

Проблемы контроля качества первичных сейсморазведочных материалов при работах методом отраженных волн

Власов С.С., Матвеев Ф.В., Феоктистов В.А., ОАО "СаратовНГФ", г.Саратов
Шестаков Э.С., СГУ, г.Саратов
Ефимов В.И., ОАО "СамараНГФ", г.Самара

Современный этап развития геологоразведочной отрасли характеризуется постоянным увеличением количества недропользователей, что приводит к увеличению количества лицензионных участков с закономерным уменьшением площади как самих участков, так и объектов, поиск которых и является основной задачей сейсморазведочных работ. Новые лицензионные участки, как правило, технологически более труднодоступны (в сейсмогеологическом, орогидрографическом, промышленно-технологическом отношении) возрастает сложность проведения сейсморазведочных работ. Более того, во многих нефтегазоперспективных регионах практически исчерпан фонд относительно простых в разведочном отношении тектонических структур и задачи сейсморазведки переходят на новый качественный уровень – поиски неструктурных ловушек, прогноз вещественного состава и ФЕС коллекторов. Вследствие этого резко возрастают требования к качеству получаемого сейсмического материала. Но, в то же время имеет место тенденция сокращения времени, отводимого на проведение сейсморазведочных работ. Возникает необходимость оперативного контроля качества получаемого сейсмического материала непосредственно при проведении сейсморазведочных работ.

Для реализации такого контроля появились подразделения как в организациях-заказчиках (супервайзерские службы, руководители проектов), так и в организациях-исполнителях сейсморазведочных работ (службы контроля качества).

Как правило, каждая организация-заказчик устанавливает свои стандарты качества, часто вне зависимости от технологических и сейсмогеологических условий производства сейсморазведочных работ, требуя от исполнителей получения практически идеального сейсмического материала «в поле, на открытом канале». Между тем оценка качества сейсмического материала сложная задача. Можно выделить следующие факторы, влияющие на качество полевого сейсмического материала:

- поверхностный – изменчивость рельефа дневной поверхности и строения верхней части разреза;
- аппаратный – особенности возможностей применяемого оборудования;
- технологический – методико-технологические особенности проведения работ;
- сейсмогеологический – скоростная дифференцированность строения, углы наклона границ и т.п.;

Оценка потенциального влияния перечисленных факторов производится на этапе проектирования работ, но оценить их реальное влияние и возможность снятия факторов, мешающих решению геологической задачи, возможно лишь в ходе проведения конкретных исследований на конкретной территории. Соответственно, и критерии качества могут быть уточнены лишь в ходе работ, из чего следует насущная необходимость оперативного контроля качества получаемого сейми-

ческого материала. Качество полевого материала складывается из высокой временной и пространственной разрешенности сейсмической записи, высокого отношения сигнал /помеха и надежных динамических характеристик записи.

Обеспечение качества первичного сейсмического материала процесс многоступенчатый, включающий в себя:

- контроль качества топогеодезических работ;
- проведение опытных работ с целью оптимизации параметров возбуждения, приёма и регистрации сейсмических сигналов;
- контроль качества работ по изучению ВЧР;
- контроль качества возбуждения упругих колебаний;
- контроль системы наблюдения;
- контроль регистрирующей аппаратуры и работы оператора;
- контроль качества и оценка информативности полученных данных.

В соответствии с современной технологией сейсморазведки контроль качества должен осуществляться на всех этапах выполнения всего комплекса работ, что позволяет своевременно выявлять и оперативно устранять некачественные элементы работы в процессе производства сейсморазведочных исследований. Примером такой системы может служить схема контроля качества, реализованная в ОАО «Самаранефтегеофизика» (рис. 1)

Целью данной статьи является рассмотрение видов и методик контроля, используемых в двух производственных геофизических организациях – ОАО «Самаранефтегеофизика» и ОАО «Саратовнефтегеофизика». Из всех перечисленных выше видов контроля достаточно хорошо формализуются контроль качества топогеодезических работ и контроль регистрирующей аппаратуры. Допуски по контролируемым параметрам, как правило, не вызывают разногласий между заказчиками и исполнителями работ. Поэтому в данной статье остановимся главным образом на плохо формализуемых видах контроля и покажем их реализацию на примере материалов партии ОАО «Самаранефтегеофизика», проводившей работы МОГТ-2D в таёжной части Западной Сибири и в которой один из авторов данной статьи проходил преддипломную практику в качестве геофизика контроля качества.

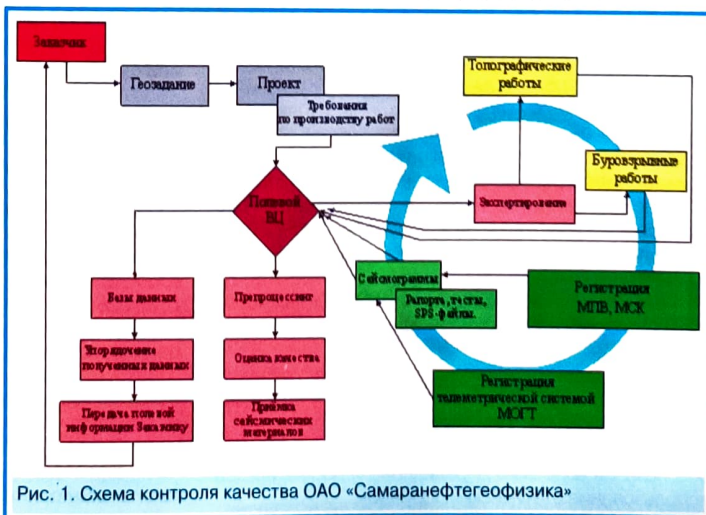


Рис. 1. Схема контроля качества ОАО «Самаранефтегеофизика»

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ

Опытные работы по оптимизации параметров возбуждения, приёма и регистрации сейсмических сигналов

Содержание и объёмы опытных работ по оптимизации параметров возбуждения, приёма и регистрации сейсмических сигналов зависят от вида применяемого источника упругих колебаний, методики полевых работ и местных сейсмогеологических условий. Они проводятся перед началом производственных работ на каждой новой площади исследований. Местоположение участков опытных работ и методика их проведения согласуются с супервайзером.

Регистрация упругих колебаний производится рабочей расстановкой сейсмодатчиков, параметры регистрирующей аппаратуры устанавливаются приблизительно рабочие и уточняются после выбора оптимальных параметров источника. Общим моментом проведения опытных работ является количественная оценка результативных материалов, что требует наличия в сейсмической партии полевого обрабатывающего центра с соответствующим программным обеспечением. Оцениваются спектральные характеристики, отношение сигнал/помеха, разрешенность сейсмической записи. Окончательная оценка оптимальности выбранных параметров производится по результатам обработки фрагмента производственного профиля достаточной длины.

При применении взрывного источника подбирается оптимальная величина заряда, глубина его заложения, в случае использования рассредоточенных зарядов – параметры группирования взрывных скважин.

При использовании невзрывных источников упругих колебаний подбираются режимы работы источников, параметры их группирования, число накоплений, а для вибрационных источников – ещё и параметры вибросигнала.

Сейсморазведочные работы по изучению ВЧР

Сейсморазведочные работы по изучению верхней части разреза, как правило, проводятся с помощью микросейсмокартажа, наблюдений методом преломленных волн или их комбинации. Шаг точек зондирования и их местоположение выбираются, исходя из особенностей строения верхней части разреза, и согласуются с супервайзером. Глубины скважин МСК, параметры систем возбуждения, наблюдения и регистрации определяются конкретными условиями района работ и используемым оборудованием.

Контроль качества работ по изучению ВЧР производится посредством полевой обработки данных МСК и МПВ.

Полевая обработка МСК заключалась в проверке сейсмических данных, снятии значений времени прихода прямой волны с сейсмограмм МСК и построении по полученным данным вертикального годографа и графика Интерв. Результатом обработки являются карта распределения Интерв по глубинам (пример такой карты приведен на рис. 2).

Результативными материалами МПВ являются карты скоростных характеристик и мощностей слоев ЗМС.

Использование нескольких методов изучения ВЧР предполагает сопоставление и увязку результативных материалов. При наличии на полевом обрабатывающем центре соответствующего программного обеспечения возможно определение и последующее использование статических поправок.

Карта скорости ВЧР по МСК глубина 12м.
• Профиля МОИТ-2Д

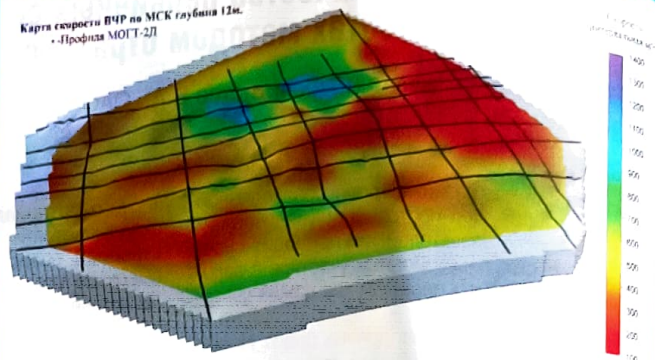


Рис. 2. Карта интервальных скоростей (глубина 12м)

Контроль качества возбуждения упругих колебаний

При использовании взрывного источника упругих колебаний ведётся учёт заряженных скважин, данные которого используются при формировании SPS-файлов для сейсмической станции.

Глубины заложения заряда выносятся на карту и контролируются по значениям вертикального времени. Однако эти значения могут иметь большой разброс, поэтому они, в свою очередь, контролируются сопоставлением со значениями времён, определённых по результатам изучения ВЧР (например, по данным МСК на одних и тех же пикетах).

Помимо этого, при возбуждении колебаний взрывным источником возникает необходимость контроля точности отметки момента взрыва, при глубоких взрывах – попадания в слой с оптимальными условиями возбуждения, при шнековом бурении возникает необходимость контроля укупорки скважины.

При использовании невзрывных источников упругих колебаний наибольшего объёма контроля требуют вибрационные источники. Он включает в себя тестирование аппаратуры и оборудования перед началом выполнения производственных работ и ежемесячно по радиоканалу и по системе WARLINE (проверка синхронизации и амплитудной идентичности сигнала всех вибраторов по сейсмическому кабелю). К работе не допускаются вибраторы, не прошедшие эти тесты.

Контроль идентичности работы вибраторов непосредственно в процессе полевых работ должен осуществляться оператором сейсмостанции на основе ежедневных тестирований по радиоканалу всех вибраторов по технологии «Force meter» (PELTON) (или аналогичной) с получением необходимых графических материалов. В течение каждого дня контролируется каждое воздействие каждого вибратора с записью соответствующих файлов результатов контроля в формате «Pelton VibraSig» или формате аналогичных программ.

В процессе работы контролируется соблюдение точности местоположения источников на пикете. Допуски точности по отклонению центра группы вдоль линии возбуждений – не более 2,0м, поперек линии возбуждений – не более 5,0 м.

Оснащение вибраторов космической навигационной системой DGPS обеспечивает оператору сейсмостанции возможность контроля за их позицией в течении всего процесса производства работ. Данные о местоположении группы вибраторов передаются супервайзеру вместе с другими сведениями о возбуждении.

Контроль системы наблюдения

Контроль системы наблюдения включает три независимых проверки:

1. Тестирование перед началом полевого сезона всех имеющихся в полевой партии группы сейсмодатчиков с помощью автономного специа-

лизированного прибора "SEISTEC-2000" (или аналогичного ему) или на специальном стенде.

2. Контроль установки групп сейсмоприемников на профиле выполняется ежедневно техниками, руководящими работой сейсмических бригад, оператором сейсмостанции и геофизиком контроля качества. Требования к установке группы сейсмоприемников:

- боковое и продольное смещение центра группы от соответствующего пикета профиля – не более ± 1 м;
- отклонение расстояний между соседними сейсмоприемниками в группе от проектного – не более 0,2 м;
- максимальное превышение альтитуд рельефа в пределах базы группы сейсмоприемников – не более 10% от базы группирования (при необходимости база группы сокращается);
- установка сейсмоприемников – на твердую утрамбованную поверхность с обеспечением хорошего контакта с грунтом, отклонение от вертикали не должно превышать 150 град.

3. Ежедневное тестирование характеристик групп сейсмоприемников специальным тестами, входящими в совокупность тестов современных сейсмических станций. Результаты тестов записываются на дискету и передаются на полевую ВЦ совместно с сейсмическим материалом и используются для оценки состояния расстановки приборов в период производства наблюдений.

Контроль регистрирующей аппаратуры и работы оператора

В настоящее время в качестве регистрирующей аппаратуры большинство производственных геофизических организаций использует телеметрические сейсморазведочные системы (ТСС). Все они оснащены широким набором аппаратных тестов, позволяющим с высокой точностью и с минимальными временными затратами контролировать состояние напольных блоков, их аккумуляторов и кабелей по различным характеристикам. Контроль состояния аппаратуры проводится перед началом работ на новой площадке и ежемесячно по полному набору тестовых проверок ТСС с записью на внешний носитель.

Ежедневные проверки выполняются до начала производственных наблюдений и, помимо теста по проверке состояния групп сейсмоприемников, обязательно включают в себя, как минимум, три следующих теста с записью их результатов:

1. SEG-импульса (SEG PULSE TEST).
2. Нелинейных искажений (DISTORTION.)
3. Шумов расстановки (SPREAD NOISE TEST).

Для двух первых тестирований допуски устанавливаются в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя, по 3-ему – допуск определяется условиями производства работ для зон отсутствия устойчивых внешних помех промышленного или естественного характера (при их наличии оператор указывает в рапорте причину и местоположение источника помех). Общее число каналов, значительно превышающих допуски этого теста, устанавливается равным не более 10% от общего числа тестируемых каналов.

Анализ этих тестов осуществляется оператором и начальником отряда сразу же после их получения. При получении неудовлетворительного результата, имеющиеся неисправности устраняются, а тесты повторяются. Оператор сейсмостанции о результатах тестов обязан уведомить геофизика контроля качества и после разрешения последнего может приступить к работе.

В процессе выполнения ежедневных производственных наблюдений контроль осуществляется по полевым воспроизведениям, на основе сравнения с эталонной сейсмограммой, полученной на этапе опытных работ.

Примером ежедневных аппаратных проверок может служить контроль состояния напольных бло-

ков ТСС «Sercel-408UL» в партии ОАО «Самаранефтегаз». Модули «LAUX» и «LAUL» с подключенными телеметрическими кабелями тестировались тестом "автотест", включающим проверку потребления питания и утечки. Блоки «FDU» тестировались тестом.

- Noise – максимальный аппаратный шум не более 1 мкВ.
- Distortion – максимальное искажение не более -103 Дб.
- Gain error – максимальная ошибка усиления 1%;
- CMRR – минимальное подавление 100 Дб.
- Phase error – максимальная ошибка фазы - 20 мкс.

Данное тестирование производилось ежедневно перед началом работ и в процессе работ. Анализ полученных тестовых материалов проводился в полевом ВЦ.

Строгий подход к обеспечению качества первичных сейсморазведочных материалов требует, чтобы в рапорте оператора, кроме стандартных строк о номенклатуре, дате, наименовании аппаратуры и методике работ, присутствовала следующая информация:

- количество отключенных (закороченных) каналов и причина этого на каждом пикете;
- динамические и кинематические искажения записи с указанием причин, если это связано с поверхностными условиями возбуждения и регистрации;
- описание источников постоянных помех на профиле с указанием пикетов;
- указание нестандартных ситуаций при отработке профиля (уменьшение количества источников, увеличение накоплений, снос пикетажа, невыполнение каких либо допусков предписанных техническим заданием и т.д.)

Контроль качества и оценка сейсморазведочных работ МОГТ

Контроль качества выполнения работ МОГТ-2Д включает в себя контроль выполнения методики работ, обработку, оценку качества и приемку сейсмического материала.

Контроль методики полевых наблюдений (полярности каналов, расстановки приемников, контроль системы синхронизации и контроль достаточности уровня сигнала) производится по повальному выводу сейсмограмм перед обработкой материалов на полевом ВЦ. Контроль правильности коммутации проводится путем сопоставления первых вступлений сейсмограмм с теоретическими годографами, рассчитанными на основании SPS-файлов. По тем же SPS-файлам проводится расчет кратности (в программах Meza, Пикеза и т.п.) для контроля допустимости смещений В и ПП. Снижение кратности более чем на 10% по отношению к проектной считается недопустимой.

Ключевым моментом системы контроля качества первичной сейсморазведочной информации, позволяющим оценить возможность решения геологической задачи, поставленной Заказчиком, является предварительная обработка сейсмических данных на полевом ВЦ. По её результатам возможно внесение оперативных корректив в некоторые элементы методики регистрации колебаний, направленных на улучшение качества получаемого материала. Контроль качества проводится на количественном и качественном уровнях. На количественном уровне рассматриваются атрибуты сейсмической записи на полевых сейсмограммах до применения фильтров и регулировок амплитуд во временном окне (окнах), выбранных на уровне целевых горизонтов, по согласованию с супервайзером.

Качественная оценка выполняется по временным разрезам, полученным с априорными статическими и кинематическими поправками и заключается в определении степени прослеживаемости целевых отражающих границ, разрешенности сейсмической записи, влияния различного рода помех.

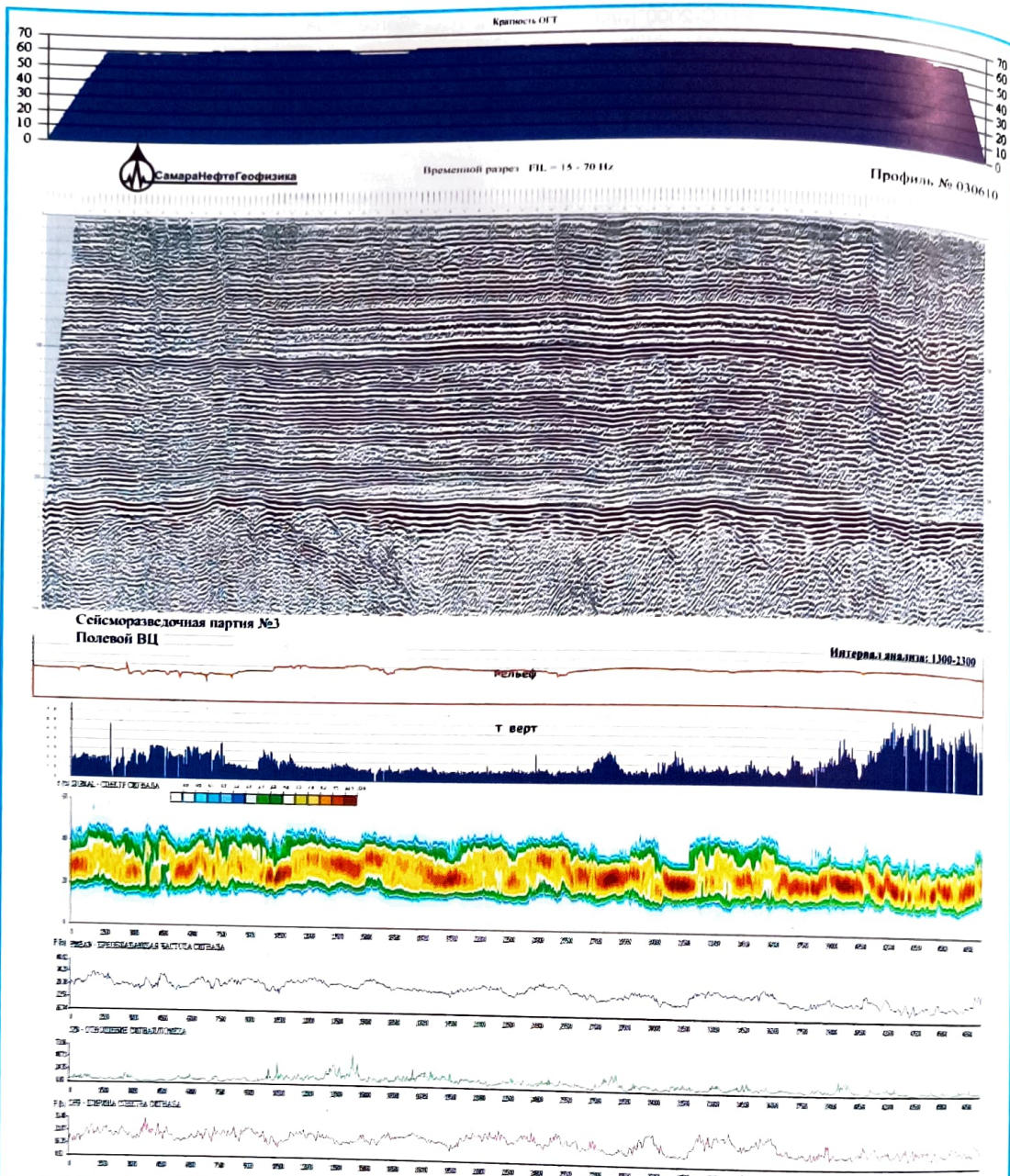


Рис. 3. Разрез ОГТ, совмещённый с атрибутами сейсмической записи

В ряде случаев может выполняться коррекция статических и кинематических поправок.

Выбор комплекса обрабатывающих программ не является принципиальным. В настоящее время используются как комплексы, разработанные для стационарных вычислительных центров (PROMAX, FOCUS и т.п.), так и специализированные экспресс-комплексы (SeisWin, RadExpro и т.п.)

В партии ОАО «Самаранефтегеофизика» использовался обрабатывающий комплекс SDS PC, граф обработки профилей МОГТ-2D, предусматривал:

- отбраковку сейсмических данных по рапорту оператора (некорректные значения вертикального времени, сбои системы регистрации);
- перевод сейсмических данных в формат обрабатывающего комплекса; ввод геометрии;
- амплитудный и спектральный анализ сейсмограмм по исходному полевому материалу без применения фильтров программным модулем «Grezol» обрабатывающего комплекса «SDS-PC»;
- отбраковку сейсмических данных по данным анализа;

- мьютинг, регулировки амплитуд, применение полосового фильтра, применение многоканального фильтра (FK-фильтра);
- расчёт априорных статических поправок за рельеф;
- суммирование по ОГТ и получение временных разрезов с априорной статикой и кинематикой.

Разрез ОГТ совмещался с графиками отметок рельефа, кратности МОГТ, значений вертикального времени, спектра сигнала, преобладающей частоты сигнала, ширины спектра сигнала, соотношения сигнал/шум (рис. 3). Расчёт атрибутов получаемых сейсмических данных производился по каждой сейсмограмме процедурами «Grezol», «Grezold» обрабатывающего комплекса «SDS-PC». Окно анализа было выбрано в диапазоне 1300ч 2300 сек.

Определение энергетических спектров сигнала и нерегулярных помех выполнялось следующим образом: для трасс, составляющих базу обработки, вычислялись функции автокорреляции и взаимной корреляции. Фурье-преобразование суммы функций автокорреляции есть оценка общего энерге-

тического спектра трасс. Фурье-преобразование суммы функций взаимной корреляции, совмещенных предварительно по положению глобальных максимумов, дает оценку энергетического спектра сигнала. Разница между общим спектром и спектром сигнала дает оценку энергетического спектра нерегулярных помех, а отношение спектров - определяет оценку - сигнал/шум.

По мере накопления атрибутов сейсмической записи, в программе «Surfer» строились карты атрибутов сейсмической записи, наложенные на топографические данные и трехкомпонентные зависимости атрибутов для выявления взаимосвязи изменений атрибутов сейсмической записи с условиями производства работ (рис. 4-6).

Так, из представленных материалов можно сделать вывод о понижении частоты сигнала на возвышенных участках рельефа, соответствующих зонам верховным болот. Понижение соотношения сигнал/шум тяготеет к пойменному участку реки.

В заключение данной статьи можно сделать следующие выводы.

1. Проблема оперативной оценки качества сейсморазведочных материалов является весьма актуальной, активно разрабатывается многими геофизическими организациями, но пока далека от её сколь-либо полного решения.
2. Стандартизация методов и допусков по контролируемым параметрам возможна лишь на уровне контроля параметров аппаратуры.
3. Выработка региональных стандартов качества сейсмической записи нереальна, так как даже в одном и том же регионе они в значительной мере определяются конкретными сейсмогеологическими условиями каждой конкретной площади и даже в пределах одной площади нередко подвержены изменениям.
4. Актуальна разработка и оптимизация автоматизированных средств оценки качества на основе определения атрибутов сейсмической записи и внедрение их в практику работы полевых сейсмических партий, поскольку они позволяют установить зависимости значений атрибутов и, соответственно, качества записи от условий проведения работ.
5. Вопрос оценки геологической информативности сейсморазведочной информации в конкретных условиях является типичной некорректной задачей, решался и решается на уровне экспертных оценок всего объема материала на каждом исследуемом объекте. Поэтому необходимость оперативного выявления и всемерного устранения

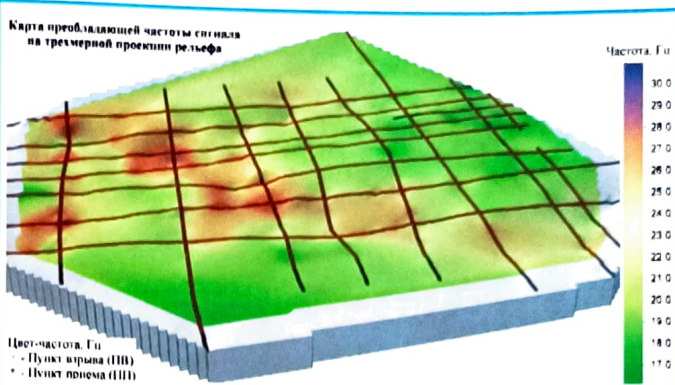


Рис. 4. Карта распределения преобладающей частоты сигнала

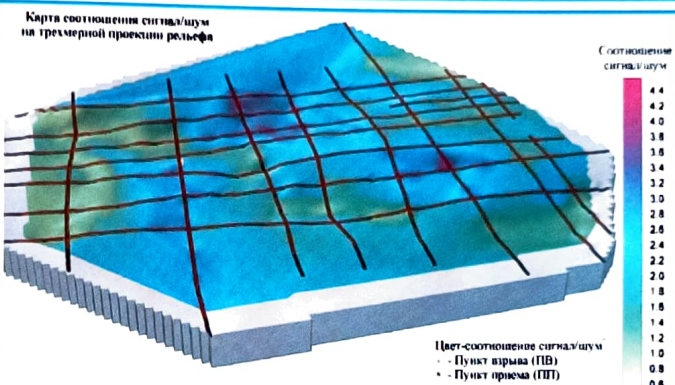


Рис. 5. Карта распределения соотношения сигнал/шум

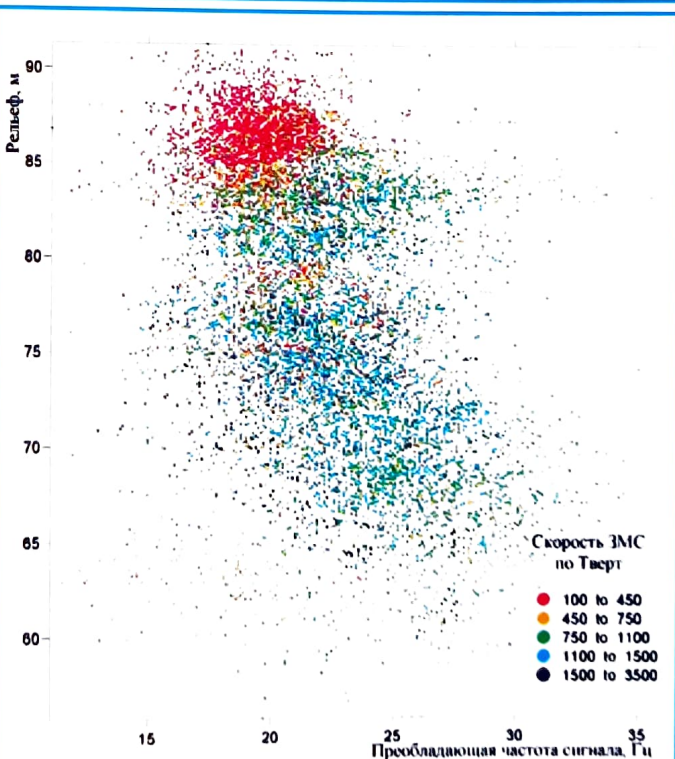


Рис. 6. График Трехкомпонентной зависимости Рельеф - Преобладающая частота сигнала - Скорости ЗМС

влияния мешающих факторов на самых ранних стадиях разведки (в поле) - оперативной оценки качества сейсморазведочных материалов - является чрезвычайно важной и требует накопления и обобщения опыта геофизических организаций.

РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ