

Высокопроизводительные и высокоплотные работы с импульсными источниками в Республике Коми

- Ошкин А. Н., Турчков А. М., Гладилов Д. В., ООО «Соника», г. Москва
- Мосягин Е.В., АО «СНИИГГиМС», г. Новосибирск

Показаны перспективы и преимущества высокопроизводительных работ 3D с импульсными источниками с малым шагом возбуждения. Несмотря на высокий уровень регулярных и случайных помех на исходных записях, полученных без традиционного накапливания, высокая плотность трасс позволяет получить более достоверные и детальные изображения геологической среды, чем при стандартных подходах. Выполненные работы 3D и последующий анализ полученных данных подтвердили высокий методический и экономический потенциал использованной технологии, а также практическую ценность данной технологии в условиях северо-восточной части Европейской платформы, где сезон сейсморазведочных исследований ограничен 4-5 зимними месяцами.

Преимущества высокой плотности сейсмических наблюдений 3D

Традиционно в сейсморазведке МОГТ вертикальная разрешённость сейсмических данных рассматривалась без всякой связи с их горизонтальной разрешённостью. Однако модельные исследования А.Берхаута [1] и практические исследования М.Егана [2] показали, что вертикальная и горизонтальная разрешённость взаимосвязаны и не могут рассматриваться независимо: улучшение временной разрешённости влечёт за собой улучшение пространственной разрешённости, а улучшение пространственной разрешённости влечёт за собой улучшение временной разрешённости.

Таким образом, высокоразрешающая сейсморазведка не может быть эффективной только за счёт возбуждения и регистрации широкополосного сигнала, если плотность наблюдений недостаточна. В зависимости от поверхностных условий и наличия разного рода препятствий на площади работ, акцент может быть сделан либо на плотность пунктов возбуждения, либо на плотность пунктов приема, но только результирующая плотность трасс имеет значение. Внима-

ние, традиционно уделявшееся высокой мощности излучаемого сигнала за счет накапливания воздействий на каждой точке возбуждения, целесообразно перенести на плотность наблюдений 3D. Кроме того, для сохранения высоких частот записи требуется повышенная точность определения координат пунктов возбуждения и приема.

Особенности проведения полевых работ

В первом квартале 2022 г. компанией ООО «Соника» были выполнены работы МОГТ 3D по технологии сверхплотной съемки в восточной части Печорской низменности, на территории Интинского района Республики Коми. Местность в районе работ представляет собой пологохолмистую равнину, заболоченную и изрезанную многочисленными реками и ручьями. Абсолютные отметки рельефа от 45 до 160 м над уровнем моря. Растительность типична для зоны тайги, подзоны крайнесеверной тайги и представлена еловыми (преимущественно), елово-березовыми и березовыми лесами. В поймах рек и на заболоченных междуречьях, на вырубках и гарях произрастают производные березовые леса.



Рис. 1.
Гусеничный
тягач и сцепка
из двух
импульсных
источников
«Енисей
СЭМ-100».

В работах [4] и [5] был продемонстрирован кумулятивный эффект от множества распределенных слабых ПВ, позволяющий получить качество результирующих разрезов как минимум не хуже, чем от более мощных ПВ, но с более редким шагом, поэтому сейсмическая съемка выполнялась с использованием группы из двух импульсных электромагнитных источников Енисей СЭМ-100 (Рис. 1). Ради поддержания высокой производительности фактический шаг между ПВ по линиям возбуждения был плавающим и колебался от 4 до 7 м в зависимости от поверхностных условий. Для дальнейшей обработки поддержание постоянного интервала между ПВ не требуется при условии определения координат фактически отработанных точек возбуждения с достаточной точностью. Регистрация осуществлялась телеметрической системой сбора сейсмических данных Sercel 508XT. Группы из 12 сейсмоприемников устанавливались в точку.

Контроль качества данных выполнялся путем отслеживания стабильности работы применяемого оборудования, а также по результатам полевой экспресс-обработки сейсмических данных. По завершению сейсмической съемки была также выполнена более глубокая обра-

ботка данных на удаленном ВЦ, продемонстрировавшая уверенное выделение геологических объектов в целевом интервале глубин.

Методика и объем работ МОГТ 3D

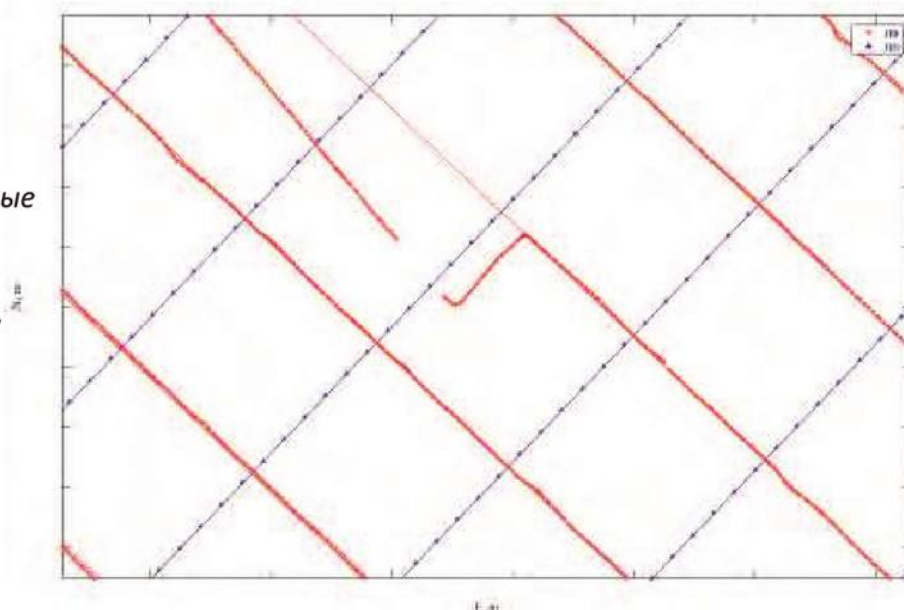
Изначально проект работ был рассчитан на возбуждение взрывами, что наложило свой отпечаток на фактические работы. Расстояния как между линиями возбуждения, так и между линиями приема составили 300 м. Расстояния между ПП равны 50 м, расстояния между ПВ по изначальному проекту предполагались равными 50 м.

Всего работы МОГТ 3D предусматривали 5807 ПП по линиям приема общей протяженностью 290 пог. км и 5856 ПВ по линиям возбуждения общей протяженностью 293 пог.км.

Площадь отрабатывалась с использованием центрально-симметричной системы наблюдений типа «крест», с активной расстановкой из 1680 каналов.

Возбуждение выполнялось одиночными воздействиями по линиям возбуждения с плавающим шагом 4-7 м (в среднем 5-6 м). При невозможности выполнить возбуждение на запроектированной ЛП из-за препятствий (рельеф, ручьи), отстрел выполнялся по любой удобной

► Рис. 2. Положения проектных линий (прямые линии) и фактических координат ПВ (красные точки) и ПП (синие точки). В средней части рисунка видно, как импульсная группа объезжала препятствие.



траектории, огибающей препятствие (Рис. 2).

Регистрация координат ПВ производилась по фактическому срабатыванию источника, расположенного на заданной линии возбуждения, с помощью установленного на тягач комплекта GNSS-оборудования, работающего в режиме RTK. Синхронизация времени срабатывания источника выполнялась по радиоканалу с помощью системы синхронизации «SGD-SE» и контроллера «SGD-SP v.10». По ходу работы координаты непрерывно транслировались на бортовой планшет, в котором формировалась база данных о местонахождении источника (время, координаты, курс, скорость, точность, режим работы и т.д.), а также на экран оператору тягача выводилась карта участка работ с текущим местоположением. При потере точности определения координат на экран бульдозеристу выводилось предупреждающее сообщение, и водитель прекращал движение до исправления проблемы. Такой подход позволил обеспечить стабильно высокую точность позиционирования ПВ.

Можно сопоставить скорость выполнения работ со скоростью классической

съемки, предполагая, что интервал возбуждения, равный 50 м, вне зависимости от числа фактических физнаблюдений на этом интервале, эквивалентен 1 ф.н. классической съемки. В таком случае за 35 дней (включая дни простоя) было выполнено 5756 ф.н. (287,8 пог. км) в пересчете на классическую схему регистрации. Учитывая 12 дней простоя по различным причинам, средняя скорость съемки в пересчете на классическую схему регистрации, составила 250 ф.н. (12,5 пог. км) при заложенных в проекте 200 ф.н. в день. Абсолютным рекордом было выполнение 552 ф.н. (27,6 пог. км) за сутки в пересчете на классическую схему регистрации. Сильное различие максимального и среднего дневного объема съемки связано с погодными условиями – часто съемка выполнялась в короткие безветренные окна, что дополнительно снижало время непосредственно регистрации.

При этом технология высокоплотных работ имеет потенциал к существенному увеличению производительности съемки. При описываемых работах время записи составляло 4 с, а время заряда конденсаторов источника достигало 8-10

с, что в свою очередь значит, что 50-60% полевого времени тратилось на ожидание готовности источника.

Контроль параметров полевого оборудования

Особенности выполнения работ – в первую очередь малая энергия одиночного ПВ и связанное с этим низкое значение отношения сигнал/шум, а также очень высокая плотность данных, затрудняющих обработку на перевозимых непосредственно в поле компьютерах – делали невозможным классический подход к контролю качества данных, во главу угла ставящий соотношение сигнал/шум для каждого ПВ. При полевой съемке упор делался на контроль параметров полевого оборудования и прослеживаемость целевых горизонтов на предварительных временных разрезах [3].

Перед началом проведения полевых работ все оборудование в тестовом рабочем режиме прошло проверку на исправность и работоспособность, а также, на соответствие требованиям проведения сейсморазведочных работ. Все имеющиеся группы сейсмоприемников прошли тестирование. Проверялись такие параметры, как собственная частота, сопротивление катушки преобразователя, степень затухания, коэффициент нелинейных искажений и полярность по стандарту SEG. Контроль за тестированием сейсмоприемника находился в зоне ответственности Заказчика. Контроль приемной расстановки выполнялся ежедневно на предмет соблюдения следующих требований:

- отклонение группы геофонов от пикета приема не допускалось более чем на 0,5 м;
- установка сейсмоприемников вертикально, допустимые отклонения геофонов от вертикали не более 15° (по тесту

«Tilt» – не хуже 1%), в плотно утрамбованную поверхность (наст, колей).

Некачественно установленные группы сейсмоприемников переустанавливались. Обязательная проверка вертикальности установки приемников производилась после дождевых осадков, из-за которых происходило подтаивание снега и западение сейсмоприемников. Аппаратурный контроль всех используемых в расстановке групп геофонов осуществлялся тестированием их характеристик регистрирующей системой «Sercel 508 XT» до начала регистрации и включал в себя ряд тестов полевой расстановки. Тестирование аппаратуры проводилось при работоспособности всех активных каналов расстановки.

Результаты тестирования записывались на съемный носитель и ежедневно передавались на полевой ВЦ совместно с сейсмическим материалом. Результаты тестирования являлись основанием для оценки состояния расстановки в течение всего суточного периода производства наблюдений. Начальник сейсмоотряда и оператор принимали на профиле все меры к обеспечению качественной работы аппаратуры и соблюдению установленных допусков и требований.

Особое внимание уделялось корректности работы импульсной группы. Перед началом полевых работ, а также на протяжении всего периода полевой съемки после каждой рабочей смены производилось техническое обслуживание источников:

1. Внешний осмотр оборудования и соединительных кабелей;
2. Осмотр элементов электродвигателей на предмет наличия усталостных трещин;
3. Проверка зазора электродвигателей;
4. Осмотр электронных узлов на пред-

мет выявления механических повреждений от работы источника;

5. Анализ записей с акселерометров и анализ технической информации о состоянии систем источников.

В процессе выполнения разбивки выполнялся контроль точности привязки в плане и по высоте по данным GNSS. Из обработки отбрасывались все ПВ, имеющие точность привязки в плане хуже 0,25 м, а по высоте хуже 0,15 м. Учитывая, что антенна GNSS располагалась на тракторе, фактическая точность определения координат центра импульсной группы была несколько хуже, однако анализ движения трактора и способ пересчета координат антенны в координаты центра импульсной группы позволяет утверждать, что средняя реальная точность определения координат ПВ в плане и по высоте была не хуже 0,5 м (допускаем редкие отклонения до 1 м на поворотах и при очень резких изменениях рельефа), не имеющие принципиального значения.

Первый этап: экспресс-обработка данных МОГТ 3D

Полевая экспресс-обработка, включая получение временных разрезов, выполнялась непосредственно на объекте исследований. Данные в обработку поступали ежедневно после каждого отстрела.

До начала обработки данных выполнялась отбраковка некачественных ПВ. К некачественным относились все ПВ, не удовлетворяющие следующим требованиям:

- точности определения координат ПВ;
- стабильности работы импульсной группы (напряжение заряда, длительность воздействия на грунт);
- уровню микросейсмического фона;
- наличию пометки от оператора сейсмостанции.

Такие сейсмограммы целиком удалялись из рассмотрения. Ввиду большой плотности съемки удаление единичных некачественных ПВ не несло никаких негативных последствий для результирующего разреза.

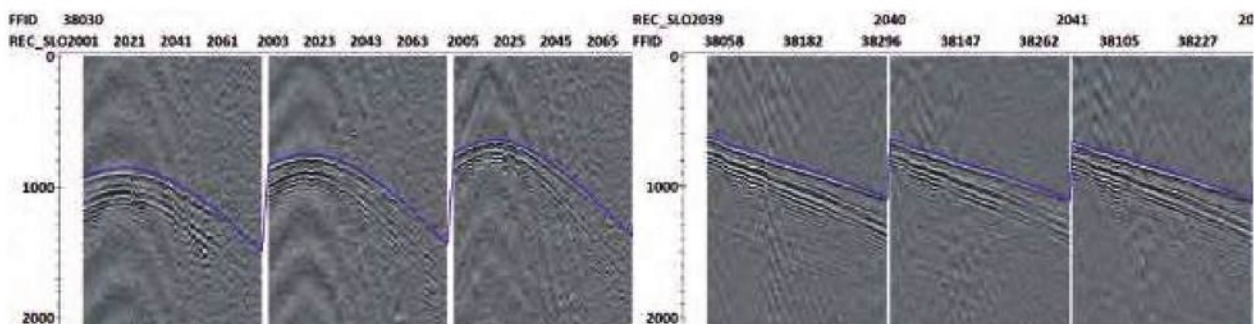
Зарегистрированные сейсмические материалы имеют ряд особенностей:

- сверхплотное расположение ПВ вдоль линий возбуждения, при этом шаг ПВ не постоянен и в среднем составляет 5-6 м;
- отсутствие накапливания воздействий на пункте возбуждения, что приводит к повышенному уровню микросейсм на исходных записях по сравнению со стандартной технологией сейсморазведочных работ;
- высокая кратность системы наблюдения (в 8-10 раз выше, чем при стандартной методике при использовании одинаковых размеров бина).

Всего в обработке участвовали материалы сейсморазведочных работ 3D в объеме 48319 ф.н., полученных на площади 82,14 кв.км по контуру линий приёма. Общее количество сейсмических трасс после присвоения геометрии составило 56 608 770 шт.

Фактическая кратность составила 600-800 при заложенной проектом 70.

Учитывая большой объем полевого материала, получаемого при выполнении съемки 3D с высокой плотностью, и, как следствие, требуемых больших вычислительных мощностей, обработка полевых материалов была разделена на два этапа. Для первичной оценки качества данных производилась обработка непосредственно в поле по упрощенному графу, с увеличением частоты дискретизации до 4 мс. Для бинирования каждого фрагмента данных использовались единые для всей площади параметры (начальная точка, шаг по бинам, азимут съёмки).



▲ Рис. 3. Сейсмограммы в различных сортировках (слева – ОПВ, справа – ОПП) с нанесенными годографами первых вступлений.

Контроль качества сейсмических данных осуществлялся в два этапа: 1) контроль ввода геометрии; 2) анализ полевой суммы. На первом этапе осуществляется контроль ввода геометрии, что необходимо для контроля положения источника и приёмников для каждого пункта возбуждения и формирования итоговых таблиц с геометрией расстановки. Контроль ввода геометрии осуществляется путём наложения расчетных времен первых вступлений на сейсмограммы в двух сортировках (Рис. 3). – общего пункта возбуждения (ОПВ) и общего пункта приёма (ОПП).

Анализ полевой суммы подразумевал построение предварительного временного разреза по упрощенному графу обработки и по прореженным для снижения требований к полевому компьютеру данным. Для оценки контроля качества полевого материала временные разрезы оценивались с точки зрения прослеживаемости ярких сейсмических горизонтов на интервале времен 2-3 сек.

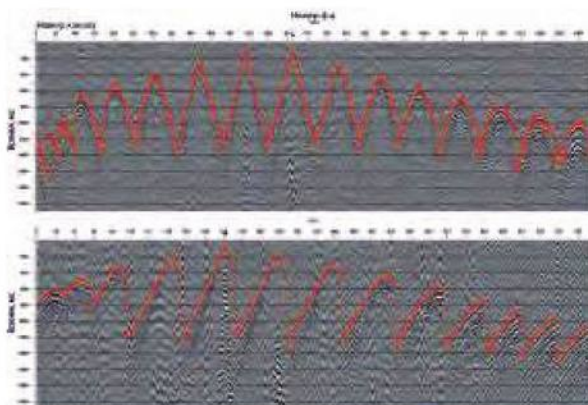
Для получения более качественного и надежного результата раз в несколько дней массив полевых данных направлялся посредством интернет-связи на удаленный вычислительный сервер Подрядчика, где производилась окончательная обработка сейсмических данных. К дальнейшей обработке принимались данные, прошедшие первичную отбраковку по параметрам работы источника и по точности его позиционирования.

Второй этап: окончательная обработка данных МОГТ 3Д

С целью обеспечения одинакового шага по обоим направлениям – инлайн и кросслайн – размер бина был выбран равным 25х25 м. Отметим, что при промышленной обработке шаг бинирования вдоль линий возбуждения (направление кросслайн) при необходимости можно сократить вплоть до 2,5 м. Либо перейти на более мелкий бин уже на этапе регуляризации и миграции, что должно определяться результатами тестирования.

Площадь работ характеризуется довольно спокойным рельефом на большей ее части. Для компенсации влияния рельефа на форму отражающих горизонтов были рассчитаны статические поправки за пункты взрыва и приема на постоянную линию приведения 150 м и скоростью замещения 2000 м/с. Для оценки возможности использования преломленных волн для расчета статических поправок за ВЧР выполнено их прослеживание в автоматическом режиме по всему массиву данных (Рис. 4).

Поскольку сейсмограммы, полученные при одиночных воздействиях источника, значительно зашумлены микросейсмами и различного рода высокоамплитудными помехами, желательно выполнить их подавление перед деконволюцией для более корректного расчета ее оператора. Для подавления высокоамплитудных помех применена частот-



▲ Рис. 4. Примеры сейсмограмм ОПВ с прослеженными в автоматическом режиме первыми вступлениями преломленных волн.

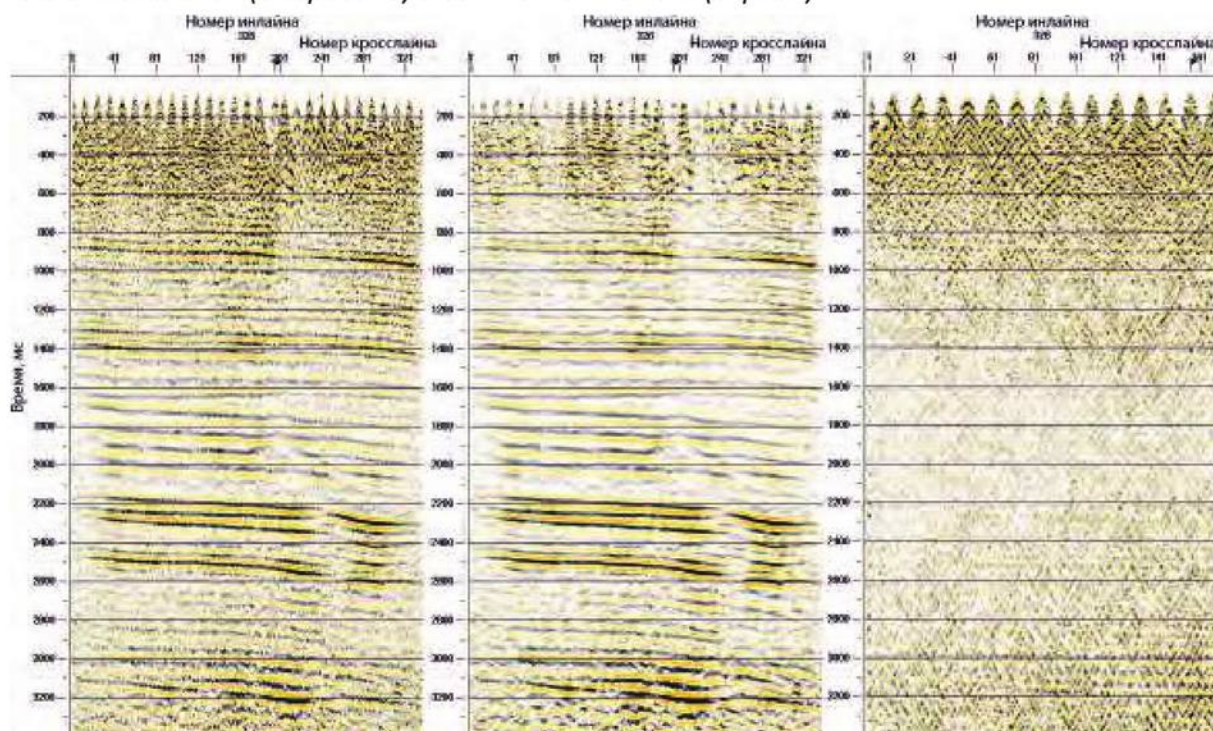
но-зависимая коррекция шумовой компоненты, которая проявляется в виде аномальных значений в амплитудно-частотном спектре. Для этого выполняется переменный по времени спектральный анализ сейсмограмм и редакция аномальных выбросов амплитуд, величина которых превышает заданный пользователем пороговый уровень.

Для подавления регулярных поверхностных волн и помех линейного типа

применена FK-фильтрация сейсмограмм ОПВ. Учитывая наличие в волновой картине дифрагированных волн, отождествленных с рифоподобными объектами, применение мощных двумерных фильтров для подавления волн-помех линейного типа может быть опасно. Во избежание непреднамеренного ослабления энергии дифрагированных волн FK-фильтрация применялась к сейсмограммам с введенными статическими и кинематическими поправками с веером скоростей до 2000 м/с (Рис. 5).

После деконволюции в волновом поле сейсмограмм наблюдаются нерегулярные помехи средне- и высокочастотного диапазона. Для их подавления применялась фильтрация на основе разложения волнового поля по собственным векторам. Процедура выполнялась по сейсмограммам с введенными статическими и кинематическими поправками для защиты отраженных волн от непреднамеренного подавления. В результате применения процедуры соотношение

▼ Рис. 5. Вертикальное сечение куба до подавления волн-помех линейного типа (слева), после подавления (в середине) и вычтенная помеха (справа).



сигнал/помеха в волновом поле разрезов и особенно сейсмограмм существенно повысилось.

Для оценки кинематических поправок использовалась интерактивная программа, позволяющая анализировать одновременно вертикальные спектры скоростей, фрагменты временных разрезов с различными скоростными законами и подборки «суперсейсмограмм» ОГТ, по которым оценивалось спрямление годографов отраженных волн. Поскольку полевой материал поступал частями, библиотека скоростей суммирования постоянно уточнялась и дополнялась, в результате чего был сформирован единый куб скоростей суммирования на базе 500х500 м.

Для расчета остаточных статических поправок применялись процедура, использующая алгоритм максимизации энергии на суммарном кубе. Данный алгоритм использует метод, который подбирает статику за ПВ и ПП таким образом, чтобы энергия вдоль выбранных горизонтов на вертикальных сечениях куба была максимальной. Данная процедура применялась итеративно, вместе с интерактивной коррекцией скоростей.

Выполненные коррекции позволили улучшить прослеживаемость и уточнить положение отражающих горизонтов. Найденные значения статических поправок стабильны по площади и колебались в пределах 6-8 мс на отдельных участках. В целом, можно заключить, что скоростные неоднородности ВЧР незначительны и не составляют проблем для алгоритмов коррекции высокочастотных статических поправок. На дальнейших этапах обработки, вплоть до миграции, выполнялись уточняющие коррекции скоростной модели и остаточных статических поправок, не вносящие принципиальные

изменения в волновую картину.

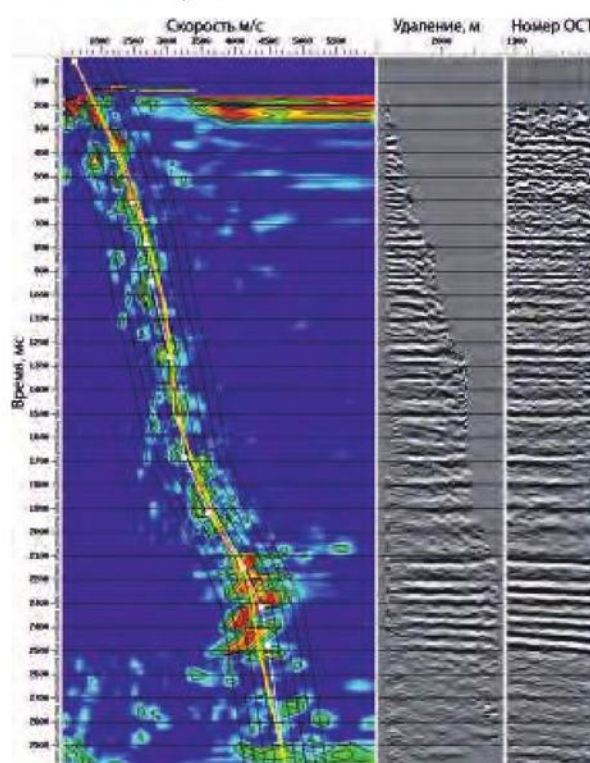
Для увеличения вертикальной разрешенности, подавления оставшихся случайных шумов, повышения когерентности отраженных волн на суммарном изображении, а также для выравнивания АЧХ по площади к данным применялись следующие процедуры постстэк-обработки:

- Ноль-фазовая деконволюция;
- FXY-деконволюция по двум направлениям для подавления оставшихся случайных шумов;
- Полосовая фильтрация в оптимальном диапазоне частот 8-80 Гц;
- Однооконная амплитудная балансировка.

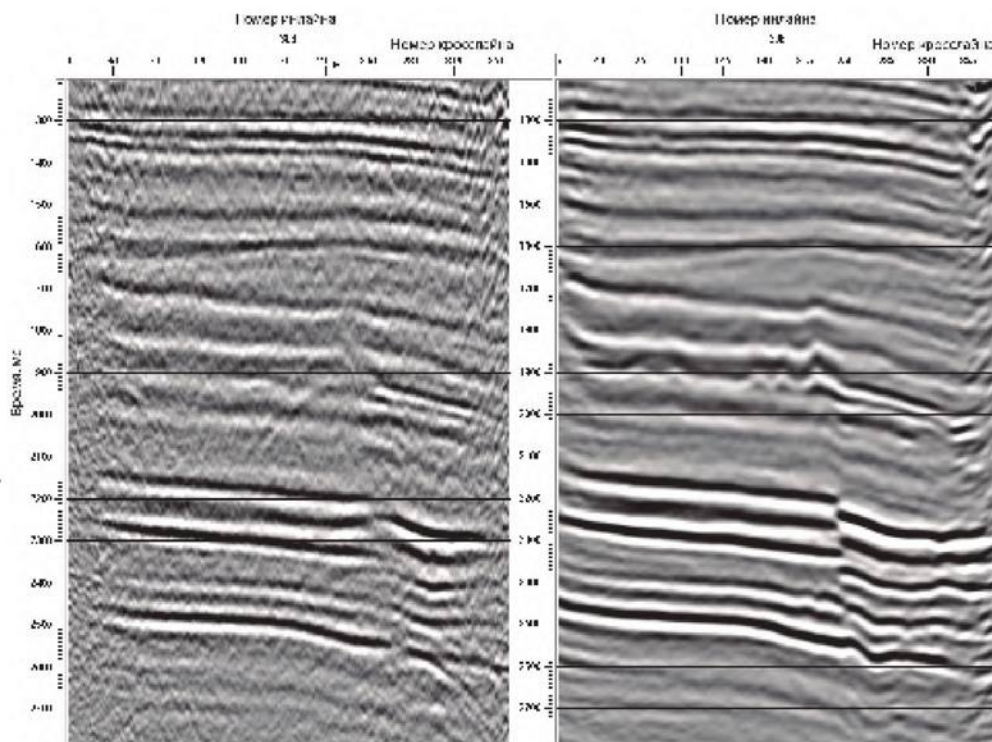
Одним из примеров, демонстрирующих результат шумоподавления, является общий вид спектра скоростей для одной из точек куба, приведенный на Рис. 6.

Основной целью второго этапа обработки было получение суммарного куба

▼ Рис. 6. Спектр скоростей для одной из точек куба



► Рис. 7.
Вертикальное
сечение куба
до (слева)
и после
(справа)
выполнения
миграции
Кирхгофа
после
суммирования.



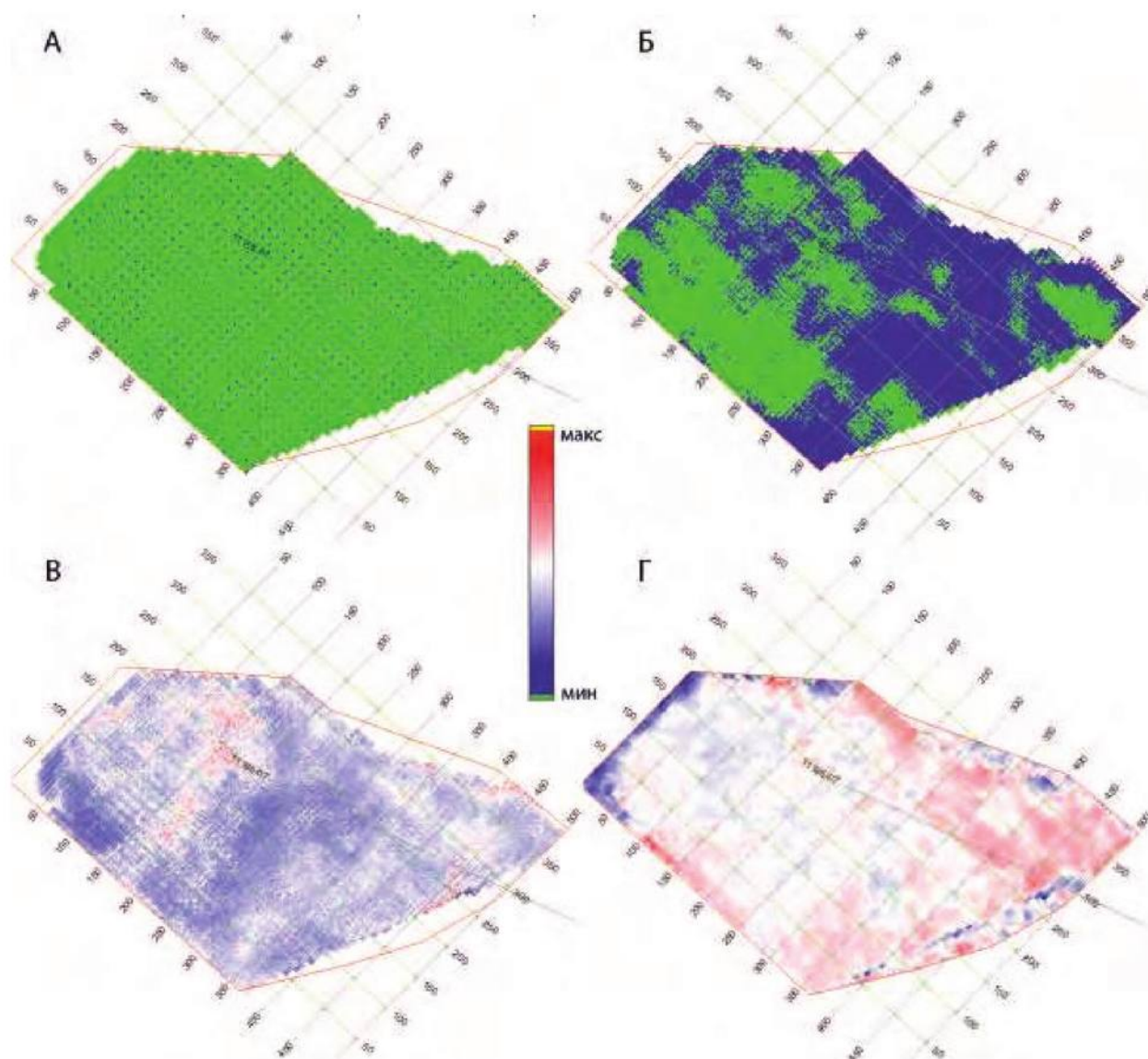
высокой степени достоверности для оценки возможности решения геологических задач проекта. Обработка выполнялась в концепции восстановления соотношения амплитуд с подавлением регулярных и нерегулярных волн-помех, последующей поверхностно-согласованной деконволюцией и миграцией после суммирования. Использование в графе обработки процедур поверхностно-согласованной нормировки амплитуд позволило выровнять амплитуды сигнала на различных участках куба данных, что обеспечило более стабильную работу последующих процедур подавления помех высокой амплитуды.

Для сокращения временных затрат, а также с учетом задач полевой обработки, была выполнена миграция Кирхгофа по суммарному кубу. Целью миграционных преобразований является учет сейсмического сноса и повышение пространственной и временной разрешенности. Перед запуском миграции по тестовой линии были протестированы следующие параметры: процент изменения скорос-

тной модели, апертура в диапазоне 2000-4000 м и жесткость анти-алайсингового фильтра. По результатам тестирования выбрана апертура 4000 м и анти-алайсинговый фильтр средней жесткости для сохранения необходимой пространственной разрешенности и борьбы с артефактами миграции. Скоростная модель принята равной скоростям суммирования. В результате получен мигрированный куб с высокой латеральной и вертикальной разрешенностью (Рис. 7). По разрезу видно, что миграция корректно собрала энергию дифрагированных волн в зоне развития органогенных построек (1900-1920 мс) и подчеркнула разрывное нарушение со смещением (в широком интервале времен от 2150 до 2500 мс).

Результаты обработки и предварительная интерпретация сейсмического куба

На Рис. 8. показаны карты среднеквадратичных амплитуд, рассчитанные по кубам на разных стадиях обработки.



▲ Рис. 8. Карты среднеквадратичных (RMS) амплитуд в окне 0-3000 мс на разных стадиях обработки: а) предварительный куб по исходным сейсмограммам; б) после подавления высокоамплитудных помех; в) после поверхностно-согласованной деконволюции; г) окончательный мигрированный куб.

Согласно модели латеральной устойчивости амплитуд, нет геологических причин, которые могли бы объяснить одновременное изменение акустической контрастности протяженных интервалов геологического разреза. Поэтому латеральное распределение оценок среднеквадратичных амплитуд в широких окнах должно выглядеть как случайный шум с небольшой дисперсией. На Рис. 8-А видны резкие всплески амплитуд в узлах сетки, связанные с аномальными значениями амплитуд в конусе

поверхностных волн. Подавление высокоамплитудных помех полностью устраняет данные аномалии (Рис. 8-Б). При дальнейшей обработке подавление шумов вместе с итерациями поверхностно-согласованной нормировки амплитуд постепенно выравнивают амплитудную картину (Рис. 8-В и Рис. 8-Г).

С целью контроля результатов обработки по окончательному кубу прослежено 2 условных горизонта в районе кровли уфимских отложений верхней перми и в районе подошвы отложений верхнеар-

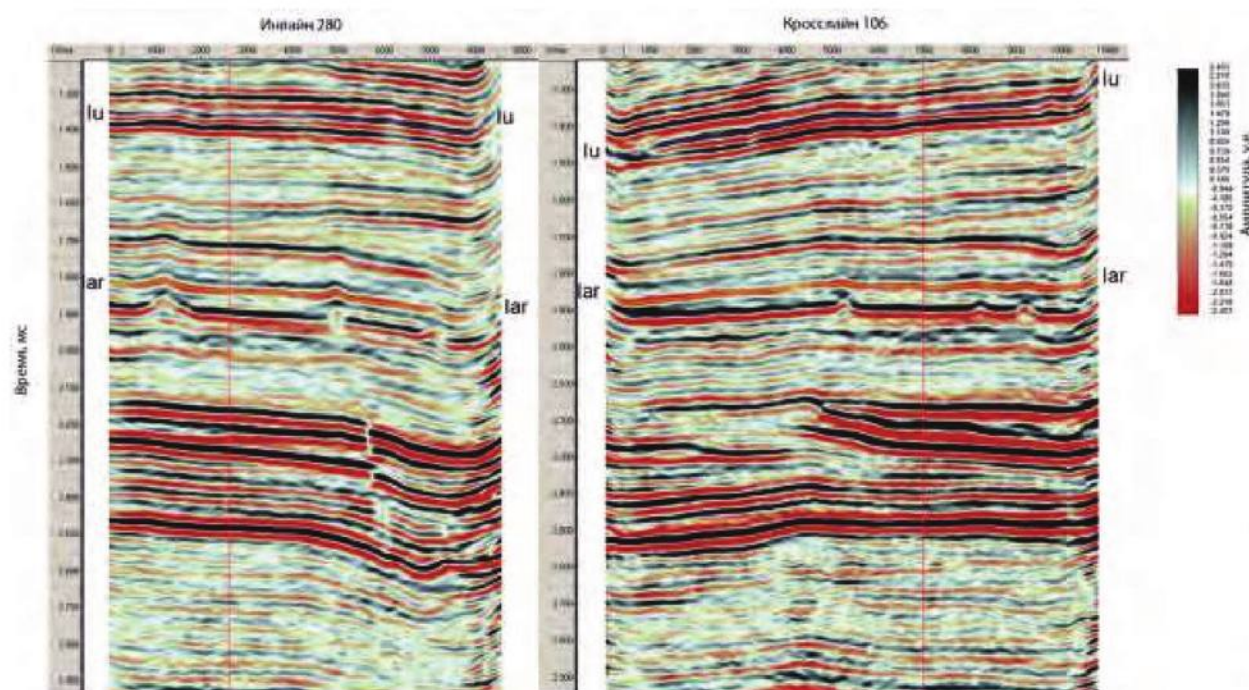


Рис. 9. Примеры ортогональных вертикальных сечений окончательного куба.

тинского подъяруса нижней перми (Рис. 9). Можно отметить, что достигнуто высококачественное изображение органогенных построек, даже расположенных близко друг к другу, латеральные размеры которых, в ряде случаев, не превышают 250 м. Это говорит о высокой латеральной разрешенности полученного изображения.

Выводы по результатам полевой обработки данных

1. Исходные сейсмограммы, полученные без использования накоплений на точке возбуждения, характеризуются повышенным уровнем шумовой компоненты (микросейсм). Современные алгоритмы обработки позволяют эффективно обнаружить и подавить такие

помехи. Кроме того, статистический эффект обработки данных плотной съемки с высокой кратностью также ведет к повышению соотношения сигнал/помеха на итоговом изображении за счет высокой кратности. Альтернативным вариантом обработки всегда может быть цифровое группирование ПВ на выбранный пространственный шаг [6], что фактически равноценно линейному группированию ПП, однако дает больше возможностей за счет ввода статических сдвигов во время срабатывания каждого источника при создании такой группы.

2. Ряд аспектов обработки требует дополнительного времяёмкого тестирования, которое может быть осуществимо при выполнении промышленной камеральной обработки материалов. К ним

относятся: выбор оптимального размера бина, увеличение точности прослеживания первых вступлений преломленных волн, бинирование источников на регулярный шаг, пути увеличения вертикальной разрешенности при неоптимальной работе деконволюции в условиях зашумленных данных, выбор параметров регуляризации и миграции до суммирования.

3. В результате оперативной полевой обработки построен куб высокой степени точности, достаточный для качественного отображения мелкомасштабных объектов возможных залежей УВ – рифов, а также других геологических объектов, проявляющихся в волновом поле – разрывных нарушений, зон выклинивания и т.д. Полученные результаты могут быть использованы для структурной и динамической интерпретации, а также для выделения перспективных объектов.

Заключение

Выбор высокопроизводительной и высокоплотной технологии полевых работ был вызван сжатыми сроками выполнения работ, связанными с завершением полевого сезона и началом оттепели. Основной особенностью применяемой технологии является регистрация одиночных воздействий импульсного источника с малым шагом, с регистрацией фактических координат каждого ПВ. Низкое качество одиночного воздействия (низкое соотношение сигнал/шум) компенсируется высокой пространственной плотностью получаемых данных. Перед началом полевых работ были выполнены опытно-методические работы, показавшие возможность получения отражений по этой технологии полевых работ на временах до 3 с и более, что полностью соответ-

ствует заданной глубинности исследований.

Средняя производительность в пересчете на классическую методику регистрации (1 ф.н. на каждые 50 м линии возбуждения) составила 164 ф.н. (8,2 пог. км) в сутки. Основную часть времени импульсная группа проводила в вынужденном простое, вызванном погодными условиями, а также проблемами подготовки профилей (не находится в зоне ответственности Подрядчика). Максимальная суточная производительность, достигнутая на объекте исследований, составила 552 ф.н. в пересчете на классическую методику регистрации (27,6 пог. км). При этом отмечается возможность кратного повышения скорости съемки либо за счет уменьшения времени зарядки конденсаторов источника, либо за счет применения нескольких импульсных групп, работающих в поочередном режиме (flip-flop).

В процессе выполнения работ возникла проблема оценки качества регистрируемого материала. Одиночные сейсмограммы, полученные без традиционного накопления, характеризуются высоким уровнем шумов.

Соотношение сигнал/шум может опускаться ниже единицы, что недопустимо с точки зрения Инструкции по сейсморазведке 1986 г. Однако современные технологии обработки данных, в частности, подавления случайных и регулярных помех, в купе со статистическим эффектом от высокой плотности исследований, позволяют с лихвой компенсировать данный недостаток, в конечном итоге позволяя решать геологические задачи.

Тем не менее вопрос организации контроля качества данных при подобной съемке является открытым и требует дальнейшей проработки.

Выполненные работы позволили в сжатые сроки решить все геологические задачи, поставленные заказчиком в проекте работ, что является лучшей демонстрацией применимости метода.

Литература

1. Berkhout A. J., 1984, Seismic exploration – seismic resolution: a quantitative analysis of resolving power of acoustical echo techniques. – Geophys. Press, London.
2. Egan Mark S. et al., 2010, "The influence of spatial sampling on resolution", CSEG Recorder, March 2010.
3. Peter I. Pecholcs et al., 2010, «Over 40,000 vibrator points per day with real-time quality control: opportunities and challenges» SEG Technical Program Expanded Abstracts
4. Детков В. А., Баландин П. В., Копылов М. А., Технология возбуждения упругих колебаний в движении GLIDE. – «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратов, №2(63)/2019, с 32-40.
5. Кузнецов Е. С., Баландин П. В., Дробинский А. А., Череповский А. В., Результаты анализа полевых данных ОМР МОГТ-3D, полученных по технологии возбуждения в движении GLIDE. – «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратов, №1(68)/2021, с. 12-19.
6. Фёдоров А. Б., Череповский А. В., Скользящее цифровое накапливание при импульсном возбуждении упругих волн в движении по технологии GLIDE. – «Приборы и системы разведочной геофизики», Саратов, №4(67)/2020, с.11-18.

Подробнее об авторах



Ошкин
Александр Николаевич

Технический директор
ООО «Соника», выпускник
геологического ф-та
МГУ имени
М. В. Ломоносова,
к.ф.-м.н., автор
и соавтор 18 статей



Турчков
Алексей Михайлович

Руководитель проектов
ООО «Соника», выпускник
геологического ф-та МГУ
имени М. В. Ломоносова,
автор и соавтор 9 статей



Гладилов
Денис Валерьевич

Главный инженер
ООО «Соника»,
окончил Оренбургский ГУ
по специальности
«Геологическая съемка,
поиск и разведка
месторождений
полезных ископаемых»,
автор и соавтор 1 статьи.



Мосягин
Евгений Вячеславович

начальник отдела
обработки и интерпретации
данных сейсморазведки
АО «СНИИГГиМС»,
выпускник Тюменского ГУ,
автор и соавтор более
15 статей.