков с разделяющими дамбами требовало иного подхода к проектированию и обработке Южно-Варавенской площади.

Специалисты ОАО «Саратовнефтегеофизика», проанализировав расстояния между дамбами, по которым предполагалось размещать линии возбуждения (ЛВ), установили, что наиболее часто расстояния между дамбами для ЛВ - 600 м, которое и было принято в качестве расчетного. Далее возможны две комбинации кратности по оси X - $N_x = 6$ или 4. Соответственно кратность по Y будет 4 или 6, поскольку суммарная кратность в геологическом задании определена в 24. В итоге были выбраны кратность по оси X=6, по оси Y=4.

Из выражения $M_x = \Delta X \times 2N_x / \sigma_x$ определим число каналов в линии приема:

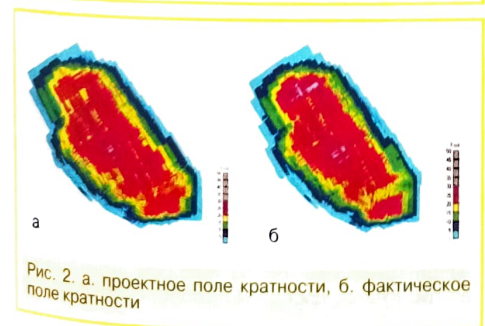
$M_x = 600 \times 12 / 50 = 144$ - что вполне удовлетворяет, как показывают дальнейшие вычисления, и суммарному максимальному удалению по осям X, Y, которое должно быть соизмеримо с глубиной последнего целевого горизонта.

Несколько сложнее обстояло дело с линиями приема. Если их количество автоматически равно кратности по оси Y, т.е. 4, то число пунктов возбуждения в варианте для системы типа «крест» зависит от расстояния между линиями приема. При этом число случаев появления различных расстояний - N - варьирует в достаточно широких пределах (от 200 до 500 метров):

200 м - 5, 250 м - 10, 300 - 27, 350 - 37, 400 м - 42, 450 м - 6, 500 м - 3

Было принято решение при работах МОГТ3D в условиях рисового земледелия использовать субрегулярную систему наблюдения типа «крест» при следующих исходных параметрах:

максимальная кратность по оси X - 6, максимальная кратность по оси Y - 4, номинальная кратность по осям X,Y - 24, расстояние между пунктами возбуждения колебаний. - 50 м, расстояние между пунктами приема колебаний - 50 м, шаг пространственной дискретизации по глубине - 25x25 м, количество линий приема в



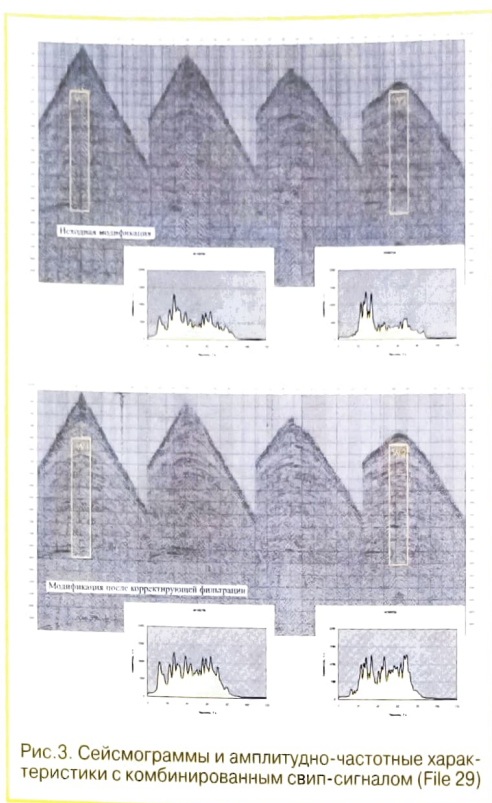
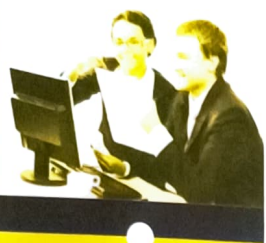


Рис.3. Сейсмограммы и амплитудно-частотные характеристики с комбинированным свип-сигналом (File 29)

блоке наблюдения. – 4, номинальное количество каналов в линии приема – 144, номинальное количество каналов в блоке 576, расстояния между линиями приема колебаний – 200-550м (преобладают 350-400м), расстояние между линиями возбуждения колебаний: участок Целинный – 400-700м (преобладает 600м), участок Лиманный – 250-800м (преобладает 600м), количество пунктов возбуждения колебаний в блоке – 32-88 (преобладают 56- 64), окно в середине линии возбуждения колебаний – 50м,

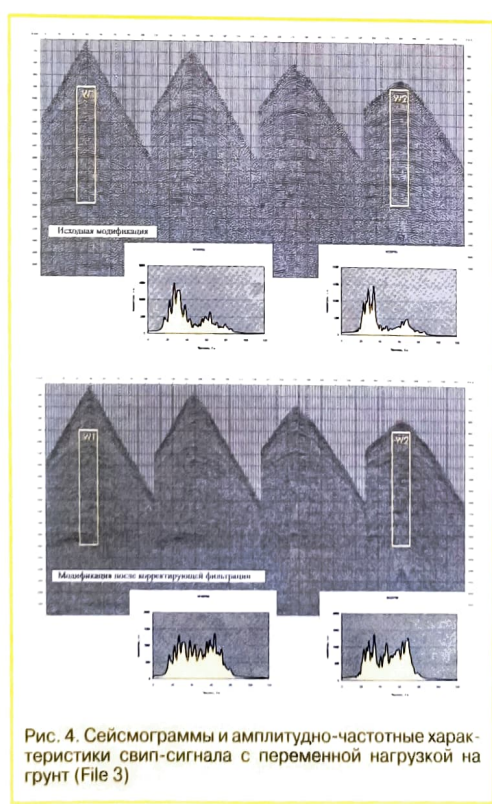


Рис. 4. Сейсмограммы и амплитудно-частотные характеристики свип-сигнала с переменной нагрузкой на грунт (File 3)

максимальное удаление по оси X – 3575м
максимальное удаление по оси Y – 1075-3000м
(для преобладающих $\Delta LP=350-400м$ – 2175м), максимальное удаление по осям X,Y – 1900-3733-4667м, (для преобладающих $\Delta LP=350-400м$ – 4048-4185м)

Понятно, что в условиях рисовых чеков и линии приема, и линии возбуждения колебаний можно размещать в подавляющем большинстве случаев только по дамбам.

Приемный блок состоял из 4-х линий приема. Диапазон изменения расстояний между линиями приема указан выше. Еще одно обстоятельство, осложнявшее проведение полевых работ связано с тем, что не все дамбы оказались пригодными для использования на них крупногабаритных вибраторов, что вызывало необходимость оперативной коррекции и участков линии возбуждения. Выполнялась указанная коррекция на мини-центре непосредственно в полевом лагере после получения от топографов сведений о позициях разбитых линий приема и возбуждения. На основании указанных сведений с помощью системы MESA контролировалось сохранение поля кратности после вносимых изменений в линии возбуждения и приема, а операторам станции выдавалась информация о коммутации каналов приема каждого блока отрабатываемой полосы и о количестве и пунктах расположения источников.

Для Целинного участка реальное поле кратности в целом сопоставимо с проектным (рис. 2), за исключением небольшой зоны на стыке 3-й и 4-й полос, где кратность понизилась до-15 за счет различий в направлении дамб между северной и южной частями участка, что и обусловило указанные отличия. Заметим, что 15 – это как раз нижний допустимый предел, согласованный с Заказчиком для труднопроходимых зон.

Несколько сложнее обстоит дело с южной частью Лиманного участка, на котором в силу объективных обстоятельств не удалось проложить непосредственно по акватории линии приема с донными приборами из-за того, что Заказчику работ не сумел получить разрешения экологической службы края. Что привело к понижению реального поля кратности в зоне акватории до 10 и менее.

В заключение отметим, что перемещение аппаратуры и оборудования с пикета на пикет часто производилось с объездами, составляющими свыше 70% расстояния между пунктами наблюдения. Смотка-размотка сейсмических кос до 20% протяженности выполнялась на автотранспорте и на 80% вручную. Во избежание повреждения сейсмокос в связи с сельхоз-работами в 90% случаев (в среднем) производилась ежесменная смотка-размотка сейсмокос и установка сейсмоприемников.

Опытные работы

Основной интервал исследования – толща караган-чокракских отложений – имеет достаточно сложное строение из-за серии тектонических нарушений. И положительный результат бурения разведочных скважин во многом зависит от достоверности получаемой в результате работ информации о строении указанной толщи. Поэтому помимо субрегулярной системы наблюдения достаточно много внимания было уделено и подбору оптимального свип-сигнала. Известно, что чем больше в спектре регистрируемых отраженных волн средне- и высокочастотных компонент, тем более точную информацию мы получаем о глубинном строении площади. Поэтому перед началом работ были выполнены опытные работы по подбору оптимального свип-сигнала, способного обеспечить расширение спектра в высокочастотную область.

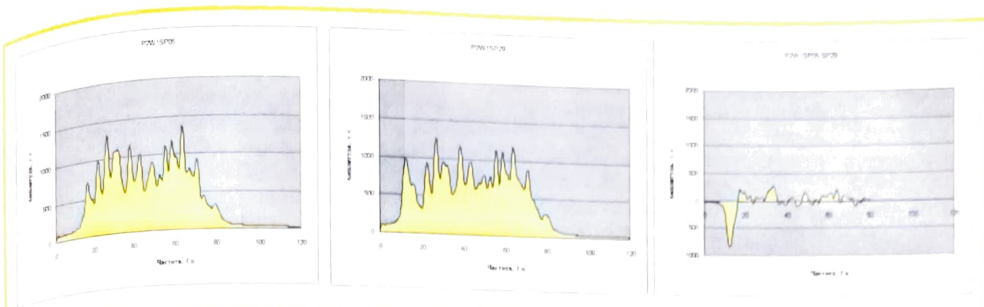


Рис. 5. Амплитудно-частотные характеристики и разностные спектры для Files 5, 29

Разработанная программа опытных работ, согласованная и дополненная супервайзером Заказчика доктором технических наук Ю.П.Кострыгиным, предусматривала тестирование основных параметров источника возбуждения – типа, длительности, параметров свип-сигнала, количества накоплений. Опытные работы были выполнены в пределах 5-й полосы Целинного участка. Экспресс-обработка сейсмограмм опытных работ на полевом мини-центре позволила получить для выбранного на уровне цуга отражений от границ в чокракских отложениях окна анализа значения отношения сигнал/шум и амплитудно-частотные характеристики. Анализ полученных данных позволил рекомендовать для производственных работ комбинированный свип длительностью 16 сек, состоящий из 3-х сегментов 10-90гц, 34-90гц и 43-90гц. Одновременно были опробованы нелинейные амплитудно-модулированные свипы – НАМ. Кстати, подобные свипы, суть которых заключается в нарастании усилия на грунт в области средне- и высокочастотных компонент частотного спектра, используются в ОАО «Саратовнефтегеофизика» уже несколько лет. И по мнению специалистов ОАО «СНГ», НАМ-свип в принципе не уступает по техническим характеристикам КОМБИ-свипу. Тем не менее, чтобы не откладывать начало полевых работ был принят комби-свип, предложенный Ю.П.Кострыгиным.

Однако в дальнейшем на стационарном ВЦ ОАО «Саратовнефтегеофизика» по двум наиболее оптимальных по всем указанным параметрам сейсмограммам – с комби и НАМ-свином при изменяющемся уровне нагрузки на грунт были определены количественные и спектральные характеристики для линий приема с минимальным и максимальным удалениями от пункта возбуждения (ПВ) колебаний, на котором выполнялись опытные работы. Окно анализа 0,8-2,8сек, трассы 30-65 для ближайшей к ПВ линии приема и 376-411- для наиболее удаленной.

При этом в набор количественных параметров помимо отношения «сигнал/шум» включены разрешенность записи (RP), параметр, характеризующий и разрешенность, и отношение сигнал-шум (RPN), максимальную частоту (FMAX) и среднее значение частоты (FMEAN) спектра.

Для анализа использованы сейсмограммы, полученные при следующих параметрах свип-сигнала:

File 5 – НАМ-СВИП F=15-90 гц, Tсв=12 с, динамическая нагрузка меняется от 60% от установившегося усилия с выходом на 100% на 8 с. 3 вибратора, 5 накоплений.

File 29 – Комбинированная развертка, F1=10-90 гц, F2=34-90 гц, F3=43-90 гц, Tсв=16 с, 3 вибратора, 3 сегмента по 2 накопления каждый.

При визуальной оценке исходных сейсмограмм можно отметить, что для комби-свипа фон низкочастотных, низкоскоростных помех в зоне близких к пункту возбуждения колебаний каналов выше, чем при НАМ-свипах с переменной

нагрузкой на грунт. И обусловлен этот фон, как видно на амплитудно-частотных характеристиках (рис.3, 4), на которых четко фиксируется максимум на 10гц, сегментом 10-90гц. Забегая вперед, отметим, что при обработке для ослабления указанных помех был подобран узкополосный НЧ-фильтр до деконволюции.

Набор количественных характеристик по вышеперечисленным файлам до и после корректирующей фильтрации приведен в таблице 1.

Таблица 1

Как видно из таблицы, по параметру «сигнал-шум» предпочтительнее сейсмограммы, полученные с переменным уровнем нагрузки на грунт. По разрешенности записи лучше сейсмограммы с комби-свином. Однако эти различия в целом нивелируются после корректирующей фильтрации, что можно видеть рис.5, на кото-

Параметр	File5(исх)	File5(исх)	File5(КФ)	File5(КФ)
W(окно)	W1	W2	W1	W2
S/N	3,03	4,21	1,8	3,09
RP	23,33	20,89	56,06	60,53
RPN	17,54	16,89	36,05	45,71
Fmax,гц	28	28	28	28
Fmean,гц	29,3	28,1	45	46,6
	File29(исх)	File29(исх)	File29(КФ)	File9(КФ)
S/N	1,21	4,53	1,42	3,03
RP	46,44	22,16	59,56	67,11
RPN	25,4	18,15	34,98	50,43
Fmax,гц	28	28	28	28
Fmean,гц	39,5	28,3	44	46,6

ром приведены спектры после корректирующей фильтрации и разностные спектры.

В таком случае целесообразно сравнить затраты времени на получение сейсмограммы с комби-свином – 3 сегмента x 2 накопления x 16 сек = 96 сек – и свином с переменной нагрузкой – 4-5 накоплений x 12 сек = 48-60 сек. Выигрыш на каждой физической точке при втором варианте свипа от 36 до 48 сек. А таких точек, напомним, 3617 на Целинном участке и 1468 – на Лиманном.

Обработка площадных материалов

Обработка полевых сейсмических материалов выполнялась с использованием комплекса программ GeovectorPlus фирмы CGG (Франция). Данный программный пакет является современной системой обработки, включающей широкий набор процедур для стандартной обработки данных сейсморазведки 2D и 3D, включающий как широко известные, так и новейшие алгоритмы. Комплекс обладает высокой гибкостью и позволяет создавать необходимые комбинации из отдельных обрабатывающих модулей или из макроследовательностей модулей. Граф обработки включает как типичные процедуры стандартной обработки 2D, так и специализированные для материалов 3D. Блок-схема графа обработки приведена на рис. 6. Ниже дается



ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИИ



ТОНКОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

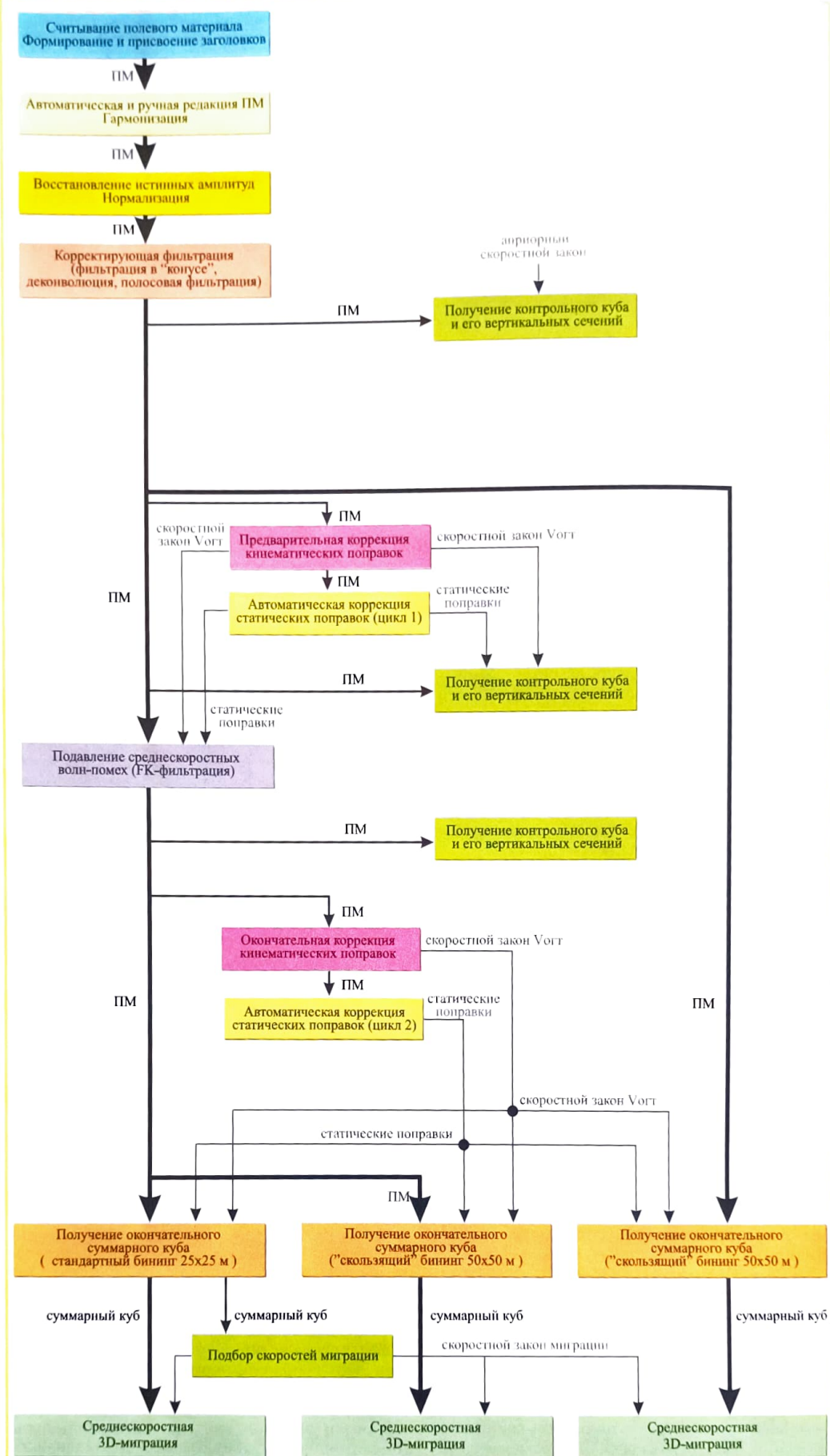


Рис.6. Блок-схема графа обработки

описание основных этапов обработки.

Формирование файлов геометрии 3D-наблюдений и присвоение заголовков

Определение координат пунктов возбуждения и приема в ходе полевых работ выполнялось с помощью системы спутникового позиционирования (GPS). Значения реальных топографических координат и высот пунктов наблюдения фиксировались в SPS-файлах типа R (для пунктов приема (ПП)) и S (для пунктов возбуждения (ПВ)). Файл типа X (описание коммутаций приемной расстановки) автоматически записывался сейсмостанцией в процессе полевых наблюдений. SPS-файлы являются международным общепринятым стандартом описания геометрии полевых сейсморазведочных работ.

После ввода первичных записей с полевых картриджей в заголовки трасс вносились все необходимые для дальнейшей обработки параметры: условные топографические координаты ПВ и ПП, номера ПВ и ПП, номера бинов (Inline и Crossline), удаления, азимуты и т.п.

Корректирующая фильтрация исходных записей

Данный этап обработки включает набор следующих процедур (в порядке их применения):

1. Автоматическая и ручная редакция, гармонизация.

Используемый алгоритм автоматической редакции основан на определении отличий в среднем уровне и характере затухания амплитуд по времени, а также в форме амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) отдельной трассы от группы окружающих ее трасс. Если указанные отличия превышают задаваемые пользователем пороговые значения, такая трасса отбрасывается. Ручная редакция выполнялась в целях исключения брака, не выявленного по тем или иным причинам на этапе автоматической редакции.

Процедура гармонизации применялась для исключения из записи отдельных аномальных отсчетов типа «просечек».

2. Восстановление истинных амплитуд.

Для учета нормального затухания амплитуд, обусловленного сферическим расхождением волнового фронта, а также потерей энергии в результате поглощения в среде, использовался эмпирически подобранный экспоненциальный (по времени) закон восстановления амплитуд ($K = (e^{*0.0014})^T$, где K – коэффициент восстановления, T – текущее время). Начиная с времени 3200 мс коэффициент K оставался постоянным.

Для компенсации различий в среднем уровне записи, обусловленных неидентичностью поверхностных условий возбуждения и приема, по согласованию с супервайзером Заказчика, использовалась одноканальная нормализация в окне 600–2000 мс. Такой выбор окна обусловлен наличием в данном интервале достаточно выдержанных по динамике отражений от серии субгоризонтальных границ, которые можно использовать в качестве эталона для определения среднего уровня амплитуды на элементарных трассах. Вариант одноканальной нормализации, как правило, более устойчив в случае резких различий поверхностных условий, низкого соотношения сигнал/помеха и неодинакового набора удалений в бинах в пределах участка работ, а также проще реализуется, он и был выбран для использования.

В качестве альтернативы, наряду с указанными выше, применялся алгоритм автоматической регулировки амплитуд в переменном по времени окне с плавным увеличением его к концу записи (окно = 500 мс для $T = 0$ мс, окно = 1000 мс для $T = 3000$ мс и ниже) и сглаживанием рассчитанной функции восстановления. По существу, в этом

случае рассчитывается кривая затухания амплитуд для конкретной трассы, которая определяет закон восстановления только для этой трассы. Это позволяет избежать эффектов ослабления отражений, следующих непосредственно за высокоамплитудными отражениями от границ в верхних частях разреза, и в тоже время не допускает излишней регуляризации записи на временах, соответствующих целевым горизонтам, на которых важно сохранить динамические характеристики волнового поля. Такой вариант восстановления истинных амплитуд представляется нам вполне корректным по следующим причинам. Во-первых, на уровне целевых горизонтов используется достаточно широкое (около 1000 мс) окно регулировки амплитуд, которое не может нарушить динамические соотношения по временной оси в пределах исследуемого интервала разреза. Во-вторых, максимальное соотношение сигнал/помеха на суммотрассе ОГТ обеспечивается в случае одинакового среднего уровня сигнала на элементарных трассах, относящихся к данной ОГТ. Восстановление же амплитуд по единичному для всех трасс экспоненциальному закону с последующей нормализацией или компенсацией за условия ПВ и ПП (о которых сказано выше) по разным причинам не обеспечивает в полной мере выполнение данного условия. Такими причинами, возможно, являются отсутствие учета азимутально-зависимого изменения амплитуд, неточная компенсация сферического расхождения, обусловленная сложной сейсмогеологией, различная интенсивность случайного шума и субрегулярных помех на отдельных трассах. Следствием этого часто являются сквозная по оси времен сегментация линий и кросс-линий по динамике, или наличие локальных зон с аномально высокой или низкой интенсивностью записи, явно не связанных с сейсмогеологией.

Так или иначе, после применения указанного выше алгоритма, прослеживаемость горизонтов улучшается при отсутствии видимых искажений динамической картины как в целевом интервале с блоковым строением (2000–3000 мс), так и на уровне глубоких горизонтов (3500–4500 мс). По версии ПМ с применением автоматической регулировки усиления получен дополнительный вариант суммарного куба. На рис. 7. приведены фрагменты линий, выбранные из кубов, полученных с различными вариантами сохранения истинных амплитуд. При интерпретации специалисты Заказчика смогут сами установить, какой вариант предпочтительнее, поскольку все 3 варианта кубов им были переданы.

3. Деконволюция.

Как известно, деконволюция или обратная фильтрация выполняется с целью расширения спектрального состава преимущественно в высокочастотной области и, соответственно, повышения разрешенности записи. В данном случае использовалась нуль-фазовая деконволюция с настройкой оператора в скользящем окне шириной 800 мс. В целях оптимизации основного параметра – уровня отбеливания, определяющего степень «жесткости» процедуры, предварительно выполнялось тестирование указанного параметра на одной выбранной из куба линии с высоким соотношением сигнал/помеха в целевом интервале. Здесь важно подобрать оптимальный уровень отбеливания, поскольку при увеличении последнего амплитудный спектр все более выравнивается, однако разрешенность полезного сигнала уменьшается.

4. Полосовая корректирующая фильтрация.

Выше уже отмечалось, что сегмент комбина 10–90Гц, на наш взгляд, наряду с возможным положительным эффектом расширения



ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОНКОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ

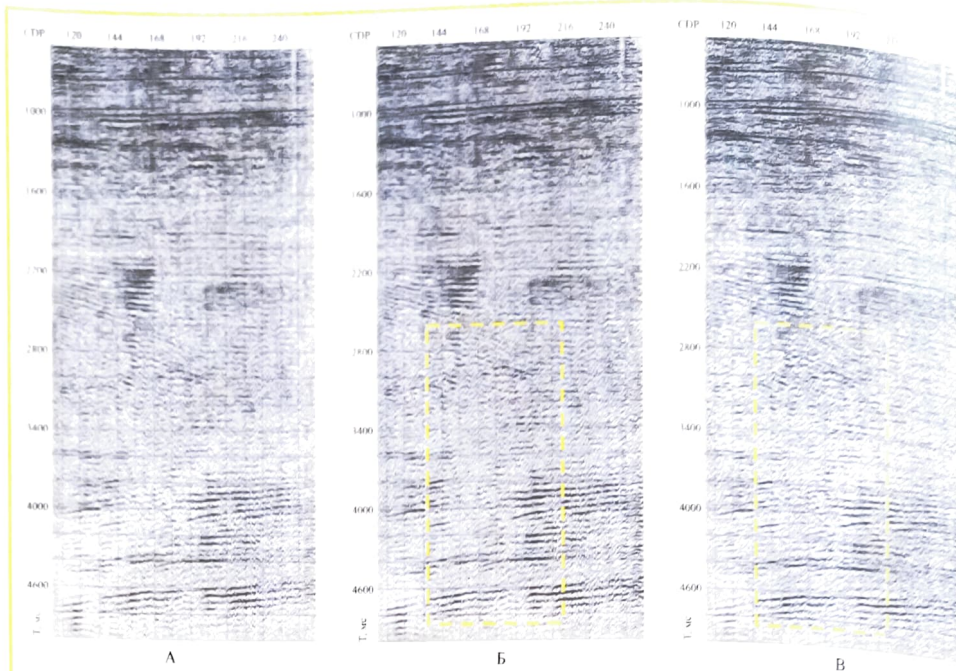
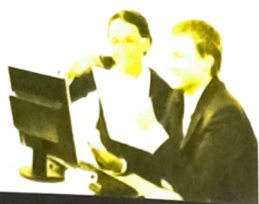


Рис. 7. Сопоставление различных вариантов восстановления истинных амплитуд (участок Целинный, inline 85): А - с компенсацией сферического расхождения, Б - с компенсацией сферического расхождения и неидентичности условий возбуждения и приема, В - с компенсацией сферического расхождения и одноканальной нормализацией

спектра обусловил появление достаточно интенсивных низкоскоростных, низкочастотных волн-помех поверхностного типа. Поэтому до деконволюции по согласованию с супервайзером Заказчика применялась полосовая фильтрация во внутреннем "конусе", ограниченном кажущейся скоростью приблизительно 350 м/с, в котором регистрировались интенсивные низкочастотные (6-14 Гц) помехи, связанные с поверхностными (волны Рэлея) и звуковыми волнами. Для их подавления использовался фильтр 16/20-80/90 Гц. Начиная со времени 3500 мс нижние границы фильтра в конусе изменены на 10/14 Гц в целях сохранения низкочастотных отражений на уровне 3500-4500 мс.

После деконволюции выполнялась двухоконная (по времени) полосовая фильтрация по всей записи в целом. В окне 0-3000 мс применялся фильтр 8/12-80/90 Гц, в окне 3500-5000 мс - фильтр 8/12-60/70 Гц. Параметры указанных выше процедур подбирались в оперативном режиме перед началом обработки и контролировались как визуально, так и с помощью соответствующих оценок качества. Все выбранные параметры были согласованы с представителем Заказчика.

Площадная коррекция кинематических поправок

Площадная коррекция кинематических поправок выполнялась в несколько этапов. Последовательность операций при этом выглядит следующим образом:

- 1) Получение суммарного куба с априорным скоростным законом
- 2) Выбор регулярной сети для задания процедуры скоростного анализа, реализующей одновременно получение вертикальных спектров Vort и фрагментов сечений куба с набором постоянных скоростей
- 3) Пикетирование скоростного закона в интерактивном режиме
- 4) Получение суммарного куба с откорректированным скоростным законом
- 5) Просмотр всего куба (на экране монитора) и сравнение контрольных сечений куба до и

после коррекции кинематических поправок

6) При обнаружении на каких-либо сечениях участков неуверенного прослеживания выполнялась операция дополнительной коррекции по той же регулярной сетке, в том числе в перпендикулярном в направлении и (или) по дополнительно заданной сетке участков скоростного анализа

Коррекция кинематических поправок выполняется несколько раз на различных этапах обработки:

1. предварительная (до коррекции статических поправок)
2. детальная, после автоматической коррекции статических поправок
3. детальная, после подавления среднескоростных волн-помех

Площадная коррекция статических поправок

Данная операция использовалась на разных этапах обработки - после первичной коррекции кинематических поправок, а также после подавления волн-помех и детального уточнения скоростного закона.

Для площадной коррекции статики применялась специализированная 3D-процедура, алгоритм которой схематично выглядит так:

1. в заданных временных окнах, включающих в себя несколько согласно залегающих границ, формируются (с учетом наклонов границ) пространственные эталоны;
 2. определяются сдвиги между эталонами и соответствующими трассами пространственных географов ОГТ;
 3. вычисленные сдвиги обрабатываются по определенному алгоритму и пересчитываются в статические поправки, которые распределяются по пунктам приема и возбуждения
- В нашем случае в качестве эталонного использовался интервал 450-1400 мс, включающий серию динамически выдержанных субгоризонтальных границ с хорошей прослеживаемостью.

Подавление волн-помех

Для подавления остаточного фона средне-

скоростных волн-помех, не ослабленных в достаточной степени приемными группами, применялась двумерная фильтрация в FK-области, основанная на различии кажущихся скоростей (V') между полезными отражениями и помехами. Необходимо отметить, что на исследуемой площади интенсивность таких помех невелика. По этой причине параметры FK-фильтрации выбирались достаточно мягкими.

Ослабление высокоскоростных кратных волн не выполнялось по причине их незначительного уровня, поскольку в верхней, как правило, наиболее часто генерирующей кратные отражения, части разреза отсутствуют акустически жесткие границы. К тому же процедура их вычитания, в основе которой лежит параболическое преобразование Радона (фильтрация в « τ - q ») может оказать нежелательное воздействие на динамические параметры волнового поля, которые в нашем случае необходимо сохранить.

Операции с кубом данных

Среди процедур, используемых для формирования куба суммарных временных разрезов, необходимо упомянуть следующие:

На завершающем этапе суммарный временной куб подвергается корректирующей фильтрации, включающей нуль-фазовую деконволюцию и полосовую фильтрацию, в целях дополнительного повышения разрешенности записи и коррекции частотного состава после применения всей совокупности процедур обработки.

Затем следует площадная миграция. При этом производится подбор скоростного закона миграции, для чего выполняется 3D-миграция с нормальным скоростным законом (осредненный по площади скоростной закон для суммирования по ОГТ) и с отклонением значений средних скоростей на $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ и т.д. от нормального. Затем определяются зоны наилучшего качества результата миграции, проявляющегося при той или иной средней скорости. В итоге формируется дифференцированный по площади скоростной закон, с которым вновь получается уже окончательный результат 3D-миграции. Считаем целесообразным отметить, что при выборе указанного закона желательно присутствие ведущих специалистов региона – геофизика и геолога. В нашем случае приходилось выполнять получение серии кубов, мигрированных с различными скоростными законами и переправлять их в Краснодарскую нефтегазовую экспедицию для

анализа, что неизбежно удлиняло сроки и трудоемкость обработки.

Наконец, заканчивая раздел обработки, отметим положительный эффект дает применение процедур чисто "косметического" характера, например, подавления нерегулярного шума, снимающие остаточный фон случайных помех и так называемые "улыбки миграции" в краевых зонах. Но и тут важно определиться с параметрами, чтобы не допускать чрезмерной регуляризации записи.

Оценка примененной методики

В соответствии с проектом, при обработке обоих участков была использована субрегулярная система типа «крест» с суммарной кратностью $N_{xy} = 6 \times 4 = 24$ В условиях рисовых чеков виброисточники можно было использовать только по дамбам шириной 4м и более. Для линий приема приемлемы и более мелкие плотины и дамбы, а также незаполненные водой чеки. Понятно, что система дамб отнюдь не образует регулярную сетку. Диапазон разброса расстояний между дамбами, использованными для возбуждения колебаний – от 250 до 800м, преобладает 600м. Для дамб, по которым разматывались приемные линии, разброс расстояний в пределах 250-550м при доминирующих расстояниях 350-400м. Естественно, что таком случае количество пунктов возбуждения колебаний для определенного приемного блока меняется в довольно широких пределах – от 24 до 72 с преобладанием 28-32. Соответственно меняются и удаления по осям X, Y, что легко видеть на круговой диаграмме, приведенной на рис. 8. По ним, кстати, видно, что реальные пространственные годографы ОГТ имеют эллипсоидальную форму с соотношением по осям $Y : X = 0,6$ для Целинного и 0,8 для Лиманного участка. Чтобы приблизить форму пространственного годографа к окружности, необходимо увеличить удаления по оси Y.

Один из путей достижения этого – увеличение количества приемных линий блока. В акте окончательной приемки совместной комиссией Заказчика и Исполнителя рекомендовано нарастить приемный блок до 8 линий. При этом, естественно, возрастет и суммарная кратность до $N_{xy} = 6 \times 8 = 48$, улучшится и прослеживаемость целевых горизонтов. Кроме того это приведет к снижению отработанных физических наблюдений на км², и соответственно стоимости работ.

Что касается источника возбуждения колеба-



ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОНКОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ

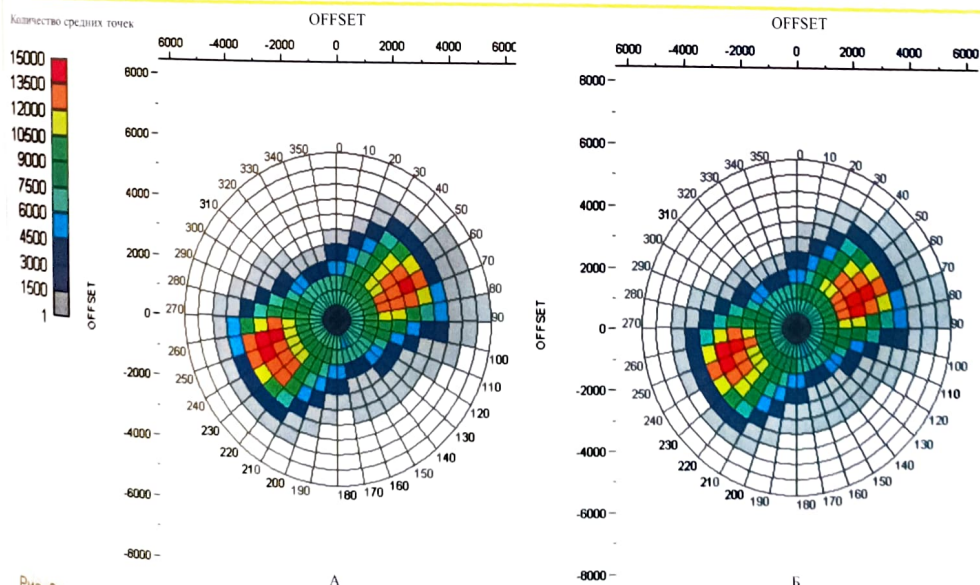
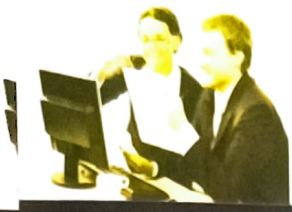


Рис. 8. Круговые диаграммы удалений (Целинный участок): А - проектная, Б - фактическая



ТОНКОСТИ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИИ

ний, то вибраторы типа СВ-27/ 150-362 вполне приемлемы и по техническим характеристикам, и по технологичности для выполнения работ в условиях рисовых чеков. Мы не сделаем никакого открытия, написав, что отработку желательно начинать как можно раньше и выборочно, отработывая в первую очередь проблемные линии или участки линий возбуждения, приуроченные, например, к плотинам или дамбам шириной менее 3,5 м, поскольку до заполнения чеков водой в большинстве случаев возможна отработка вдоль указанных плотин непосредственно по чекам. К сожалению, майские дожди не позволили начать в оптимальные сроки полевые работы, существенно осложнив тем самым их завершение, пришедшее на период заполнения чеков водой, что резко ограничило возможности замены проблемных линий возбуждения, особенно на Лиманном участке.

Выбранный на основании опытных работ комбинированный вибросигнал, состоящий из 3-х сегментов $\Delta F_1=10-90$ гц, $\Delta F_2=34-90$ гц, $\Delta F_3=43-90$ гц длительностью 16 сек каждый, с учетом деконволюции обеспечил получение спектра сейсмической записи до 80 гц. Вместе с тем, с одной стороны, первый сегмент обусловил появление на сейсмограммах на определенных удалениях от пункта возбуждения конуса низкочастотных, низкочастотных помех с $F_{max}=10$ гц, четко фиксируемых на амплитудно-частотных характеристиках, которые пришлось перед корректирующей фильтрацией ослаблять специально подобранным полосовым фильтром. С другой стороны, как уже отмечалось выше, различие амплитудно-частотных характеристик записей с комби-свином и ЛЧМ-свином 15-90 гц с переменной нагрузкой на грунт после деконволюции практически отсутствует. Зато дополнительные временные затраты на отработку одного пункта возбуждения (ПВ) для комби-свила 36-48 сек, т.е. в 1,5-2 раза выше, чем с ЛЧМ. Несложно подсчитать, что, например, для Целинного участка дополнительные затраты составили 36-48 x 3617 ПВ=130212-173616 сек или от 36,17 до 48,2 часов. При средней производительности 75 ПВ/12 часов это составит 225-300 ПВ. Но в любом случае приоритет выбора оптимального свипа принадлежит Заказчику. Тем не менее, хотелось посоветовать попробовать поднять начальную частоту первого сегмента до 12-14 гц, а верхнюю частоту всех сегментов увеличить до 120 гц при шаге дискретизации 1 мсек, поскольку нам представляется, что достигнутой частоты 80 гц не совсем достаточно для оптимального разделения отложений чокракского комплекса.

Что касается обработки, то апробированный для различных глубинных сейсмогеологических условий граф обработки материалов 3D, в который по предложению супервайзера Заказчика Васильева В.А. внесен ряд существенных дополнений, на наш взгляд, в целом способствовал получению качественного материала в интервале от кровли понтических до майкопских отложений, вполне пригодного для динамической и сейсмофациальной интерпретации на уровне целевого чокракского комплекса отложений по крайней мере для Целинного участка. Уместно подчеркнуть, что при отсутствии или недостаточном количестве на площади работ глубоких скважин, в которых изучались скоростные параметры среды, полезно выполнять несколько циклов площадной миграции с различными скоростными законами, чтобы иметь возможность выбора оптимального варианта. Собственно, так и делалось по обоим участкам, по каждому из которых выполнено 4-5 вариантов миграции. Нам представляется, что увеличение количества определенных процедур графа целесообразно заранее

оговаривать в геологическом задании

Заключение

Подводя итог, необходимо отметить, что впервые в условиях рисовых чеков была реализована субрегулярная система наблюдений с применением модулями, что позволило получить кондиционный материал для динамического и сейсмофациального анализа и трассирования серии тектонических нарушений и трассирующих комплекс караган-чокракских отложений. Последнее крайне важно для определения заложения разведочных скважин.

Итогом проделанной работы для нас как для исполнителей работы явились положительные отзывы представителей заказчика работ

" -все этапы сейсморазведочных работ проведенные ОАО «Саратовнефтегеофизика» начиная с проектирования и заканчивая обработкой и написанием текста отчета, выполнены на самом высоком уровне...."

" - в наших условиях регулярные системы помимо всего прочего являются и более экономичными, а причина приверженности исполнителей к неполноценным модификациям исполнителя. Регулярные системы требуют применения соответствующих систем регистрации, которыми некоторые исполнители не располагают...."

" - переобработка полевого сейсмического материала, полученного на Кочковато-Галицынской площади в 2001 году, показала, что первичная обработка оставляет желать лучшего. Причина понятна. Хорошая обработка должна длиться не менее полугода. У предыдущих исполнителей не было такого резерва машинного времени и он, делал только некоторый вариант экспресс-обработки. Повторная переобработка другим исполнителем не гарантирует хороший результат по той же причине. Кроме того, полноценная интерпретация невозможна без привлечения соответствующих процедур, которыми оснащены только серьезные обрабатывающие комплексы...."

" -в заключение надо выразить благодарность коллегам из Саратова не только за отличный сейсмический материал, но и за то, что их работа позволила выявить основные факторы, влияющие на качество сейсморазведочных работ в объединении...."

Рецензия на отчет «Проведение сейсморазведочных работ 3D на Южно-Варавенской площади» ведущего геофизика НПЗ Васильева В.А.

" -в 2004 г. ОАО «Саратовнефтегеофизика» выполнила по заказу ОАО «Роснефть-Краснодарнефтегаз» сейсмические исследования 3D на Южно-Варавенской площади, расположенной на участке рисовых чеков Кубани. Особенная значимость этого события заключается в том, что впервые сейсморазведочные работы 3D в условиях Краснодарского края были проведены на самом высоком современном уровне...."

" -использование ОАО «Саратовнефтегеофизика» современной телеметрической системы позволило реализовать в условиях рисовых чеков «квазирегулярные схемы наблюдения», уменьшить размер бина до 25x25 м и улучшить экономические показатели выполняемых работ на 40-50%...."

**Руководитель супервайзерской службы
ОАО «Роснефть-Краснодарнефтегаз», д.т.н.
Кострыгин Ю. П.**