

1 1-1-1-1 1-1-1-1 1-1-1-1 1 1 1 1 1 1 1
1-1 1 1-1 1-1-1-1 1-1 1 1-1 1-1-1 1-1-1
1 1-1-1-1 1 1 1 1-1 1-1-1-1 1-1-1 1-1-1
1 1 1-1-1 1-1-1-1 1-1 1-1-1 1-1-1 1-1-1
1 1 1-1 1 1 1-1 1-1 1-1-1 1-1 1 1 1-1
1 1 1 1-1 1-1 1-1 1 1 1-1-1 1-1 1 1 1
1-1 1 1-1 1-1-1-1 1 1 1-1 1-1-1 1-1 1-1
1-1 1-1-1-1 1 1 1 1-1 1 1 1-1 1 1-1
1-1-1-1 1 1 1-1 1

Анализ графиков, представленных на рис. 4, свидетельствует о том, что с ростом значений параметра p для дополнительных последовательностей, формируемых путём раздельной обработки импульсов с положительной и отрицательной полярностью, наблюдается заметное усиление боковых пульсаций главных максимумов ФВК, что в свою очередь обуславливает заметные изменения формы амплитудных спектров корреляционных импульсов.

Качественной динамикой корреляционных импульсов дополнительные последовательности, формируемые путём раздельной обработки импульсов с положительной и отрицательной полярностью, отличаются при $p \leq 0,12-0,16$, т.е. при условии если в частотном диапазоне развёртки 10 – 80 Гц амплитуда импульсов изменяется не более чем в 1,3–1,4 раза, или же в частотном диапазоне развёртки 10–30 Гц не более чем в 1,15 – 1,2 раза. Динамический диапазон корреляционного преобразования в этом случае составляет для указанных развёрток в интервале $\tau = 0,5 – 5,0$ с не менее 60 – 70 дБ.

При кодоимпульсном накоплении колебаний с использованием дополнительных последовательностей не следует также полностью исключать принципиальную возможность некоторого различия между амплитудами импульсов с положительной и отрицательной полярностью. Подобная модель амплитудной неидентичности импульсов в двухполярных развёртках будет в свою очередь приводить к некоторым искажениям корреляционных функций используемых сигналов.

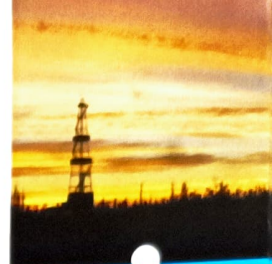
Так, на рис. 5 показаны главные максимумы ФВК дополнительных последовательностей, рассчитанные при различных соотношениях амплитуд импульсов с положительной (A_+) и отрицательной (A_-) полярностью. Из рис. 5 можно видеть, что даже при условии $(A_+)/ (A_-) = 0,7$ искажения главного максимума ФВК дополни-

тельной последовательности крайне незначительны. Однако в этом случае значения динамического диапазона корреляционного преобразования сигнала становятся существенно меньшими по сравнению с аналогичными значениями для эффективных однополярных кодов ЛИЧ и ЛИП, что исключает одно из основных преимуществ двухполярных дополнительных последовательностей.

Высокую эффективность применения дополнительных последовательностей можно обеспечить уже при условии $(A_+)/ (A_-) \geq 0,8$. В этом случае динамический диапазон $D(\tau)$ для дополнительных последовательностей на 10 – 26 дБ превышает аналогичные значения для эффективных однополярных последовательностей ЛИЧ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. При использовании скосов помехи преобразования кодоимпульсных сигналов ЛИЧ, так же, как и при огибании вибросейсмических сигналов, в большей степени ослабляются в ближней зоне ФВК на временах $\tau \leq 1$ с. Величина ослабления помех в этой области ФВК достигает 3 дБ при $t_{ск} = 0,1T$. Для наиболее эффективных кодов ЛИП огибание краевых частей импульсных последовательностей приводит к существенному увеличению эффективной длительности корреляционных импульсов и делает нецелесообразным использование скосов.
2. В результате совместного применения для наиболее эффективных кодоимпульсных сигналов ЛИЧ ($F_{max} = 80$ Гц) скосов и комбинированных развёрток ЛИЧ, состоящих из четырех сегментов, отличающихся друг от друга значениями F_{min} , динамический диапазон корреляционного преобразования при кодоимпульсном накоплении во временном окне $\tau = 0,5-4,0$ с достигает в среднем 58 дБ при $f_{вид} = 55$ Гц и 47 дБ при $f_{вид} = 35$ Гц.
3. Среднее значение динамического диапазона преобразования наиболее эффективных последовательностей ЛИП в интервале $\tau = 0,5-4,0$ с достигается в случае использования комбинированных сигналов, состоящих из четырех сегментов различной длительности, 54 дБ для значений $f_{вид} = 35$ Гц и 58 дБ для $f_{вид} = 55$ Гц. При использовании же



комбинированных сигналов, состоящих из восьми разверток ЛИП различной длительности, аналогичные средние значения динамического диапазона преобразования увеличиваются, соответственно, до 57,0 и 60 дБ.

4. Динамика корреляционных функций для наиболее эффективных кодоимпульсных сигналов ЛИЧ практически не искажается при амплитудной неидентичности импульсов в развертке, определяемой степенной функцией (2), при условии $p \leq 0,32$, т.е. при двукратном уменьшении амплитуды импульсов в частотном диапазоне 10-80 Гц. Вместе с тем, уменьшение амплитуды возбуждаемых импульсов по мере увеличения частоты следования приводит к снижению помехоустойчивости метода по отношению к некогерентным помехам. В качестве приемлемого компромисса при формулировании технического задания на излучатель, используемый для формирования кодоимпульсных сигналов ЛИЧ, следует, по-видимому, рассматривать амплитудную неидентичность импульсов в развертке, соответствующую значениям параметра $p \leq 0,16$. При $p = 0,16$ амплитуда импульсов в диапазоне частот от 10 до 80 Гц изменяется в $\approx 1,4$ раза.

5. Динамика корреляционных функций для наиболее эффективных кодоимпульсных сигналов ЛИП практически не искажается при амплитудной неидентичности импульсов в развертке, определяемой степенной функцией (2), при условии $p \leq 0,65$, т.е. при ≈ 2 -х кратном уменьшении амплитуды импульсов в частотном диапазоне 10 - 30 Гц. В качестве приемлемого требования к кодоимпульсному излучателю, используемому для формирования последовательностей ЛИП, следует, по-видимому, рассматривать амплитудную неидентичность импульсов в развертке, соответствующую значениям параметра $p \leq 0,32$. В этом случае помехоустойчивость метода, может снижаться не более, чем в 1,14 раза для $f_{вид} = 25 - 55$ Гц.

6. Дополнительные последовательности, формируемые путём раздельной обработки импульсов с положительной и отрицательной поляр-

ностью, отличаются качественной динамикой корреляционных импульсов при $p \leq 0,12-0,16$, т.е. при условии если в частотном диапазоне развертки 10 – 80 Гц амплитуда импульсов изменяется не более чем в 1,3- 1,4 раза, или же в частотном диапазоне развертки 10-30 Гц - не более чем в 1,15 – 1,2 раза. Динамический диапазон корреляционного преобразования в этом случае составляет для указанных разверток в интервале $\tau = 0,5 - 5,0$ с не менее 59,41 – 67,66 дБ

7. Для дополнительных последовательностей при соотношении амплитуд импульсов с положительной и отрицательной полярностью $(A+)/ (A_-) = 0.7$ искажения главного максимума ФВК крайне незначительны. Однако в этом случае значения динамического диапазона корреляционного преобразования сигнала становятся существенно меньшими по сравнению с аналогичными значениями для эффективных однополярных кодов ЛИЧ и ЛИП. Высокую эффективность применения дополнительных последовательностей можно обеспечить уже при условии $(A+)/ (A_-) = 0.8$. В этом случае динамический диапазон $D(\tau)$ для дополнительных последовательностей на 10 – 26 дБ превышает аналогичные значения для однополярных последовательностей ЛИЧ.

Литература

1. Варакин Л.Е., 1970, Теория сложных сигналов: М. Сов. Радио, 376 с..
2. Кострыгин Ю.П., 2002, Сейсморазведка на сложных сигналах. – Тверь: Издательство ГЕРС. – 416 с.
3. Лукашин Ю.П., Гродзянская Т.М., Пушкин А.Г., 1977, Способ сейсмической разведки: СССР, авт. св. № 545946.
4. Роман В.И., Шпортюк Г.А., Михайличенко О.Г., Королюк П.А., 1986, Перспективы применения дополнительных последовательностей импульсов в невзрывных методах сейсморазведки, ГСЗ и сейсмологии // Современные геодинамические процессы и их изучение в связи с проблемой прогноза землетрясений: Киев, Наукова думка, 22-26.

Рецензент Доктор технических наук, профессор В.В.Ивашин

К вопросу позиционирования пунктов наблюдения в сейсморазведке 3D, выполняемой в транзитных зонах

Захаров Н.В., Шумский Б.В., Рудаков А.В., ГНЦ ФГУГП «Южморгеология», г. Геленджик

При выполнении морских сейсмических исследований в условиях транзитных зон применяются донные приемные устройства, которые раскладываются с поверхности моря. Казалось бы, ровная поверхность моря – это идеальные условия для проведения производственных исследований с необходимой точностью выполнения наблюдений. Так, по-видимому, считают Заказчики работ, настаивая в процессе разработки Исполнителем проекта выполнения работ на включении в него жестких требований к позиционированию приемных устройств на дне водоема и обеспечению точного местоположения пунктов возбуждения. На этапе проектирования, когда неизвестны конкретные условия выполнения работ (скорость постоянного течения и приливо-отливных явлений моря, ветра и т. д.) это, вероятно, оправдано.

Несомненно, стремиться к соблюдению проектных условий сейсмической съемки необходимо постоянно, но, к сожалению, как показывает практика, не всегда возможно их выполнение.

В конкретных условиях, в зависимости от скорости ветра, волнения, глубины моря и силы течений для более точного расположения датчиков на дне водоема раскладка приемного устройства осуществляется с некоторым сдвигом (offset) от проектной линии, который постоянно подлежит корректировке в зависимости от времени суток. Это достаточно сложный процесс, который нелегко поддается учету. В связи с этим, положение датчиков на дне водоема в отдельных случаях не всегда укладывается в проектные условия, а положение пунктов взрыва бывает смещено в связи с неконтролируемым перемещением судна «взрыв-пункт» набегавшей волной.

Как правило, в полевой партии присутствует Супервайзер – представитель Заказчика, который руководствуется требованиями, изложенными в проекте.

Естественно, неоднократной перекладкой приемного устройства

и выполнения возбуждений можно добиться того, что проектные требования будут соблюдены. Но оправданы ли такие действия?

Известно, что условия местности при выполнении производственных сухопутных сейсмических исследований зачастую не позволяют проложить профили и выполнить возбуждения так, как предусмотрено в проекте дизайна съемки. В этих ситуациях происходит трансформирование проектных линии приема и взрыва к условиям местности с определенными допусками. Это распространенная практика при наземных исследованиях, которая никоим образом не является основанием для заключения о некондиционности их выполнения.

Фиксирование местоположения пунктов наблюдения и взрыва осуществляется при помощи спутниковой системы GPS. Следовательно, мы вправе по аналогии распространить на исследования, выполняемые в транзитных зонах, условия по расположению сейсмических пунктов наблюдения, принятые при выполнении наземных наблюдений. При выполнении исследований в транзитных зонах местоположения пунктов возбуждения также определяются с использованием спутниковой навигационной системы GPS, а сейсмоприемников на дне водоема после раскладки приемного устройства – при помощи акустического позиционирования или по первым вступлениям на зарегистрированных сейсмограммах. Несомненно, мы правомочны руководствоваться правилами наземной сейсморазведки, но остается открытым вопрос о допустимых пределах отклонений, которые можно позволить без перекладки приемного устройства.

Для того, чтобы оценить допустимые пределы отклонений сейсмических пунктов наблюдения, смоделируем схему линий пунктов приема (ЛПП) и линий пунктов взрыва (ЛПВ) съемки 3D в системе проектирования OMNI с параметрами, реализуемыми при выполнении производственного задания на Южно-Русском

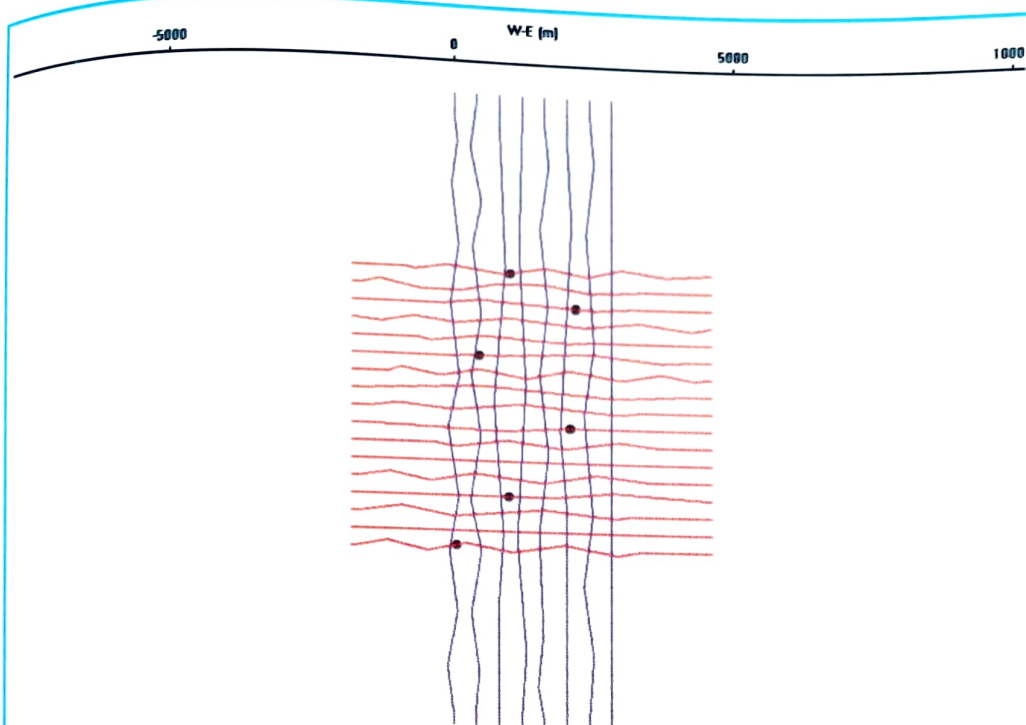


Рис. 1 Расположение ЛПП и ЛПВ и пропущенных ПВ в моделируемой съемке 3D

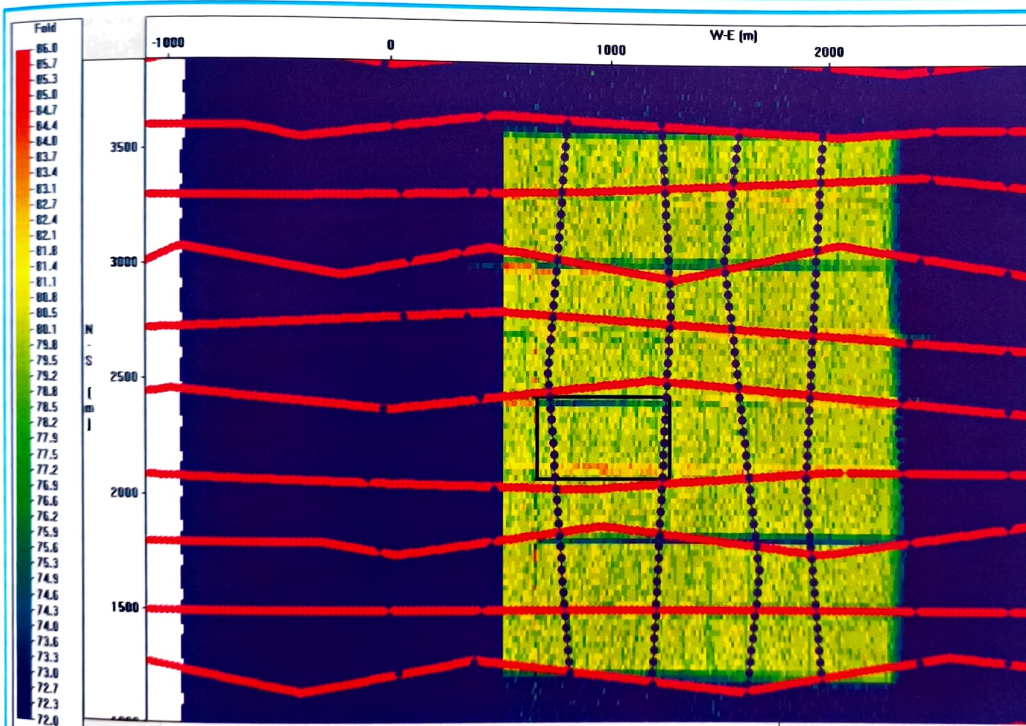


Рис. 2 Распределение кратности в пределах полной кратности съемки

лицензионном участке.

Схема профилей представляет собой «прямой крест» (рис.1). Расстояния между ЛПП - 400 м, шаг между пунктами приема (ПП) - 50 м. Расстояния между ЛПВ - 300 м, шаг между пунктами взрыва (ПВ) - 25 м. Шаблон состоит из 8 ЛПП (960 ПП) и одной ЛПВ (256 ПВ). Кратность про-

слеживания 80. Введены отклонения в ЛПП и ЛПВ до 80 м и черными точками отмечены места пропусков ПВ.

На рисунке 2 для этих условий в цветовой гамме показано распределение кратности прослеживания в пределах полной кратности съемки.

В связи с внесенными искажениями распределение кратности носит

ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА ТЕХНОЛОГИИ

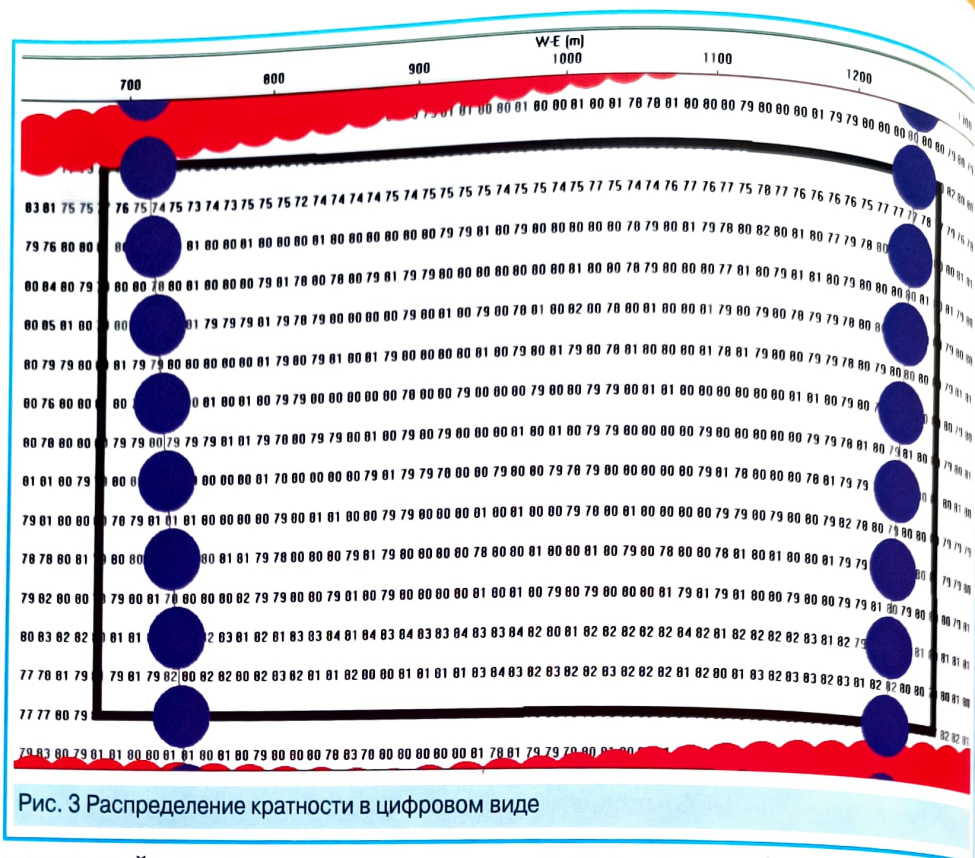


Рис. 3 Распределение кратности в цифровом виде

мозаичный характер.

На рисунке 3 иллюстрируются величины изменения кратности в цифровом виде в ячейке, отмеченной на рисунке 2 (черный квадрат).

Кратность прослеживания в области наиболее значительного изменения цветовой гаммы колеблется в диапазоне 72 – 86. Напомним, что во всех видах съемки 3D допускается снижение критерия кратности до 10% от номинальной величины, то есть в нашем случае кратность не должна быть менее 72.

На Южно-Русском лицензионном участке проектом работ установлены следующие критерии допусков:

- по местоположению ПП - 6 м вдоль ЛПП, 12 м – поперек;
- по местоположению ПВ - 1 м вдоль ЛПВ, 10 м – поперек.

Эти условия являются достаточно жесткими и при волнении моря, течениях, отливах и приливах их выполнить практически невозможно. Супервайзер, опираясь на проектные допуски, в случае их не соблюдения требует переустановки приемного устройства и повторения возбуждений, что резко снижает производительность работ и ставит под угрозу выполнение Геологического задания в короткий летний полевой период.

Несомненно, проектные критерии допуска по положению ПП и ПВ следу-

ет стремиться соблюдать, но они, как следует из рассмотренного анализа, не являются настолько актуальными, что их надлежит строго придерживать-ся.

Следовательно, проектный диапазон допусков необходимо корректировать в процессе выполнения производственных исследований применительно к конкретным условиям, допуская возможность снижения кратности не более чем на 10% от номинального значения.

Причем, совершенно очевидно, что допустимый диапазон смещений ПП и ПВ будет индивидуальным для каждого реализуемого дизайна съемки.

Предлагаемый принцип определения допустимого смещения координат ПП и ПВ позволит расширить проектные условия работ и резко повысить производительность сейсмических исследований без ущерба для качества получаемого материала.

Единственное, что здесь очень важно – это знать точное расположение датчиков на дне водоема и местоположения ПВ. Фиксирование координат ПВ при морских работах выполняется с использованием GPS и они всегда точно известны.

Координаты ПП, расположенных на дне водоема, можно вычислить как при помощи акустической системы, так и по первым вступлениям на сейсмограммах с использованием специа-

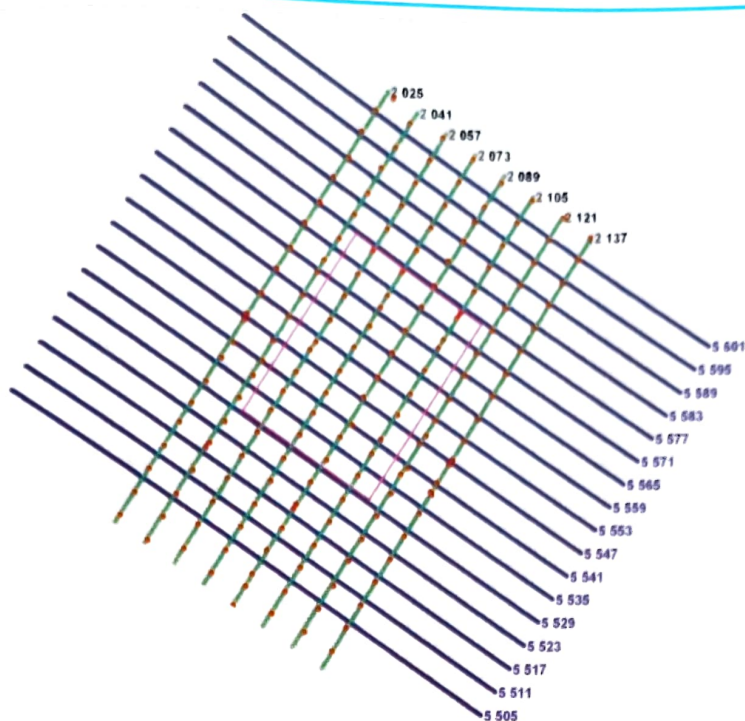


Рис. 4 Фрагмент проектного дизайна съемки 3D (синяя линия – ЛПВ, зеленая – ЛПП, фиолетовый контур – область полной кратности, красные точки – места крепления транспондеров)

лизированных программ.

Принцип определения положения датчиков на дне водоема при помощи акустической системы позиционирования и по первым вступлениям заключается в нижеследующем.

Акустическая система позиционирования. Данные исследования предусматривают расположение акустических систем (транспондеров) на кабеле приемного устройства с определенным шагом их крепления. Разложенное на дне водоема приемное устройство с транспондерами перед выполнением возбуждений подвергается исследованиям (пингуется) судном, специально предназначенным для выполнения этих работ. После сбора информации данные подвергаются обработке и только затем дается команда на выполнение возбуждений или перекладку приемного устройства. При этом позиционированию подвергаются только те ПП, на которых закреплены транспондеры. Положение ПП между транспондерами вычисляется при помощи интерполяции.

Пингировка на дне водоема приемного устройства, включающего 8 линий ПП при длине раскладки 6000 м, и обработка полученной информации занимает не менее 6 часов рабочего времени.

Вычисленные координаты ПП передаются в полевой вычислительный

центр для последующей обработки сейсмического материала.

Позиционирование по первым вступлениям. Эта процедура выполняется по первым вступлениям на исходных сейсмограммах по специально разработанной для этих целей программе, включенной в обрабатывающий пакет VISTA компании GEDCO (Канада).

Соответствующая программа позволяет выполнять при наземных сейсморазведочных наблюдениях 3D контроль точности установки ПП и ПВ, а при выполнении морских исследований по известным координатам ПВ позиционировать ПП, расположенные на дне водоема.

Обработка выполняется по мере поступления сейсмического материала в полевой обрабатывающий центр. Исходными значениями, которые вводятся в сейсмические записи, являются координаты сброса датчиков, зафиксированные в процессе раскладки приемного устройства и координаты выполненных ПВ. После обработки формируется файл с вычисленными координатами местоположения каждого приемного канала, который в последствии учитывается при получении конечного результата.

При выполнении производственных исследований на Южно-Русском лицензионном участке существует воз-

ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА ТЕХНОЛОГИИ

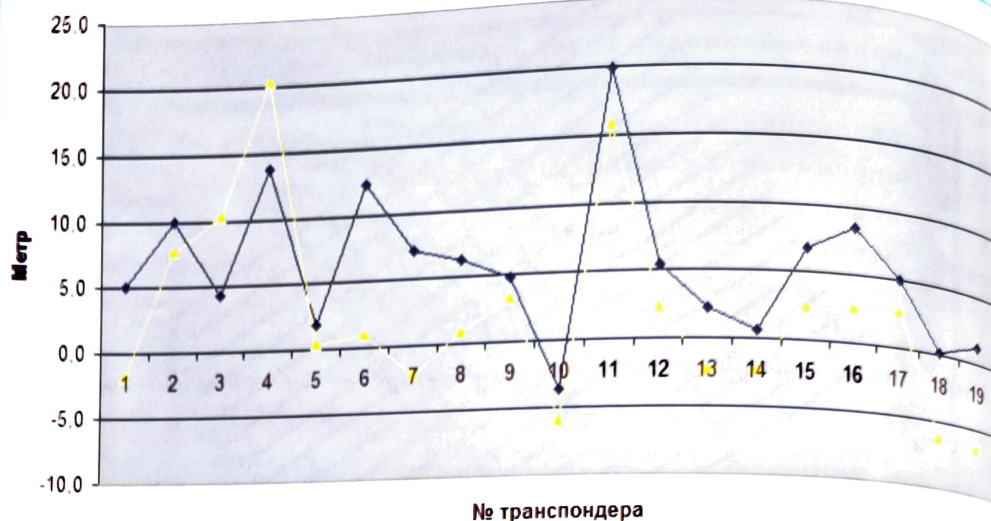


Рис. 5 Величины поперечного смещения при позиционировании акустической системой (желтый цвет графика) и по первым вступлениям (синий цвет графика)

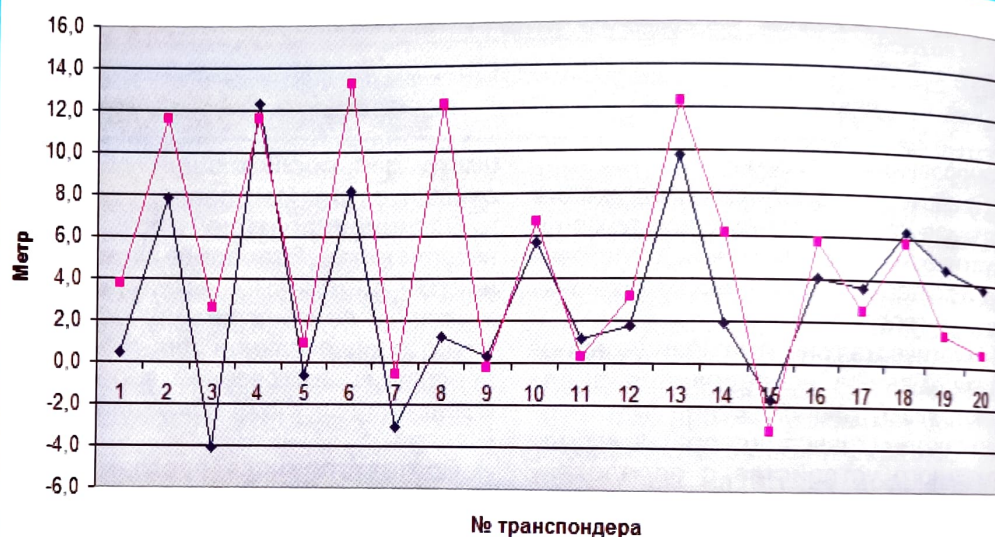


Рис. 6 Величины продольного смещения при позиционировании акустической системой (желтый цвет графика) и по первым вступлениям (синий цвет графика)

возможность оценки качества позиционирования датчиков на дне водоема обоими рассмотренными выше способами.

На рисунке 4 изображена проектная схема участка профилей ЛПП и ЛПВ, в точках которой выполнены наблюдения. Глубина моря 20 – 25 м. При укладке приемного устройства offset составлял 15 м. Крепление транспондеров к кабелю через 300 м.

Сопоставление результатов позиционирования (в точках крепления транспондеров) при помощи акустики и первым вступлениям отображены в графическом виде на рисунке 5 (поперечное направление) и рисунке 6 (продольное направление) на примере

профиля 2073.

Не сложно заметить, что графики отклонений после определения их позиционирования обоими способами, в принципе, имеют общую тенденцию поведения, но несколько различаются между собой.

При позиционировании акустическим методом основным параметром, влияющим на качество получаемого результата, является значение скорости звука в воде, которая, в свою очередь, зависит от ее температуры и солености. Так как измерения скорости выполняются на поверхности воды, то на глубинах 20 – 25 м она может отличаться от измеренной, в связи с чем, возможны некоторые неточности

в определении местоположения датчиков на дне водоема. Кроме того, положение акустической антенны, закрепленной под днищем судна, также подвержено колебаниям в связи с волнением моря.

В системе VISTA точность позиционирования зависит от качества первых вступлений на сейсмограммах. Если качество первых вступлений четкое, то возможно пикирование первых вступлений на всю длину их прослеживания. То есть, для одного канала решается система уравнений, количество которых равно кратности прослеживания.

С уменьшением интервала прослеживания первых вступлений сокращается количество уравнений. Какой интервал прослеживания допустим, чтобы избежать ошибок вычислений, пока остается открытым. В нашем примере интервал прослеживания был ограничен 1000 м по обе стороны от минимума годографа, что соответствовало решению 6 – 8 уравнений для определения местоположения каждого ПП.

Таким образом, в обоих способах расчета могут присутствовать ошибки вычислений, чем и объясняются их возможные отклонения в абсолютных величинах.

Качество позиционирования при помощи акустики и по первым вступлениям наиболее наглядно можно оценить по результатам обработки.

На рисунках 7 и 8 представлены временные разрезы в области полной кратности по направлениям X-Line (2273) и In-Line (5547), полученные с поведением ЛПП, вычисленным по координатам акустического позиционирования (А) и по первым вступлениям (В). Графы обработки идентич-

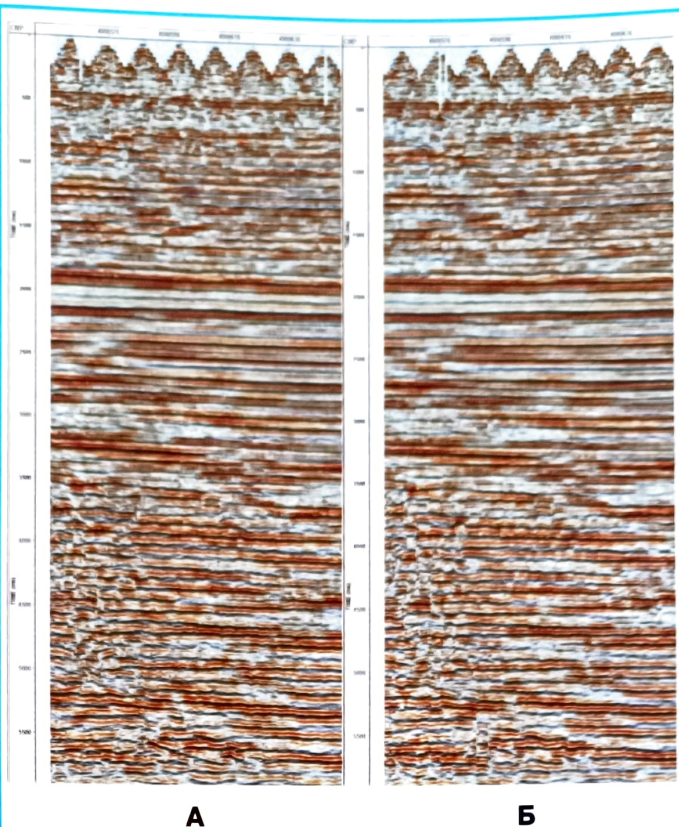


Рис.7 Сопоставление временных разрезов по линии X-Line (2273), полученных по результатам акустического позиционирования (А) и первым вступлениям (В)

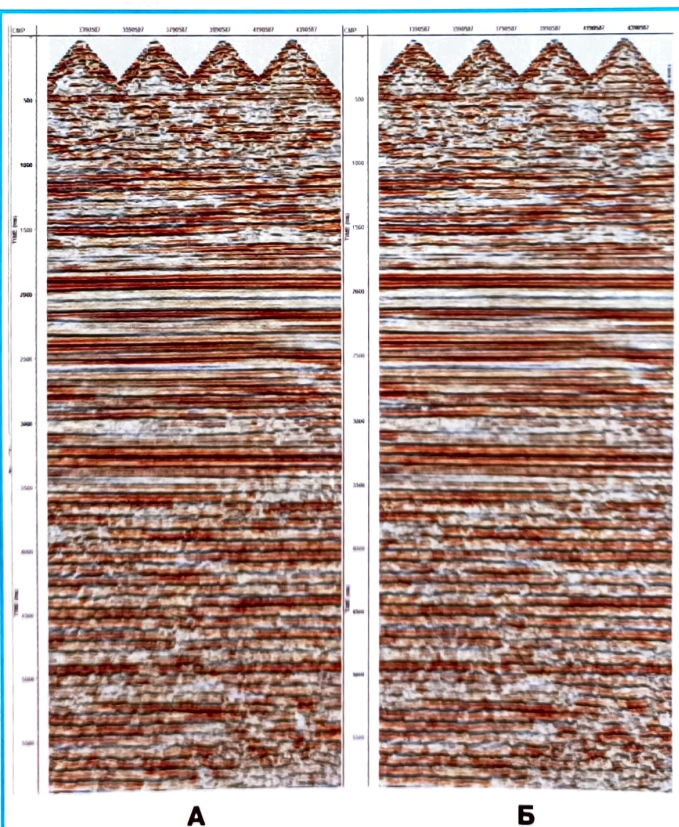


Рис.8 Сопоставление временных разрезов по линии In-Line (5547), полученных по результатам акустического позиционирования (А) и первым вступлениям (В)

ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ