

Контроль качества сейсмических высокоплотных исследований при высокой производительности работ

■ Закариев Ю.М., Грибов Э.Н., Дрибинский И.В., Марутян В.Г.,
Рябошапка С.М., НПЦ «ГеоСейсКонтроль», г. Москва.

В России по разным, в т.ч. объективным причинам, плотность наблюдений и производительность сейсмических работ ниже относительно достигнутых соответствующих показателей за рубежом, особенно в пустынных регионах планеты и на севере Канады.

Но следует отметить, что в последние годы в России производительность от 1000 до 3000 вибросейсмических наблюдений в сутки за полярным кругом в Тюменской области уже не является пределом.

На рисунке 1 приведен фактический отстрел с использованием виброисточников с одной из площадей в Западной Сибири. Стоит отметить заложенную в план производительность 1300-1500 фн. При этом максимальная фактическая производительность превышала 2400 физических наблюдений в сутки.

Составляющие высокой производительности хорошо известны исполнителям сейсморазведочных работ: напряжённая слаженная работа коллектива партии, высокой культуры производства

с соблюдением требований технического задания и надежная работа геофизического оборудования.

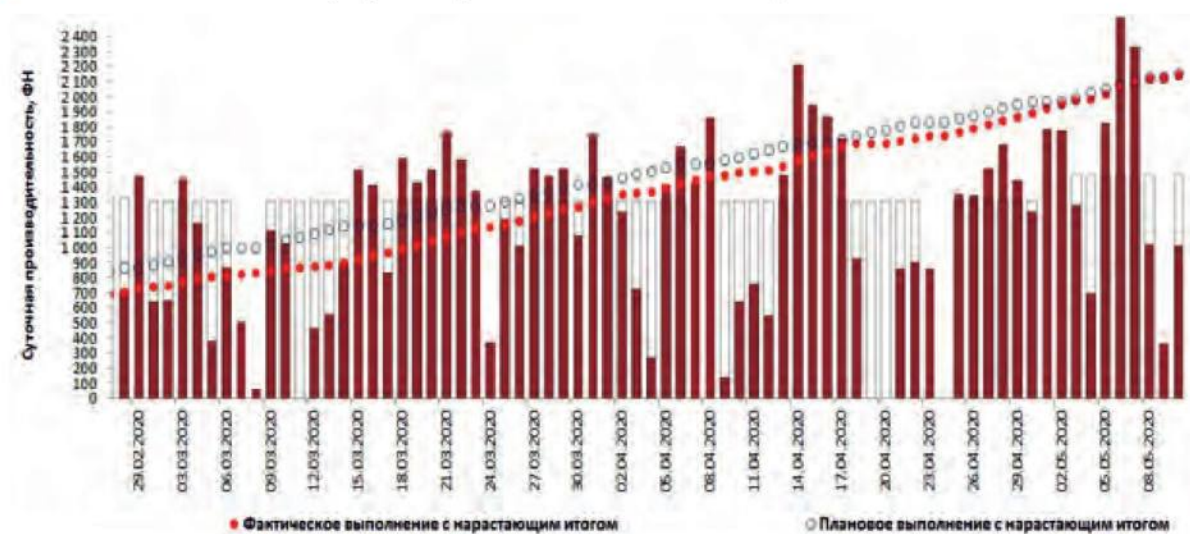
Для упрощения рассмотрения попробуем разобраться, в чём заключаются проблемы высокой производительности на примере работ с вибросейсмической технологией, как более производительной по отношению к взрывной.

Возможность проведения полевых сейсмических исследований высокой производительности начинает закладываться с этапа проектирования. Серьезное изучение требований заказчика, формализованных Проектом позволяет понять, возможно ли предстоящие работы провести с высокой производительностью или нет.

Основные элементы проекта, влияющие на высокую производительность:

- полнота и актуальность представленной сейсмогеологической характеристики района работ, волновая картина и возможные факторы, влияющие на качество сейсмической информации;

▼ Рис. 1. Фактический график отработки одной из площадей сезона 2020 года.



- обоснованность методики производственных работ исходя из геологических задач Заказчика;
- система наблюдения и возможность её отработки без пропусков и изменений;
- программа опытных работ;
- препятствия, осложняющие высокопроизводительную «конвейерную» работу;
- априорная топо-геодезическая информация, наличие рекогносцировки площади: сведения по техногенной инфраструктуре, сельхоз- и лесо-угодьям, гидрографии, возможной ледовой ситуации на акваториях;
- вспомогательные геофизические исследования – ВЛС, МСК, МПВ и др.;
- соответствие возможностей геофизической аппаратуры требованиям предлагаемой методики работ.

Немаловажным фактором этапа проектирования являются сроки проведения конкурса (тендера) среди потенциальных исполнителей. Если он проведен в первой половине года, то у Исполнителя достаточно времени (май - июнь) на проработку и подготовку проекта, позволяющие снизить возможные риски.

Вовремя заключенный контракт и вовремя составленный проект позволяют начать следующий этап – организационный. Именно в этом главный залог высокой производительности сейсмических исследований. Своевременное начало - это мобилизация, геодезические работы, рубка, подготовка аппаратуры, оборудования, техники, жилья, обеспечение запасными частями, расходными материалами, спецодеждой и т.д. Важнейшее слагаемое успеха – комплектование партии профессиональными специалистами – чем раньше начинается проект, тем больше шансов у исполнителя найти хороших специалистов.

К сожалению, существует немало примеров подведения итогов тендеров в сроки, близкие к началу полевого сезона.

При качественно проработанном проекте, своевременно проведенном этапе организации, специалистам партии и супервайзерам остаётся только контролировать реализацию планов. По возможности, оптимизируя технологию производственного процесса для более производительной работы без ущерба для качества получаемой информации.

Слагаемые высокой производительности.

Определяющим фактором получения качественного полевого материала является тщательное выполнение коллективом партии под контролем главных специалистов партии и супервайзеров, утверждённой Заказчиком программы опытных работ, в результате выполнения которой выбираются оптимальные параметры регистрации полевых наблюдений – «Задание на регистрацию».

Контроль качества полевых исследований при неукоснительном соблюдении требований «Задания на регистрацию» проводится специалистами партии и представителями Заказчика – супервайзерами по контролю качества сейсмических исследований.

При высокопроизводительной сейсморазведке специфика работы коллектива партии – это круглосуточная сменная работа вибросейсмических отрядов (при взрывной технологии – нескольких бригад взрывников), операторов на сейсмостанции, состоящая из:

- вечернего ежедневного планирования работы на следующий день, подготовка данных руководством партии для составления сводки Заказчику о выполненных работах за сутки;

- выезд бригад на площадь (геодезистов, сейсморабочих, машинистов вибраторов);

- утренняя подготовка полевого материала к приёмке геофизиком-обработчиком партии и приёмка качества отработанного материала за сутки;

- выезд специалистов партии на контроль качества установки сейсмического оборудования, работы геодезических и вибросейсмических бригад, операторов сейсмостанции.

Супервайзер по контролю качества сейсмических исследований обязательно:

- участвует в ежедневном планировании работ,

- получает от Исполнителя данные для сводки Заказчику,

- ведёт приёмку качества полевого материала,

- проводит полевой контроль качества установки сейсмического оборудования, работы геодезических и вибросейсмических бригад, операторов сейсмостанции,

- контролирует ремонт сейсмического оборудования (аппаратуры) и его тестирование.

Данные пункты, кроме «приёмки качества полевого материала», понятны специалистам-практикам, имеющим за выполнения сейсмических полевых

работ, и особого разбирательства не требуют. Однако, уделять им необходимо не меньше внимания, чем приёмке получаемых материалов.

Оценка качества материала

Главная задача супервайзера - приёмка качества полевого материала. И в России этот процесс в корне отличается от работы супервайзера на высокопроизводительных партиях зарубежья. Примерный график работы супервайзера представлен на рисунке 2.

Качество полевого материала контролируется супервайзером совместно с партийным геофизиком. Просматриваются тесты, присваивается геометрия, рассчитываются атрибуты, просматривается весь массив сейсмограмм, представленных к приёмке.

Как правило, геофизик только просматривает полевые тесты и отчёты по работе взрывных и невзрывных источников, проверяет геометрию и отбраковывает явные некондиционные сейсмограммы. Более углублённый анализ, как правило, проводит супервайзер.

Львиную долю времени занимает просмотр сейсмограмм. С увеличением активной расстановки увеличивается и время просмотра. Но и время на анализ тестов тоже увеличивается.

Требования к контролю со стороны

▼ Рис. 2. Примерный временной график проведения приёмки материала.



заказчиков возросли и простого просмотра тестов в “блокноте” уже недостаточно. Производители геофизического оборудования многие параметры, помимо текстовых отчетов, дублируют в заголовки сейсмических файлов или иные служебные файлы. И заказчик требует контроля отчётных параметров именно в этих файлах справедливо полагая, что данные цифры нельзя или трудно сфальсифицировать. Тем более, что к контролю информации в заголовках трасс можно вернуться и на этапе обработки и даже интерпретации.

Однако, эти данные часто представлены в разрозненном виде, а их быстрое сопоставление и анализ просто невозможен. Требуется обработка (сортировка, удаление лишнего, выборка, суммирование, осреднение), что, в свою очередь, требует некоторых дополнительных знаний, и не всегда временные затраты на обработку, анализ сопоставимы со временем, выделяемым на приёмку. Супервайзерами используются аналитические функции табличных редакторов и средства анализа БД типа MS Access. В программах контроля качества, например, как Пикеза-4 также появились функции чтения и некоторого анализа заголовков.

Время на обработку тестов практически одинаково что для десятка физ. наблюдений, что для тысячи. И чем удобнее представлены отчётные данные, тем быстрее проходит их анализ. При увеличении производительности, то есть увеличении количества физических наблюдений за смену или день, на первый план выступает анализ работы аппаратуры и оборудования и во вторую очередь уже осуществляется волновой анализ сейсмограмм.

В России базовым представлением определения качества сейсмограммы (в

т.ч. и на высокопроизводительных сейсмических исследованиях) является «оконная» оценка, представляющая собой следующее: сейсмограмма должна подвергаться анализу (в т.ч. программному, помимо визуального) с целью определения параметров (атрибутов) её записи (в «окнах» помех и полезного сигнала) в соответствии утверждённого «Задания на регистрацию» и «Требований к сейсмической записи и критериев приёмки полевых наблюдений» Заказчика.

К основным аппаратным параметрам сейсмограммы (представляются к началу приёмки в табличной форме на все принимаемые наблюдения) относятся следующие показатели:

- энергия микросейсм, определяемая до первых вступлений;
- энергия сигнала отражений в целевом интервале времени записи;
- достаточность энергии отражений - отношение средних, абсолютных амплитуд сигнал/микросейсм - A_c/A_m ;
- доминантная частота;
- энергия волн-помех, в т.ч. поверхностных.

К приёмке готовятся таблицы SPS-файлов и качества отработки вибраторами каждого ПВ (так называемые, VAP-сы).

Процесс визуального анализа сейсмограмм (на экране компьютера, например, 2500 ф.н.) и параметров всех перечисленных таблиц (подготавливаемых геофизиками Исполнителя) занимает от 5 до 8 часов рабочего времени специалистов партии и супервайзеров в зависимости от объёма отработанных наблюдений.

У супервайзера практически не остаётся времени на полевой контроль работы геодезических, сейсмических и вибро-сейсмических бригад. То есть на его

обязанности по остальным, вышеперечисленным четырём пунктам.

Полная автоматизация процесса оценки качества сейсмограмм пока не поддерживается Заказчиками в России, при том, что программы для такой приёмки существуют (например, на тех же обрабатывающих ВЦ, имеющих современное ПО контроля качества).

Иная парадигма принципов работы супервайзера

В отличие от процесса полевой приёмки сейсмического материала в России, за рубежом на высокопроизводительных объектах применяется автоматизированная оценка качества наблюдений. Информация отработанного наблюдения (сейсмограммы, качество отработки вибратором ПВ, SPS-файлы) передаётся по соответствующему каналу связи на обрабатывающий ВЦ, с которого практически в реальном времени возвращается автоматизированная оценка качества наблюдения.

Для внедрения автоматизированной оценки качества наблюдения в партии необходимо иметь не только соответствующее программное обеспечение для обработки сейсмограммы в реальном времени, но и полевой ВЦ. Или же необходим соответствующий канал связи между партией и стационарным ВЦ. Для такого решения, по всей видимости, нужно будет пересмотреть подход к оценке качества сейсмического материала.

В том числе, пересмотр относится и применению оконной оценки качества. Так как, в случае получения сейсмограмм при высокопроизводительной высокоплотной съёмке с одиночными сейсмореприемниками, применение оконных оценок может оказаться неактуальным. Одна из причин заключается в том, что

оценки в области полезных отражений зачастую характеризуют лишь регулярные помехи и микросейсмь, с амплитудами выше полезных отражений, а по частотным характеристикам искажающим реальную картину в связи с наложением указанных помех на полезный сигнал.

Отход от традиционных принципов приёмки физнаблюдений и разработка новых должны производиться совместно с пересмотром и разработкой принципов, условий и стоимости выполнения сейсмических исследований.

Оконная оценка качества наблюдений на этапе внедрения МОГТ имела особое значение, так как резкое повышение производительности по отношению к МОВ приводило к нарушению технологии (культуры производства) сейсморазведочных работ и соответственно качества полевого материала, которое требовалось отслеживать с помощью технических средств для определения брака и его переотработки. Но на современном уровне проведения высокоплотных и высокопроизводительных сейсморазведочных исследований такая технология оценки качества наблюдения стала терять актуальность.

С целью поддержки объективности вышеизложенного имеет смысл привести выдержку из 39-го номера за 2021 г. журнала First Break, в котором, в частности, говорится:

На протяжении всей истории сейсморазведки, развитие систем наблюдений, дизайнов съёмок, методики наблюдений, сложных алгоритмов обработки и мощных вычислительных комплексов – все это способствовало существенному изменению качества отображения разрезов и этот процесс продолжается. Однако мы не можем отрицать тот факт, что резкие изменения



▲ Рис. 3. Увеличение количества трасс на 1 кв.км с начала сейсморазведки.

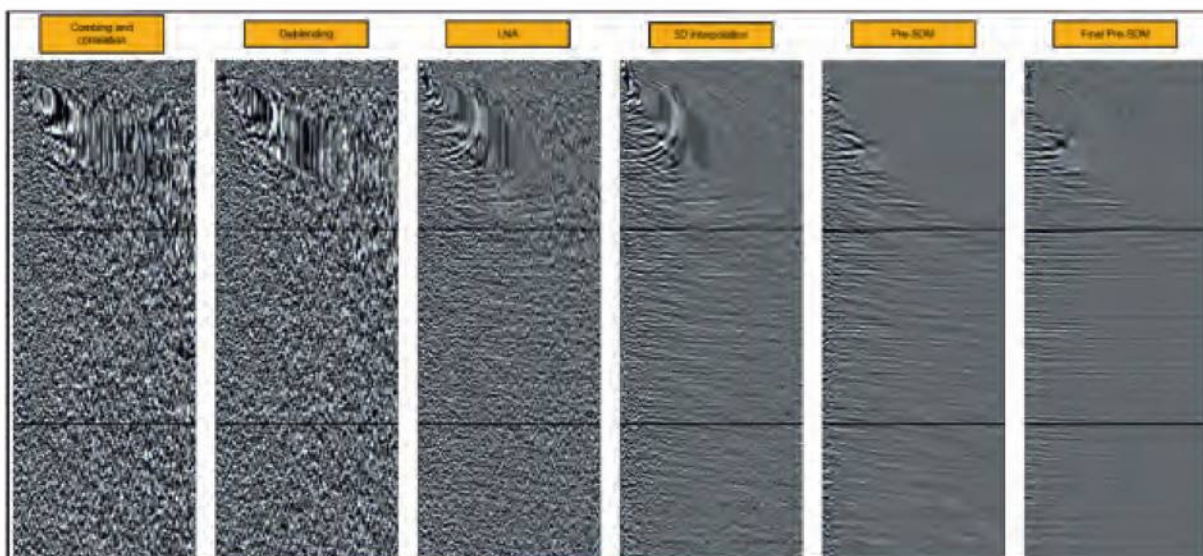
качества данных происходили тогда, когда количество измерений на единицу (площади или плотность съемки) существенно изменялась от этапа к этапу (Рис.3).

Этот фактор, который для нас означает плотность трасс, очень хорошо коррелируется с качеством данных, будь то простой суммарный разрез, сложные AVO анализы и атрибуты. Как правило, чем сложнее требуемые атрибуты, тем большая плотность съемки необходима.

Технология одновременно работающих источников в настоящее время

широко признана как в морской сейсморазведке, так и в наземной вибросейсморазведке как одна из основных инноваций, позволяющих повысить плотность съемки. Это пример предпочтения количества измерений качеству отдельных записей сейсмограмм, основанное на факте, что преимущества увеличения плотности наблюдений превосходят потенциальное понижение качества, связанное с интерференцией от одновременно работающих источников. Та же логика применима к приемникам, когда большие группы сейсмоприемников с легендарно высо-

▼ Рис. 4. Стадии обработки сейсмограмм ОГТ, обычный граф обработки PSDM.



ким отношением сигнал/шум дают трассу (часто с искаженными полезными сигналами) в конечном счете уступают большому количеству одиночных приборов. Несмотря на то, что одиночный прибор дает более шумную трассу по сравнению с группой, одиночные дают гораздо более правдоподобную картину волнового поля и предоставляют гораздо более разрешенные суммарные разрезы на конечных стадиях обработки в результате более детальной регистрации как полезного сигнала, так и шума (Рис.4). Огромный избыток информации и возможность обработки неискаженных данных также играют решающую роль в повышении качества данных.

Как видно из вышеприведенного рисунка, качество полученных сейсмограмм можно оценить только после соответствующей предобработки.

Заключение и выводы

В России есть отставание в плотности и высокой производительности сейсмических исследований, но при этом очевидно, что хоть и медленно, но плотность и производительность сейсморазведки растёт.

Видно и нам в РФ не избежать процесса перехода к высокоплотным и высокопроизводительным работам в сейсморазведке, в котором одним из важнейших факторов производства является скорость отработки объектов. В связи с этим Заказчикам сейсмических исследований и Исполнителям сейсморазведочных работ необходимо осмыслить многие аспекты, связанные с процессом перехода на высокоплотные, широкоазимутальные и высокопроизводительные работы, в том числе, процесс оценки качества полевых данных.