

Заметки супервайзера. Ледовые страдания

Цыпышев Н.Н., ЗАО НПЦ «ГеоСейсКонтроль»

В конце марта 2005 г. самолётом АН-3 я прибыл на Ямал, где в тундре и на льду Обской губы сейсморазведочной партии предстояло выполнить работы МОГТ ЗД кратностью 28 (рис. 1).

Параметры методики наблюдений: шаг линий приёма 300 м, линий возбуждения – 400 м. Шаг ПП – 50 м, шаг ПВ – 100 м. Источник возбуждения импульсный «Геотон».

Работы начались по плану, с опытов в тундре по выбору параметров возбуждения

для отработки опытно-методического профиля 2Д, захватывающего участки тундры и акватории Обской губы. С выбранными параметрами источника (3 сцёпа по 6 источников на общей базе 50 м) с шагом ПВ 50 м этот профиль 2Д был отработан до акватории.

К тому времени были проведены исследования ледового покрова на губе по линии профиля, определены толщина льда и глубины (рис. 2, 3). На льду, в целях безопасно-

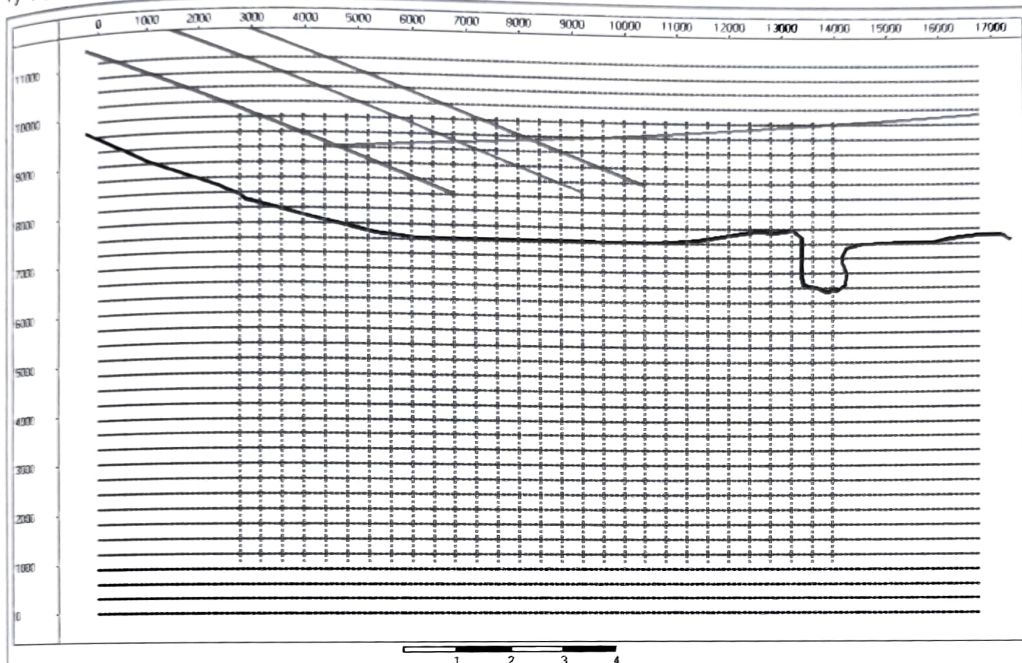


Рис. 1. Проектная схема расположения ПГН съемки ЗД с морскими профилями 2Д (изображение повернуто на -33 град.). Чёрным показана береговая линия

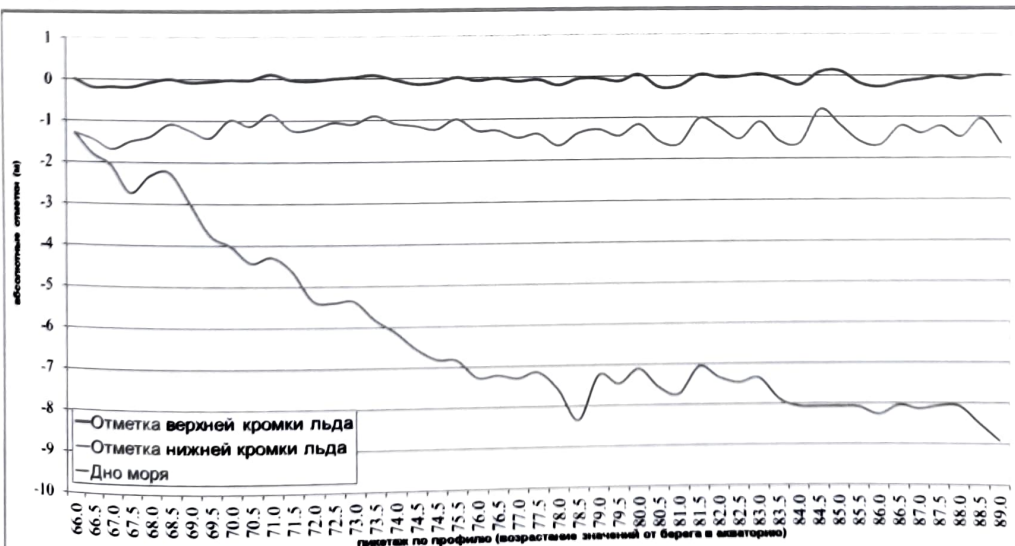


Рис. 2. Данные замеров в акватории по опытному профилю 2Д. Синяя линия - абсолютные отметки верхней поверхности льда. Красная линия - абсолютные отметки нижней поверхности льда. Чёрная линия - абсолютные отметки дна.

ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА
ЗАМЕТКИ СУПЕРВАЙЗЕРА

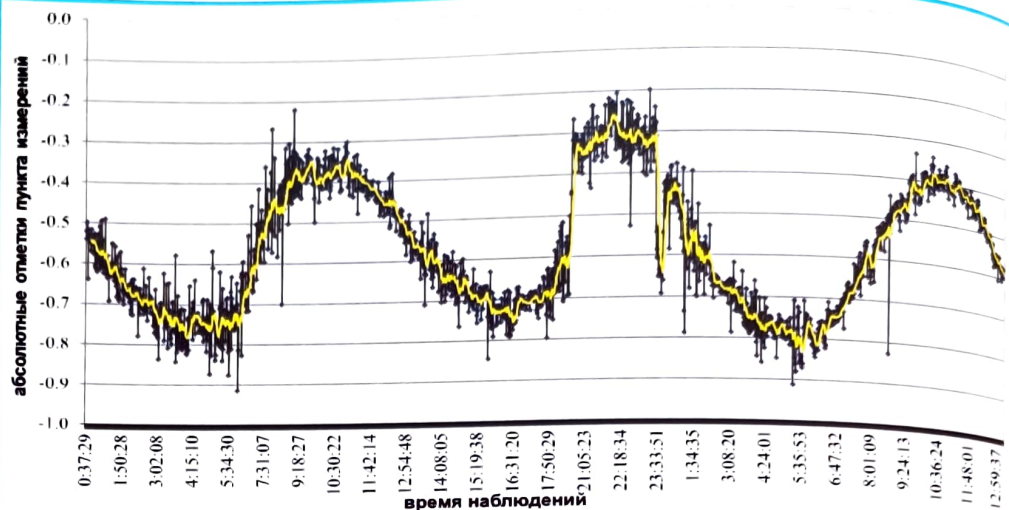


Рис.3. Полуторасуточный диапазон отметок колебаний «прилив-отлив» в Обской губе. Резкие скачки значений соответствуют интервалам отключения прибора (сбой эл./питания). Чёрная линия – фактические измерения. Жёлтая линия – тренд (APU в окне 10 последовательных измерений).

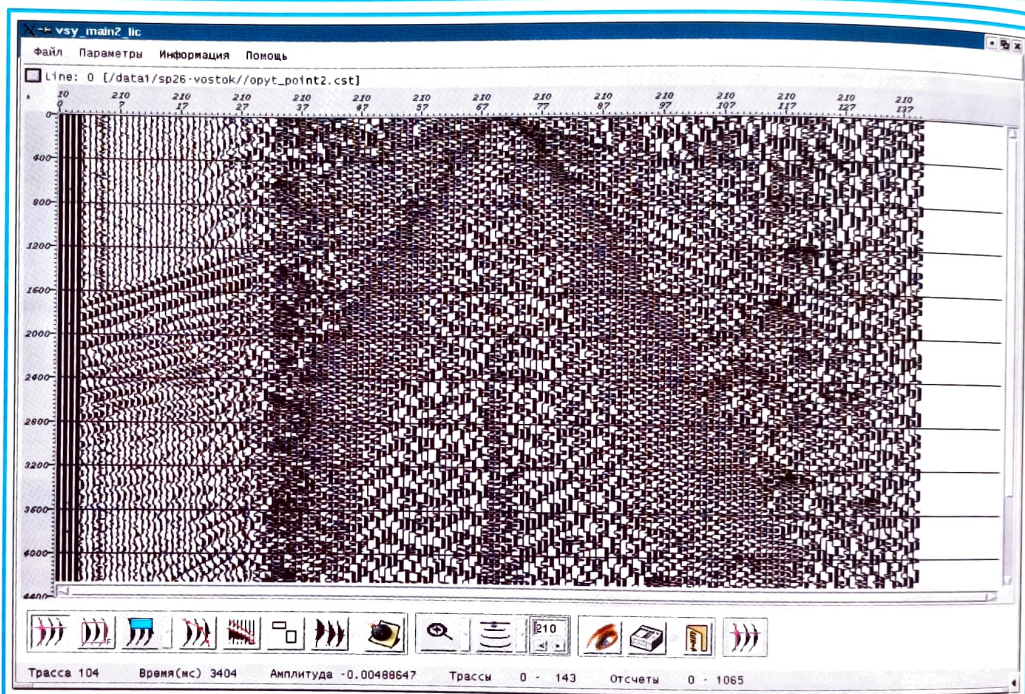


Рис.4. Волновое поле при возбуждении колебаний на льду

сти работ, начальником партии было запрещено сцепам передвигаться по непроверенной поверхности льда (более 25-ти м от линии профиля) и производить группой источников (числом не более 18-ти) более 15 накоплений на одном пикете. Для справки: общий вес сцепа – трактор, три пары Геотонов, сани с генератором - примерно 32 т, длина сцепа 21 м.

При таких ограничениях сравнение параметров на одном пикете провести невозможно, поэтому на ближайших к берегу пикетах был произведён перебор от ПВ к ПВ очень ограниченного набора групп из 18-ти источников с последующим статистическим

анализом записей (по вариантам линейного группирования на базе 50 м и базе 100 м). В итоге, для работы на льду, опять-таки волевым решением начальника партии, было рекомендовано группирование трёх сцепов из 18-ти источников на базе 100 м.

Уже на стадии опытных работ на льду выявилась громадное различие в информативности наблюдений в тундре и на льду губы (рис. 4).

Если до этого при возбуждении в тундре на сейсмических записях каналов, расположенных как в тундре, так и на льду отражённые волны во всем целевом интервале рассматривались хорошо или удовлетвори-

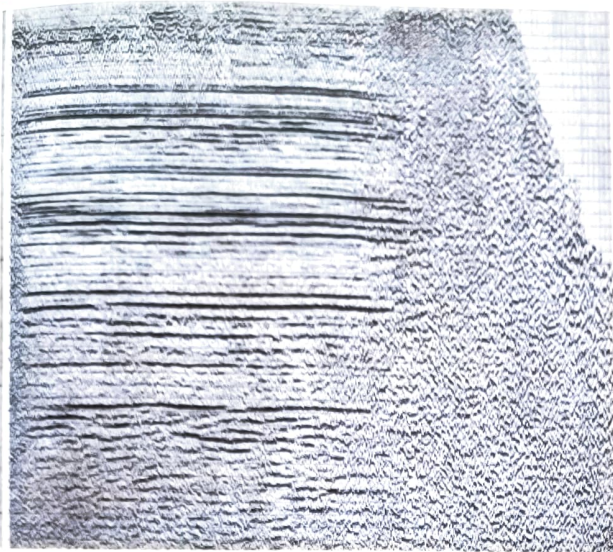


Рис. 5. Временной разрез МОГТ по опытному профилю 2Д (слева ЮЗ – тундра, справа СВ – море)



Рис. 6. Геотоны в тундре (переезд фронтом на следующий ПВ)

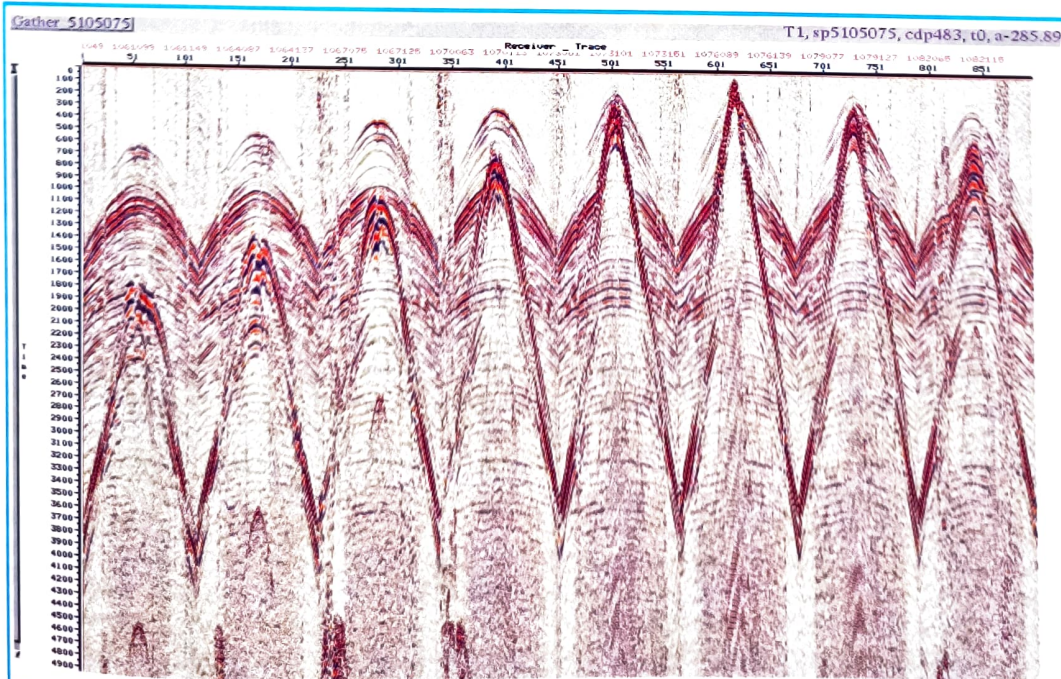


Рис. 7. Сейсмограмма 3Д. Возбуждение и приём на 8 линий в тундре. Хорошее качество записи

тельно, то при возбуждении и приеме колебаний на льду запись была неинформативна. И не только из-за случайных растрескиваний льда и шумов трактора и генератора, но и из-за полного визуального отсутствия отражений. Временной разрез на рис. 5 это наглядно демонстрирует. Данная ситуация встревожила «всю геофизическую общественность» как в поле, так и в «верхах». Всех обеспокоило: как решить геологические задачи «Проекта...», если на льду бессмысленно работать? Для себя поиск решения я пока отложил, поскольку ещё нужно было провести опытные работы по выбору параметров групп источников для отработки тундрового участка съёмки 3Д, да и саму съёмку начать.

Опытные работы 3Д были такие же основательные, как до этого перебор параметров невзрывного источника для профилирования 2Д в тундре. В итоге супервайзер предложил группирование 4-х сцепов по 3 пары источников на прямоугольной базе. Вдоль линии возбуждения трактора располагались и передвигались фронтом с интервалом между сцепами примерно 4 м – 5 м (тундровые условия позволяли

ЗАМЕТКИ СУПЕРВАЙЗЕРА
ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА

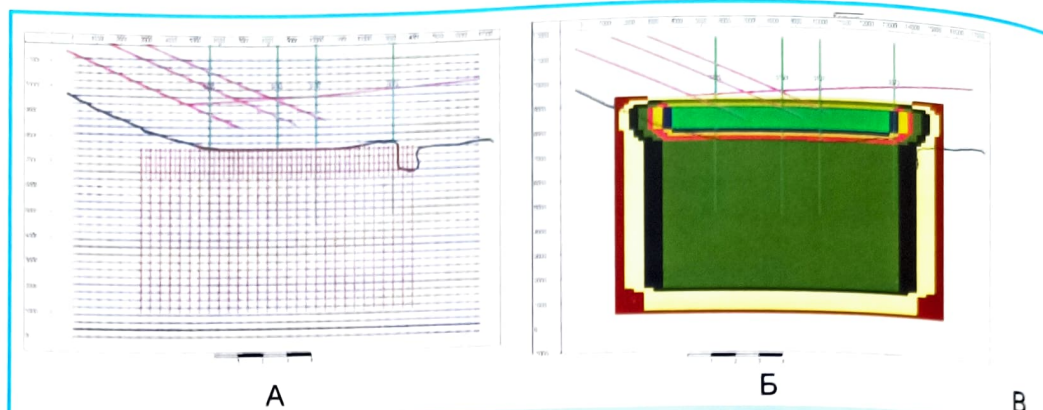


Рис.8. Схема проектного расположения ПГН в варианте работ 3Д-2Д «Берег»: А – схема расположения ПГН, Б – скатерограмма кратности, В – цветовая шкала кратности к рис. 8, Б

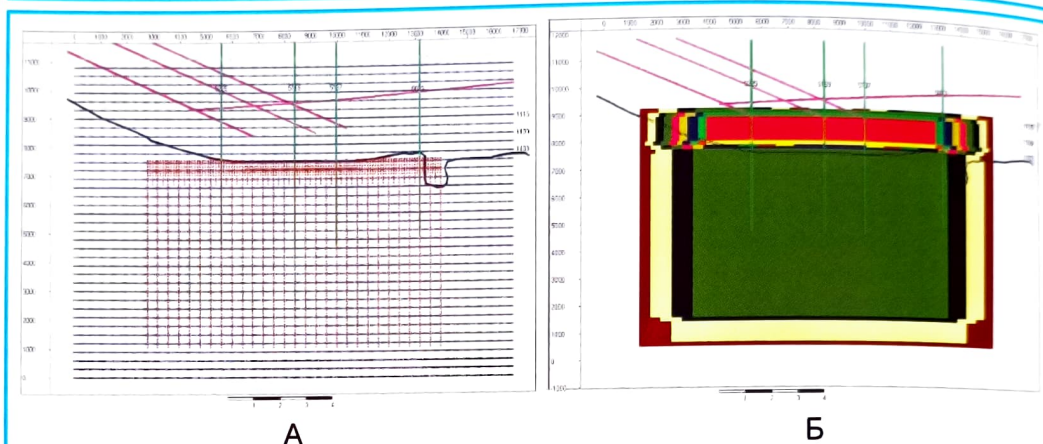


Рис.9. Схема проектного расположения ПГН в варианте работ 3Д-2Д «Берег-мод7». А – схема расположения ПГН, Б – скатерограмма кратности (цветовая шкала кратности приведена на рис. 8, В)

беспрепятственное движение таким образом). При этом продольная база источников составляла около 9 м. Поэтому на фото (рис. 6) вся эта «армада» выглядит плотно сгруппированной даже при передвижении.

Пример сейсмической записи 3Д в тундре представлен на рис. 7.

Во время работ в тундре специалистами Исполнителя и супервайзером разрабатывались различные варианты отработки расположенной на акватории губы части площади съёмки. Предложенный вариант специалистов заключался в замене объёмов 3Д на акватории на 2Д профилирование в объёме 7 профилей с целью увязки с морскими профилями 2Д. Вариант супервайзера состоял в продлении съёмки 3Д на акваторию линиями приёма на такое же максимальное удаление ПП от берега, как и в варианте 2Д.

В итоге был принят компромиссный вариант комплексной 3Д-2Д отработки площади «Берег» (рис. 7, 8). Он заключался: во-первых, в продлении съёмки с суши на акваторию путём возбуждения колебаний на дополнительных ПВ в прибрежной зоне тундры и регистрации сейсмической информации на 9-ти линиях приёма на льду

губы; во-вторых, в отработке 4-х профилей 2Д длиной линии приёма 9 км каждый для повышения гарантий увязки данных съёмки 3Д и морских работ 2Д. Возбуждение на каждом профиле 2Д планировалось на 3 км в тундровой его части, а регистрация как в тундре, так и на льду (6 км). Эта часть «модернизированной» съёмки 3Д получила название «7 блок».

Предшествующий ему 6 блок по заданию супервайзера вместо восьми также имел 9 линий приёма. При его отработке, когда были получены в значительной мере зашумлённые записи на трёх линиях приёма, расположенных на льду губы (рис. 11), со всей очевидностью возникла необходимость повышения кратности прослеживания отражений на акватории с одновременным уменьшением диапазона удалений «взрыв-прибор» за счёт завышенных максимальных удалений.

К моменту завершения 6-го блока такая модификация варианта «Берег» супервайзером была создана (рис. 9 – проект, рис. 10 – факт). Из-за отсутствия времени на согласование изменений с Заказчиком (конец недели, выходные дни) и по причине непринципиальности изменений супервай-

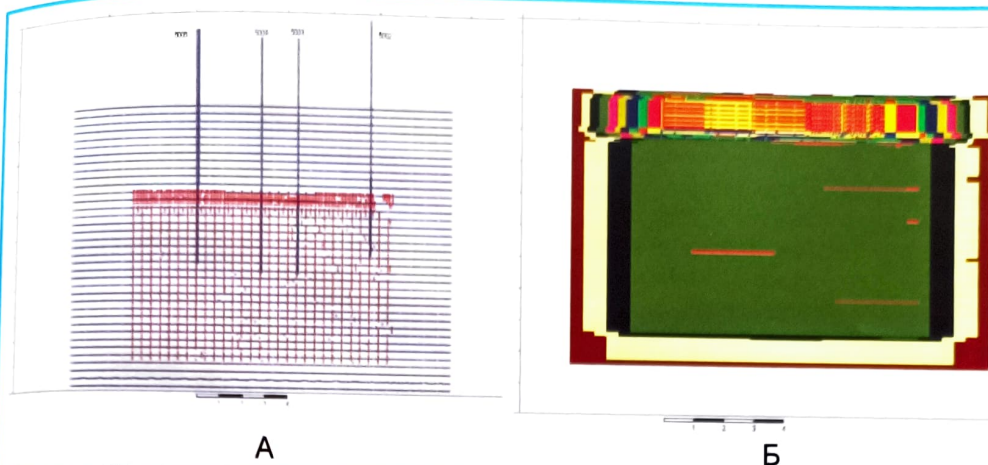


Рис. 10. Схема фактического расположения ПГН в варианте работ 3Д-2Д «Берег-мод7». А – схема расположения ПГН, Б – скатерограмма кратности (цветовая шкала кратности приведена на рис. 8, В)

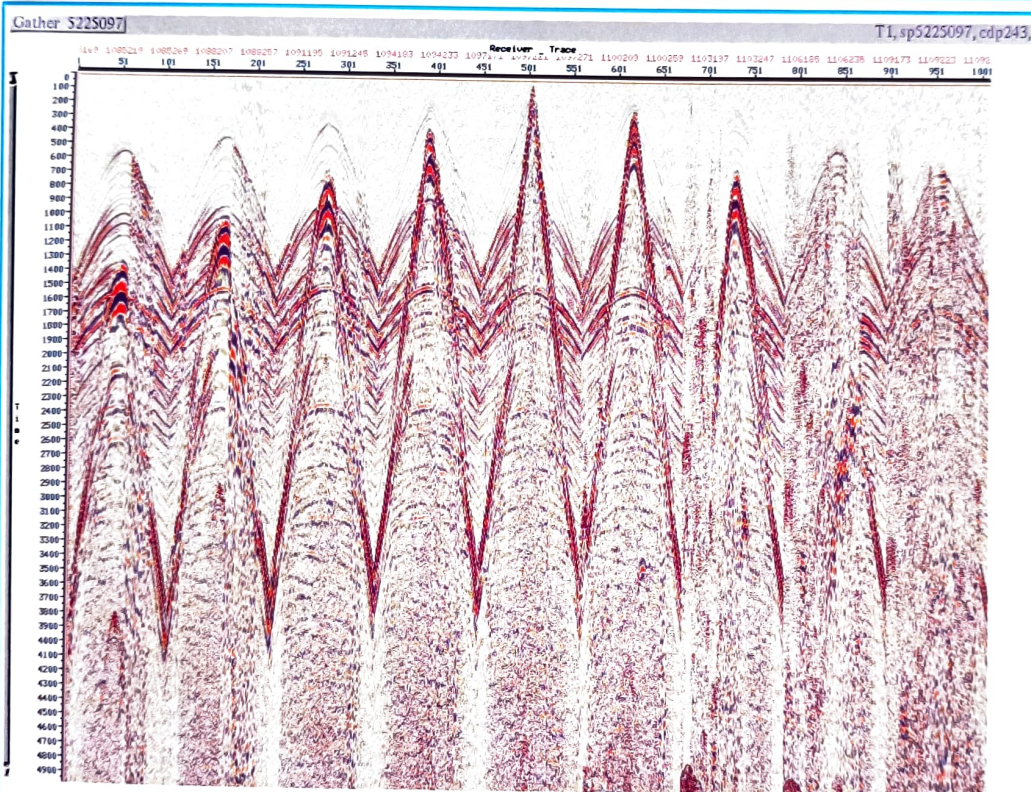


Рис. 11. Сейсмограмма 3Д. 6 блок. Возбуждение в тундре. Приём (6 линий) – тундра, (3 линии) – акватория (неудовлетворительное качество записи)

зер самостоятельно предложил руководству Исполнителя улучшить характеристики съёмки 3Д на льду за счёт отработки 7 блока в этой новой модификации «Берег-мод7».

Предложение в течение суток было рассмотрено, отвергнуто, а затем принято и в итоге реализовано.

На рис. 11 представлена схема фактического расположения ПГН и поле фактической кратности выполненной съёмки. На губе полная фактическая кратность (57-63 и более ед.) больше проектной (28 ед.) и на 7-8 ед. больше, чем планировавшаяся в вари-

анте «Берег».

Полярные по качеству волновые поля зарегистрированы на акватории (рис. 12 и 13). И здесь нужно сделать некоторое отступление. Ещё при отработке тундровых блоков съёмки супервайзером была отмечена повышенная зашумлённость записи морозобойными помехами на СЗ площади.

После долгих сопоставлений я пришёл к выводу, что эти помехи в какой-то мере являются «наведёнными» от расположенного за пределами площади в устье речки вах-

ЗАЧЕМ НЕФТЯНИКАМ ГЕОФИЗИКА
ЗАМЕТКИ СУПЕРВАЙЗЕРА

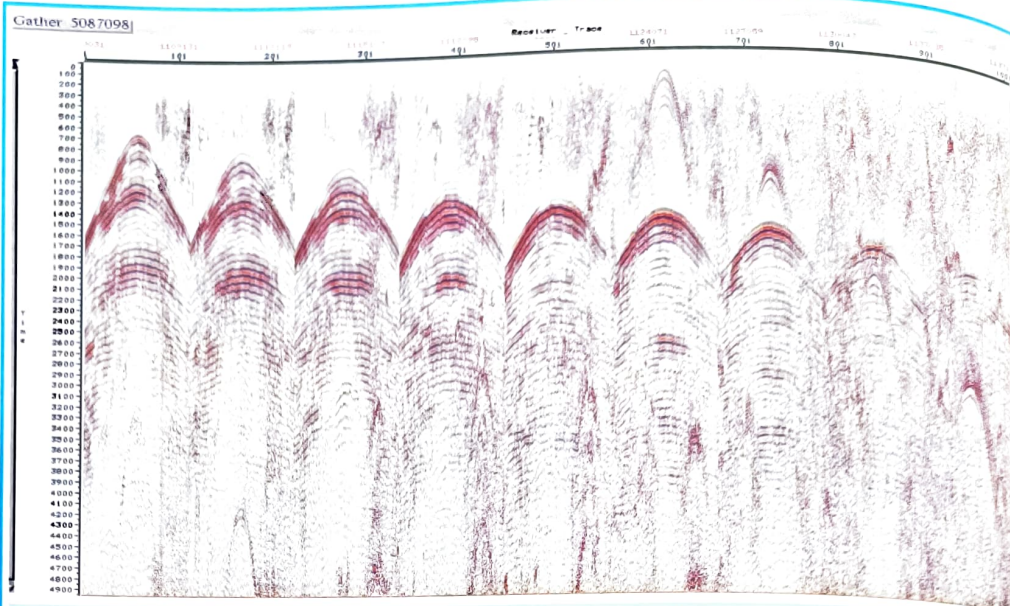


Рис. 12. Сейсмограмма 3Д. 7 блок. Возбуждение в тундре, приём на акватории на 9 линий. Хорошее качество записи на льду

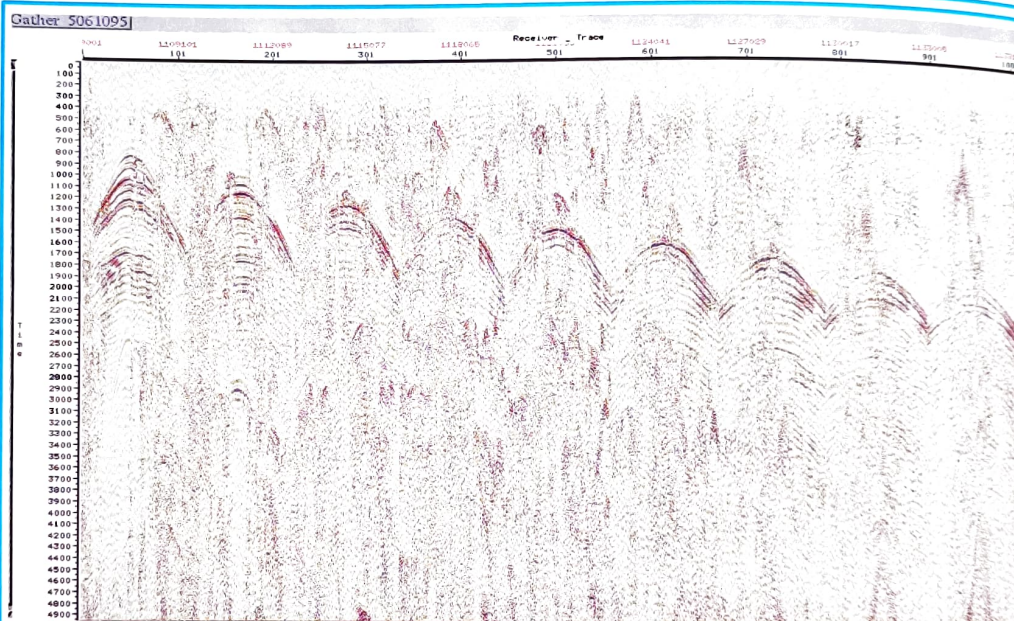


Рис. 13. Сейсмограмма 3Д. 7 блок. Возбуждение в тундре, приём на акватории на 9 линий. Треск льда. Брак.

тового посёлка. Предполагаю, его шумы, распространяясь по низкочастотным волновым – растеplениям, в том числе и по губе, и вызывают «морозобой» при низких температурах. Вот и на льду губы, при обработке 7 блока, это явление, возможно, имело место. Хотя в данном случае явно превалируют собственные помехи ледового покрова (во время прилива или отлива, при сильном морозе или нет – теперь уже практически не установить, а в то время я не удосужился зафиксировать – не предполагал, что эти данные когда-нибудь понадобятся).

Из-за особенности регистрации на льду губы оценка качества физ. наблюдений на 6 и 7 блоках не производилась, однако, в слу-

чае получения записи явно плохого качества операторы, ориентируясь на образец «хорошей» записи, производили наблюдения повторно (55 из 762 выполненных). В подавляющем большинстве случаев вторая запись была лучше первой.

На рис. 14 и 15 приведены временные разрезы inline и crossline из куба данных 3Д. На разрезе, соответствующем положению приёмной линии 1109 (касается юго-восточных концов двух морских профилей – рис. 10), ещё прослеживаются волны группы М, Б и последующие. Севернее, в области надёжной увязки с данными морских работ, волна М по материалам отчётной съёмки уже не будет прослежена. Увязка возможна

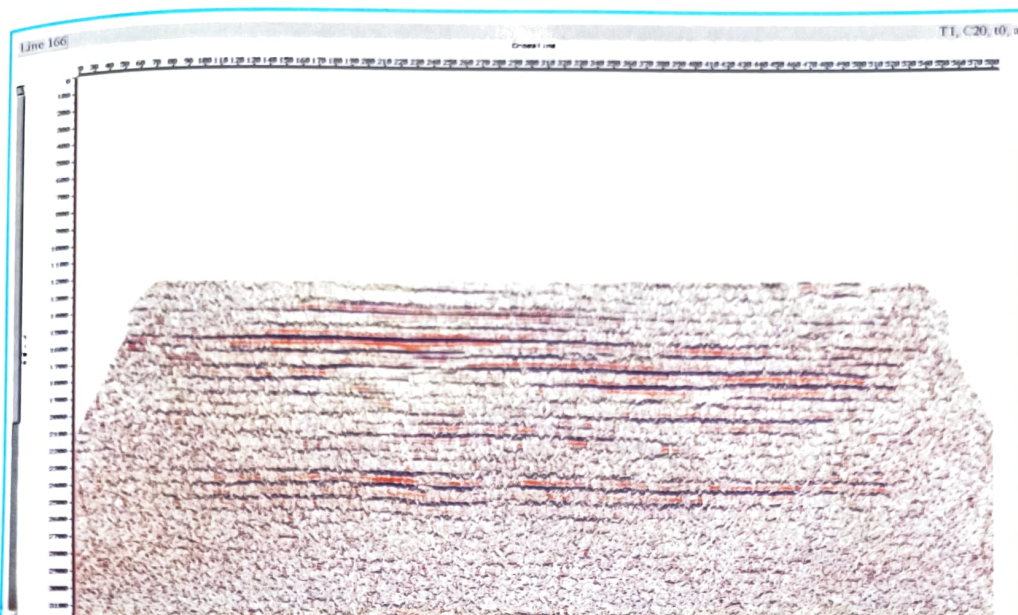
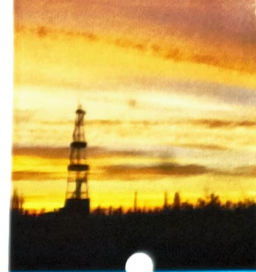


Рис. 14. Предварительный временной разрез 3D (inline) по уровню ЛПП 1109 (третья ЛПП от береговой линии на рис. 9 А, 10 А). Слева СЗ, справа ЮВ. Время регистрации волны Б – 2.3 с – 2.4 с.

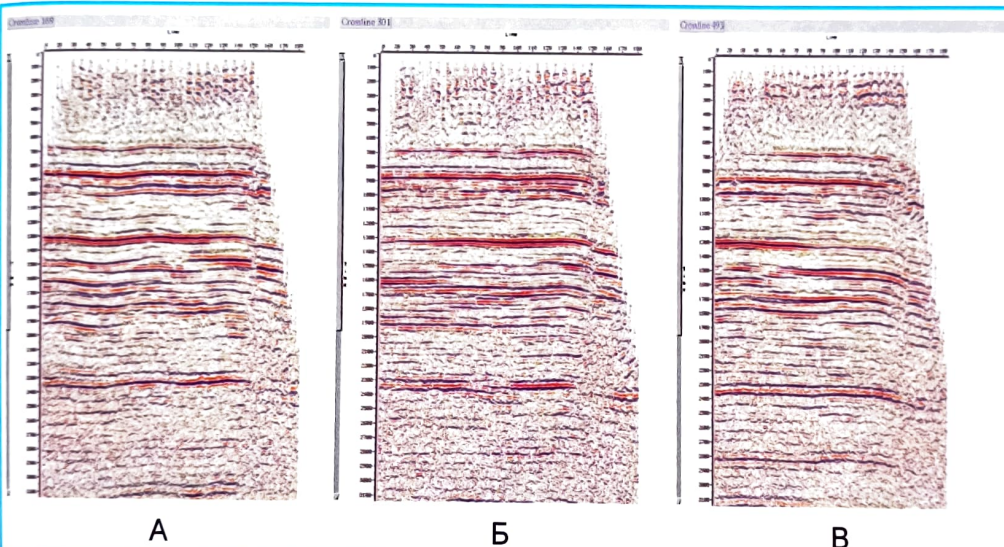


Рис. 15. Предварительные временные разрез 3D (crossline) - в северо-восточной части (справа) - аналоги временных разрезов по профилям 2Д 5005 (А), 5004 (Б), 5002 (В).

только по уровню отражений от нижнемеловых и более глубоких горизонтов.

Таким образом, проектные задачи состоявшимися работами не решены полностью из-за форс-мажорных обстоятельств, возникших из-за просчёта геофизиков-планировщиков: методики преодоления обширных ледовых пространств ещё нет, а работы уже планируются (и даже проводятся).

Анализ разрезов crossline, помимо сделанных выше выводов, позволяет ещё раз вернуться к теме зональности распространения морозобойных помех: на крайнем юго-восточном разрезе crossline (аналог профиля 2Д 5002) качество прослеживания отражений в целевом интервале исследования значительно выше, чем на линиях северо-западнее.

Такую же зависимость можно наблюдать и на временных разрезах 2Д (рис. 16). Самый информативный временной разрез по профилю 5002 (рис. 16, Г), самый худший в этом плане – разрез по линии 5005 (рис. 16, А). В своё время, уловив эту ситуацию с зональностью, супервайзер по согласованию с техническим руководителем партии на самом крайнем северо-западном профиле 2Д(5005) запланировал приём на льду на три линии (две дополнительные расположены на расстоянии ± 50 м от основной). Пикетаж на линиях был синхронный, без сдвигов. Полученный стандартным суммированием по ОСТ с использованием суммотрасс временной разрез 5005 (рис. 16, В), представленный на том же рисунке, по качеству прослеживания отражений в лучшую сторону

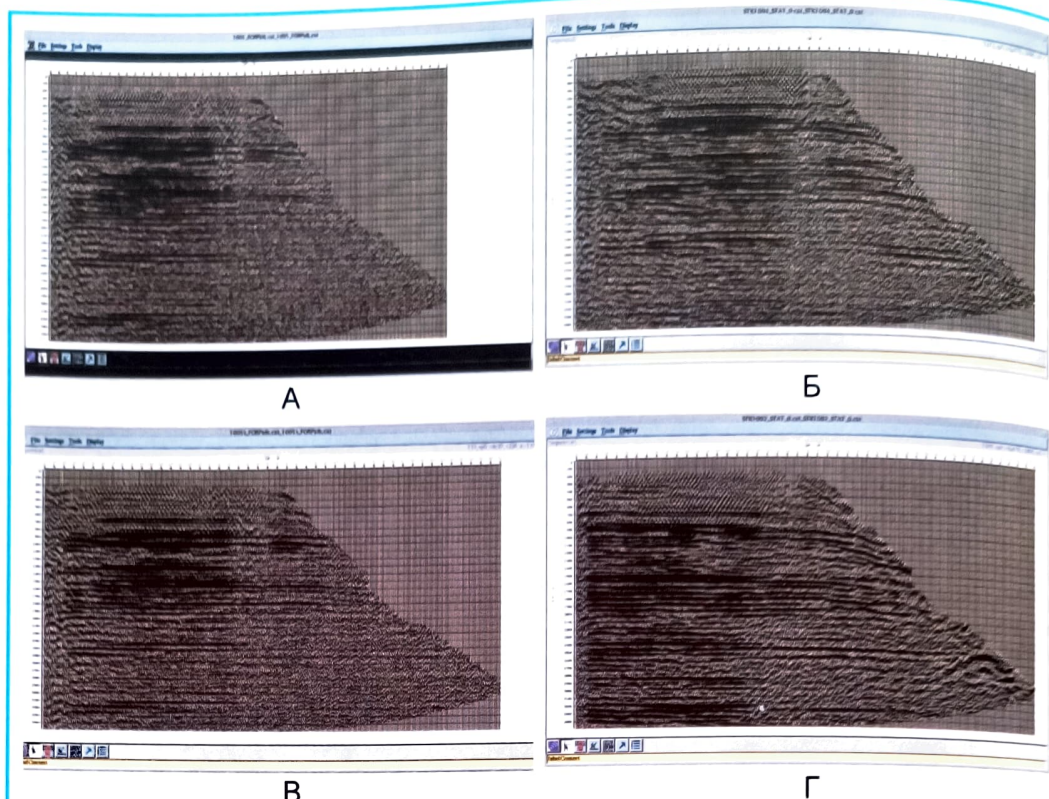


Рис. 16. Предварительные временные разрезы по профилям 2Д 5005 (А), 5004 (Б), 5002 (Г). Слева ЮЗ, справа СВ. Суммирование по ОСТ трасс с одной центральной линии приема. В - суммирование по ОСТ трасс с трех линий приема, профиль 5005 (на льду).

отличается от «стандартного» 5005 (рис. 16, А).

Таким образом, положительный результат площадного группирования сейсмоприёмников при ледовых работах, как средства борьбы с помехами, явно заслуживает внимания.

В заключение я счёл возможным изложить свои представления о сейсморазведочных работах на обширных ледовых пространствах, как они были сформулированы мною в то время.

Ледовая гластина – это высокоскоростной слой, перекрывающий низкоскоростную водную среду (аналог наземных излившихся траппов на осадочных породах), поэтому лишь малая доля возбуждаемой при ударе энергии идёт на формирование падающей продольной волны. В основном энергия уходит на образование прямой (ледовой) волны ($V_{\text{каж}} \approx 3000$ м/с). Поэтому и амплитуды регистрируемых отражений очень малы.

Тогда почему на реках и озёрах в системе возбуждения-приёма «лёд – лёд» полезная информация, хоть и слабая, но присутствует, а на губе её практически нет? Какие различия критичны?

Возможно это объясняется тем, что ледовые пространства на реках и озёрах и на Обской губе отличаются размерами. Ширина Оби в широтном Приобье, напри-

мер, около 0.8 – 1.2 км, и гластина льда имеет два припая. То есть это ещё довольно жёсткая система. Ширина губы 20 - 30 км и колеблющаяся под влиянием приливов-отливов ледовая («бесконечная») гластина не имеет достаточно жёсткого крепления к берегу.

А может быть просто потому, что во втором случае (на губе) из-за суточных колебаний льда имеет место более интенсивное образование трещин во льду и помех больше и они интенсивнее. Да ещё присутствует очень интенсивная низкоскоростная ($V_{\text{каж}} \approx 350-650$ м/с) высокочастотная (19-23 Гц) помеха техногенного характера, источником которой являются генератор и двигатель трактора. На их фоне слабые отражения и не просматриваются.

Таким образом, проблема применения сейсморазведки на льду – это, во-первых, проблема слабого сигнала (проблема высокоскоростного слоя, перекрывающего низкоскоростную среду), а, во-вторых, проблема подавления разнообразных помех (в поле и при обработке).

Надеюсь, что с повышением потребности в разведке арктического шельфа эти проблемы начнут решаться.

А вывод из произошедшего в сезоне казуса у меня как всегда один: «сложные производственные проблемы проще всего решать методическим путем».