

Автоматизированная оценка качества сейсмограмм в процессе их регистрации

Кондратьев О.К., ВНИИГеофизика, г. Москва

МЕТРОЛОГИЯ

Качество исходных сейсмических записей является главным фактором, определяющим эффективность дальнейшей их обработки и достоверность получаемых сейсмических разрезов. В современной нефтяной сейсморазведке применяются сверхплотные системы наблюдений с получением очень большого числа многоканальных сейсмограмм. Визуальная оценка качества сейсмических записей огромных массивов данных практически нереализуема. К тому же визуально можно выявить только несколько явных погрешностей записи, типа неработающих каналов и большого уровня аппаратурных шумов. При очень большом динамическом диапазоне уровня сейсмической записи, как по времени регистрации волн, так и по удалению точек их регистрации от ПВ, для визуального контроля необходимо специально воспроизводить запись сейсмограмм либо с автоматической регулировкой амплитуд (АРА), либо на нескольких разных уровнях усиления. Очевидно, что все это не соответствует требованиям высокой производительности работ и на практике приводит к тому, что контроль качества записи осуществляется не в нужной мере. Как существующая долгие годы "Инструкция по сейсморазведке", так и ее новая редакция, в своем разделе по оценке качества сейсмограмм явно устарели, поскольку целиком ориентированы на визуальный их просмотр. Не менее важным является и то, что подобная оценка "на глаз" всегда будет субъективной и некорректной.

И если вся обработка сейсмических записей полностью компьютеризирована, то для оценки их качества до последнего времени не было никакого программного обеспечения не только в нашей стране, но и за рубежом. Более того, не существовало какой-либо общепризнанной методологии и узаконенных четких, а главное, реально работающих, правил принятия решений, что считать хорошим, а что плохим в записях сейсмических колебаний. Все это побудило нас заняться разработкой программного обеспечения оценки качества сейсмограмм на всех этапах работы с ними, когда такая необходимость возникает, а именно:

- текущий контроль каждой сейсмограммы в процессе их регистрации в поле,
- потрасный контроль массива сейсмограмм супервайзером,
- оценка качества профиля сейсмограмм при их сдаче/приемке на ВЦ,
- объективная оценка качества выполненных работ Заказчиком.

Достаточно подробно созданные программы описаны в статьях [1,2]. Они объединены в автономной Системе AutoSOKS для персональных компьютеров типа PENTIUM. В данной статье мы основное внимание уделим первой задаче - текущему контролю качества сейсмограмм в процессе их регистрации, поскольку здесь имеется ряд специфических и до конца еще нерешенных технических проблем. В то же время, программное обеспечение всех

четырёх указанных выше этапов работ построено на единых принципах и алгоритмах анализа и оценки сейсмических записей, о чем нелишне напомнить и в данной статье.

Анализ качества сейсмограмм производится по 11 параметрам сейсмических записей условно разделенных на два уровня:

Первый уровень - потрасный анализ с целью выявления следующих бракованных трасс:

- с нулевой записью,
- с записью аппаратурных шумов,
- с записью 50-Гц электрических наводок,
- с несейсмической записью,
- с выбросами амплитуд,
- с большим уровнем микросейсм.

Считается, что такие трассы будут в дальнейшем исключены из обработки сейсмограмм.

Второй уровень - анализ сейсмограммы в целом с выявлением некондиционных трасс, которые не исключаются из обработки, но снижают качество ее результатов. К ним относятся следующие сейсмограммы:

- измененного спектрального состава,
- с низким энергетическим уровнем записи,
- с малым отношением сигнал/помеха,
- с интенсивными поверхностными волнами,
- с записью интенсивной звуковой волны.

Два первых случая бракованных трасс (нулевая запись и аппаратурный шум) не нуждаются в каких-либо условиях их обнаружения. Все остальные как бракованные, так и некондиционные трассы, выявляются в том случае, когда степень некачественной записи превышает некоторые заданные для каждого параметра пороги. Например, относительную длительность электрической наводки, величину и число выбросов амплитуд, отношение уровня записи микросейсм к полезной сейсмической записи на времени регистрации целевых отражающих горизонтов и т.п. При анализе сейсмограмм в целом их отнесение к некондиционным производится в том случае, если относительное число некачественных записей по параметрам Второго уровня превосходит заданный пороговый процент от общего числа трасс сейсмограммы.

Все эти условия и пороговые значения задаются в Проекте задания по анализу сейсмограмм, который зависит от "степени строгости" решения поставленных задач (к примеру, кинематическая и динамическая сейсморазведка) и остается постоянным для данного района и сейсмогеологических условий проведения работ.

Оценка качества сейсмограмм на третьем и четвертом этапе работ с ними (сдача/приемка на ВЦ и Заказчику) производится с помощью штрафных баллов (шБ), которые автоматически назначаются и суммируются за каждый вид некачественной записи отдельных трасс или всей сейсмограммы в целом. При этом используются заложенные в Систему AutoSOKS шкалы и Директивы принятия решений, которые также могут меняться в зависимости от задач и условий проведения работ, но только их Руководителем

при согласии Заказчика. Достаточно подробно эти вопросы освещены в статьях [1,2] При текущем и потрасном контроле сейсмограмм (первые два этапа работ) в оценке качества сейсмограмм с назначением ШБ нет большого смысла, поэтому здесь мы эту тему больше затрагивать не будем.

Одним из важнейших элементов контроля и оценки качества сейсмограмм является использование эталонной сейсмограммы. В новом районе она может быть получена при специальных опытных работах. В тех районах, где работы ранее проводились, из полученных материалов в качестве Эталона выбирается та сейсмограмма, которая по всем своим параметрам может считаться отличной. В системе AutoSOKS определяются и записываются в память ПЭВМ те характеристики записей трасс Эталона, в сравнении с которыми оцениваются параметры записи всех остальных анализируемых сейсмограмм. По результатам такого сравнения принимается решение браковать или нет отдельные трассы, а всю сейсмограмму в целом считать кондиционной или нет.

При использовании Эталонной сейсмограммы решается одна из важнейших проблем автоматической оценки качества сейсмических записей, а именно, учитываются сейсмогеологические особенности района и условия проведения работ. Очевидно, что характер волнового поля, к примеру, в Западной Сибири существенно отличен от Восточной Сибири, не менее различны записи сейсмических колебаний на суше и на море или при возбуждении волн взрывами в скважине и вибраторами на поверхности. Используемая Эталонная сейсмограмма и отображает эти особенности волновых полей. В то же время она является наилучшей записью сейсмических волн, которая может быть получена в этих условиях. Если же условия значительно меняются на разных участках одного

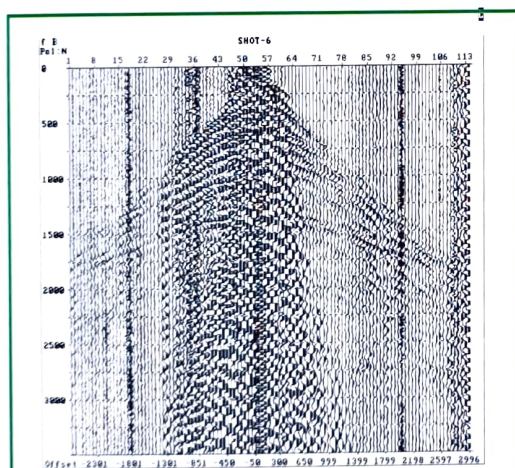


Рис. 1 Анализируемая сейсмограмма, полученная с невзрывным импульсным источником в одном из районов Западной Сибири.

района (что встречается не очень часто), то для таких площадей следует использовать разные Эталоны.

Из-за ограниченности объемов статьи приведем лишь один пример работы программы автоматического текущего контроля записи сейсмограммы. Для этого взята сейсмограмма достаточно низкого качества (рис. 1) среди

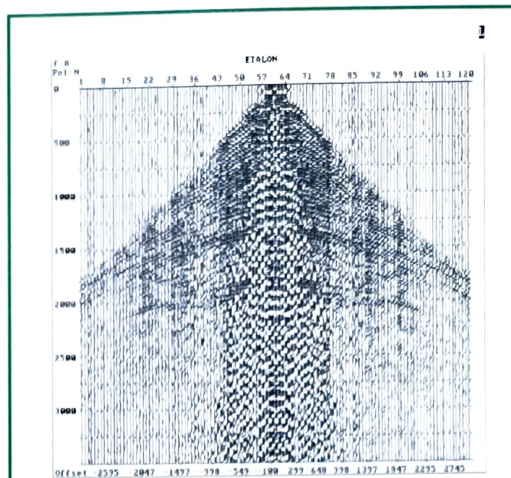


Рис. 2 Сейсмограмма, использованная в качестве Эталона при анализе записей на рис. 1

массива сейсмограмм, полученных в одном из районов Западной Сибири с малоомощным невзрывным поверхностным источником возбуждения колебаний (с накапливанием). На рис. 2 приведена наилучшая для этого профиля сейсмограмма, которая использовалась в качестве Эталона. В данном случае сравнительно интенсивный дуг поверхностных волн неизбежен для такого вида работ, и наличие его в Эталоне как раз



Рис. 3 Вид экрана дисплея при текущем анализе качества записи сейсмограммы на рис.1

и позволяет не относить такую особенность к разряду недоброкачественных записей.

На рис. 3 показан вид экрана дисплея после анализа сейсмограммы, приведенной на рис. 1. Верхний ряд цифр над цветными полосами соответствует номерам трасс. В левой части на поле разного цвета приведены названия анализируемых потрассных параметров (по которым бракуются трассы) и параметров, определяемых по всей сейсмограмме в целом. Среди последних оставлено 3 параметра из 5, т.к. отношение сигнал/помеха и характеристика поверхностных волн могут быть получены только по всем трассам или группе трасс. Поэтому эти два параметра не могут быть приписаны какому-либо конкретному номеру трассы. Бракованные и некондиционные трассы указываются на зеленом поле прямоугольниками соответствующего цвета. Одновременно подобная информация может быть выведена на экран для 120 трасс записи. Если их больше данного числа, то информация



выводится по частям. Кроме вывода данных на экран в памяти ПЭВМ в отдельном файле записывается справка о данной сейсмограмме в том виде, как это указано в табл. 1. Здесь содержится информация не для каждой трассы, а только их общее число с недостатками того или иного рода. Зато имеется возможность отметить и отсутствующую на экране информацию из анализа всей сейсмограммы в целом об отношениях сигнал/помеха и интенсивности поверхностных волн. Из таких справочных файлов может быть составлен единый документ

Таблица 1 Результаты оценок трасс и сейсмограммы

Номер сейсмограммы	6
Общее число трасс	114
Число некачественных трасс	34
из них бракованных (1й уровень)	20
некондиционных (2й уровень)	14
БРАКОВАННЫХ трасс 1-го уровня:	
• нулевой записи	0
• с аппаратным шумом	15
• с наводками 50 Гц	0
• не сейсмической записи	5
• с выбросами амплитуд	0
• с большими микросейсмами	0
НЕКОНДИЦИОННЫХ трасс 2-го уровня:	
• иного спектрального состава	13
• малого энергетич. уровня	0
• с интенсивным звуком	1
Сигнал/помеха Эталона	0.85
анализируемой сейсмограммы	0.71
Сигнал/помеха в конусе поверхностных волн	
Эталона	0.02
анализируемой сейсмограммы	0.01

сопровождения серии зарегистрированных сейсмограмм.

Если вернуться к сейсмограмме на рис. 1, то визуально еще можно отметить трассы с записью аппаратного шума, да и то не все. Так, например, программным способом отмечается такой недостаток для трассы с номером 14 (рис. 3), которая на рис. 1 выглядит вполне нормальной. Однако, если ее визуализировать индивидуально,

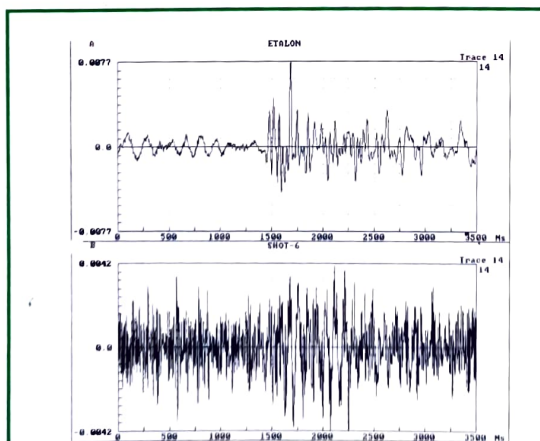


Рис. 4 Пример автоматического выявления трассы с записью аппаратного шума: а — трасса эталонной сейсмограммы, б — трасса анализируемой сейсмограммы

сравнивая с аналогичной трассой Эталона (рис. 4), то хорошо видно, что при автоматическом анализе получено верное заключение. Также практически невозможно визуально выявить такой недостаток, как неверный спектральный состав записи отдельных трасс. К примеру, на экране (рис. 3) некондиционной трассой по данному признаку отмечена трасса с номером 15. Последующий спектральный анализ записи этой трассы показал, что ее спектр в сравнении со спектром аналогичной Эталонной трассы действительно аномален (рис. 5).

В общей системе анализа записей сейсмограмм AutoSOKS имеется программа, позволяющая получить полную потрассную информацию о качестве каждой трассы отдельной сейсмограммы по всем проверяемым параметрам. Эта программа применяется для того, чтобы настроить систему AutoSOKS на правильное обнаружение некачественных записей с минимальными пропусками цели и выдачи неверных заключений. В какой-то степени подобные погрешности присущи любой системе распознавания объектов на основе сравнения с Эталоном. Наш опыт работ с системой AutoSOKS показал, что надежность разработанных нами алгоритмов оценки качества сейсмических записей достаточно велика. Поэтому мы берем на себя смелость утверждать, что проблему автоматической оценки качества сейсмограмм в части создания программного обеспечения можно считать решенной для всех перечисленных выше стадий работ. В то же время имеются некоторые особенности и затруднения применения данного программного продукта для контроля записи сейсмограмм в процессе их регистрации. Именно к этим вопросам и хотелось бы привлечь внимание разработчиков геофизической аппаратуры.

Прежде всего, и это весьма принципиально, для оценки качества сейсмограмм используются не только чисто технические, но и геофизические параметры записи. Более того, последние наиболее важны и, в то же время, визуально практически не могут быть выявлены. К ним относятся все те характеристики, которые связаны с какими-либо приемами выделения волн или разделения волнового поля на его составляющие (отношение сигнал/помеха, оценка поверхностных и звуковых волн, энергетический уровень полезной сейсмической записи и микросейсм и т.п.). Для их определения необходима определенная информация о полученной сейсмограмме, которая в явном виде не содержится в самой исходной ее записи. Так, надо более или менее точно знать расстояние каждой точки записи трассы от ПВ (offset). Сама Эталонная сейсмограмма во всех случаях должна быть записана в формате SEG-Y с этикетками трасс, в которых такая информация содержится. Все остальные сейсмограммы, в том числе и анализируемые в процессе регистрации, могут не иметь параметра offset только в том случае, когда расстановка ПП по этому параметру записи строго постоянна и в точности соответствует расстановке, при которой получена Эталонная сейсмограмма. Если это условие не выполняется, то необходимо разработать дополнительные аппаратные и программные средства оперативного введения в память бортовой ЭВМ данных о координатах ПВ и ПП или параметры offset трасс каждой новой полученной сейсмограммы.

Окончание см. стр. 40



GEO-IMPULSE ООО "ОЙО-ГЕО Импульс Интернэшнл"

INTERNATIONAL

ПРЕДПРИЯТИЕ ПРЕДЛАГАЕТ:

Сейсмоприемники

Кроме широко известных GS-20DX начато серийное производство новых сейсмоприемников GS-32CT и GS-30CT. Получен сертификат на право выпуска этих приборов от компании "Гео Слейс" (США). Данные типы сейсмоприемников в наибольшей степени отвечают требованиям, предъявляемым сегодня к геофизическим исследованиям.

Кабель

С 1993 года предприятие разрабатывает и выпускает кабель и готовые секции (косы). В настоящее время выпускается свыше 20 типов кабеля с числом жил от 2-х до 254. Материал наружной изоляции морозостойкий полиуретан фирмы BASF.

С 2003 года при производстве кабеля используются специальные добавки, отпугивающие грызунов. Для телеметрических систем сбора данных выпускаются секции телеметрического кабеля с числом жил от 6 до 27. Жилы могут быть как однопроволочными, так и многопроволочными. Конструкция кабеля имеет грузонесущий кевларовый элемент, существенно увеличивающий прочность кабеля. В настоящее время выпускаются секции кабеля для систем I/O Sercel, станций Саратовского СКБ СП.

Предприятие обладает всем необходимым для выпуска любого типа кабеля. Запущена новая импортная линия по производству кабеля, аналогов которой нет в России. При необходимости внутрь кабеля закладывается специальный герметизирующий состав, обеспечивающий повышенную продольную гидроизоляцию.

Все секции телеметрического кабеля проходят 100% контроль по следующим параметрам:

- переходное затухание;
- утечка;
- коэффициент затухания телеметрических пар;
- сопротивление шлейфов;
- коэффициент отражения;
- емкость пар и асимметрия по емкости;
- взаимное влияние по геофонным и телеметрическим каналам.

Разъемы

Тип разъема, устанавливаемого на кабель, определяет заказчик. Мы предлагаем следующие типы канальных выводов: KCK-2; KCL; PPT (SPT); Herma; Amphib.

Концевые разъемы изготавливаются из высокопрочной пластмассы (наружный корпус). Внутренняя контактная часть разъема закупается у ведущих мировых производителей. В производстве разъемов используются современные термопластавтоматы, закупленные в Германии.

Секции телеметрического кабеля прошли сертификацию в Центральном сертификационном органе ЕАГО и имеют Сертификаты соответствия ЕАГО.

Блоки питания МВР для систем I/O

Изготавливаются из высокопрочной пластмассы. Комплекуются терморезистором, разъемом и предохранителем.

По желанию заказчика блоки могут комплектоваться аккумуляторами.

Тестеры

Начато производство различных типов тестеров, как для кабелей систем I/O, так и для Sercel. В полевом варианте тестер позволяет контролировать следующие параметры:

- обрывы;
- полярность;
- сопротивление изоляции между парами с чувствительностью не хуже 200 кОм.

Обрывоискатель собственной разработки позволяет определить место обрыва жил кабеля с точностью до 1 см., в том числе у линейных кабелей с числом жил до 100.

Ремонт и сервисные работы

Предприятие имеет большой опыт по ремонту телеметрических секций и любого кабеля. Мы производим полное тестирование и 100% восстановление работоспособности практически любых типов секций кабеля и разъемов. Дефектация и ремонт групп сейсмоприемников в условиях завода-изготовителя позволяет существенно продлить срок службы и сократить затраты. После ремонта дается гарантия на все выполненные работы.

Наш принцип - минимальные сроки при максимальном качестве

450001, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Кировоградская, 36.

Телефон: /3472/ 25-39-73

E-mail: geoimp@ufanet.ru

Факс: /3472/ 24-73-44

<http://geoimp.on.ufanet.ru>

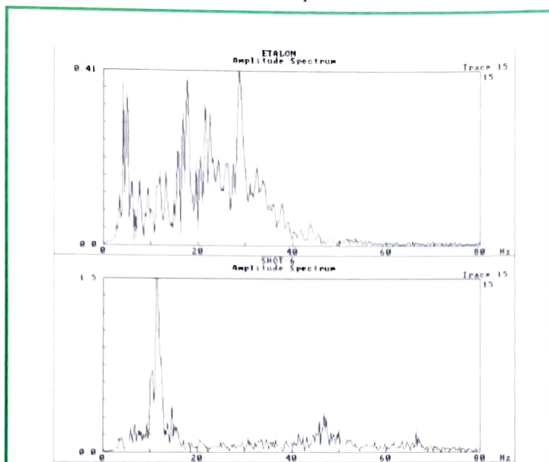


Рис. 5 Пример автоматического выявления трассы с существенно иным спектром записи колебаний: а - спектр трассы эталонной сейсмограммы, б - спектр трассы анализируемой сейсмограммы

Необходимо также оперативно преобразовать форматы записи из полевого типа (SGY-D или какой-либо иной) в демультимплексированный формат SEG-Y, а при использовании вибраторов еще и с преобразованием в записи коррелограмм. Система анализа качества сейсмограмм AutoSOKS исходит из того, что такие процедуры в программном обеспечении бортовых ЭВМ имеются, иначе надо дооснастить эту систему набором программ с учетом того, что разные типы сейсмостанций могут использовать разные форматы записи сейсмограмм при их регистрации.

Таким образом, описанное выше программное обеспечение оценки качества сейсмограмм для начального этапа работ в поле нуждается в определенном аппаратном оснащении и адаптации для включения в типовые системы бортовых компьютеров.

Несколько слов о функциях и особенностях работы супервайзеров с системой AutoSOKS. Очевидно, что без такой системы их контроль качества получения сейсмограмм в поле мало эффективен. В процессе их регистрации они могут только контролировать условия проведения работ (глубину заложения заряда, параметры группы вибраторов, качество установки сейсмографов и т.п.), что и без них может делать оператор сейсмостанции. Как было сказано выше, визуальный контроль каждой вновь полученной сейсмограммы объективен, субъективен и крайне ограничен. Бытует мнение о том, что следует прямо в поле получать временные сейсмические разрезы, по которым уже судить о качестве выполняемых работ. На наш взгляд оно ошибочно. Во-первых, первичные временные разрезы без углубленной обработки с коррекцией статических и кинематических поправок, как правило, мало информативны и на них редко прослеживаются глубокие отражающие горизонты. Во-вторых, и это самое главное, по технологии сейсмических работ МОВ-ОГТ такой временной разрез может быть получен только после отработки всего или достаточно большой части профиля. Если при этом и выяснится недостаточное качество сейсмических материалов, то вряд ли кто будет вторично обрабатывать весь или отдельные участки профиля. Контроль

полевых сейсмограмм эффективен только в том случае, если сразу после их регистрации оператор получает информацию о качестве произведенной записи, и в случае необходимости может продублировать ее или оперативно что-то исправить при регистрации следующей сейсмограммы.

Роль же оснащенной системой AutoSOKS супервайзера заключается в том, чтобы с самого начала выбрать и заложить в систему нужную Эталонную сейсмограмму, а при существенном изменении сейсмогеологических условий проведения работ на каких-то участках заменить ее на новую. Далее надо на первых этапах проведения работ по отдельным типовым сейсмограммам настроить систему AutoSOKS, т.е. подобрать нужные условия определения параметров записи и пороги принятия решений. После этого ежедневно или через какие-то промежутки времени, пользуясь программами потрассового или полного (с назначением ш.б. см. выше) контроля сейсмограмм системы AutoSOKS, производить приемку материалов от оператора.

В заключение следует особо отметить и еще одну важную особенность автоматического контроля и оценки качества сейсмограмм. Из-за необходимости адаптации системы AutoSOKS к условиям проведения работ и требованиям решаемых задач она должна быть открыта для Пользователя в части определения характеристик и назначения допустимых порогов записи сейсмических колебаний. На первый взгляд, это делает возможным некоторый произвол выбора режимов работы системы, в том числе и снижения требований к качеству получаемых материалов. И это действительно так, если не обеспечить единство требований к качеству сейсмограмм на всех указанных выше этапах его определения. Если оператор будет знать требования предъявляемые к качеству сейсмограмм супервайзером, супервайзер, в свою очередь, будет знать требования при приемке материалов на ВЦ и, наконец, будут учитываться требования Заказчика при оценке качества проданных работ, то во всех этих звеньях производства геофизических работ нет никакого смысла в том, чтобы как-то "облегчать свою жизнь", снижая эти требования. Постоянство же требований обеспечивается тем, что на всех этих этапах используется единый Проект задания и единые Эталонные сейсмограммы. В том случае, если Заказчик в силу каких-то причин не владеет системой AutoSOKS или не может сам определить нужный уровень требований к качеству сейсмограмм, то такая экспертная услуга может быть оказана ему специализированной геофизической фирмой.

По нашему мнению, только таким образом может быть реально повышено качество получаемых сейсмических материалов, в чем, в конечном счете, должны быть заинтересованы и производители геофизических работ. Кроме того, это исключит какие-либо субъективные противоречия между Заказчиками и Исполнителями этих работ на этапе оценки качества их выполнения.

Литература

1. Кондратьев О.К., Автоматизированные системы оценки качества сейсмограмм и волновых сейсмических разрезов ОГТ, Геофизика, Специальный выпуск "Технология сейсморазведки-1", 2002, 3-12.
2. Кондратьев О.К., Автоматизированный контроль и оценка качества сейсмограмм и сейсмических разрезов, Геофизический вестник, 3-4, 2003, 18-24.