

Программное обеспечение UR.QC для контроля качества и предварительной обработки сейсмических данных с автономных донных станций

- Попов Д.А., Кошелев Е.А., ООО «МТЦ», г. Санкт-Петербург.
- Зиборов А.В., ООО «МТЦ», СПбГУ, г. Санкт-Петербург.
- Павлов Д.А., ООО «Энтрофорс», г. Санкт-Петербург.

Аннотация. В работе рассматриваются функциональные возможности и назначение программного пакета UR.QC - первого российского коммерческого продукта, предназначенного для решения задач предварительной обработки и контроля качества данных, полученных с донных станций. Этот пакет является составной частью комплекса программ UR, предназначенного для работы с комплексами морской сейсморазведки на основе донных станций Коралл, Катран, Калкан и Краб, разработанных ООО «Морской Технический Центр» («МТЦ»).

Ключевые слова: сейсморазведка, донные станции, нодальные системы, МОВ ОГТ, контроль качества, обработка данных

Комплексы морской сейсморазведки на основе донных станций

Донные сейсмические станции (ДС) давно и успешно заняли свою нишу в современной морской геофизике. Масштабные проекты 3/4D – 4C сейсморазведки с задействованием тысяч ДС уже не воспринимаются чем-то невероятным, а наоборот – успешно решают поставленные геологические задачи.

Проведение подобных работ требует, помимо высокой надежности используемых ДС, внимательной проработки всего спектра технологического обеспечения – максимальной автоматизации процессов настройки, обслуживания станций, запуска их на регистрацию и формирова-

ния итоговых массивов сейсмической информации. В конечном счете это означает, что для эффективной работы с ДС необходим полноценный аппаратно-программный комплекс, решающий все эти задачи.

ООО «Морской Технический Центр» является ведущим отечественным производителем сейсмических донных станций и выпускает комплексы, основанные на ДС Коралл, Катран, Калкан и Краб (Рисунок 1). Широта номенклатуры обусловлена, прежде всего, существенным разнообразием таких характеристик ДС, как размеры, масса, автономность и максимальная рабочая глубина, что позволяет заказчику гибко сконфигури-

▼ Рис. 1. Донные станции Калкан, Коралл, Катран и Краб (слева-направо).



ровать оборудование под конкретные условия полевых работ.

Отдельные компоненты комплексов максимально унифицированы, что, прежде всего, касается используемого программного обеспечения – программного комплекса UP.

UP.QC в составе программного комплекса UP

Пакет программ UP предназначен для решения всего комплекса задач, связанных с управлением ДС, их настройкой, тестированием, запуском и остановкой регистрации, скачиванием, анализом и предварительной обработкой зарегистрированных данных. И если первые (технические) этапы лежат ближе к непосредственной работе с оборудованием, то задачи анализа и предварительной обработки относятся в большей степени к ведению геофизиков.

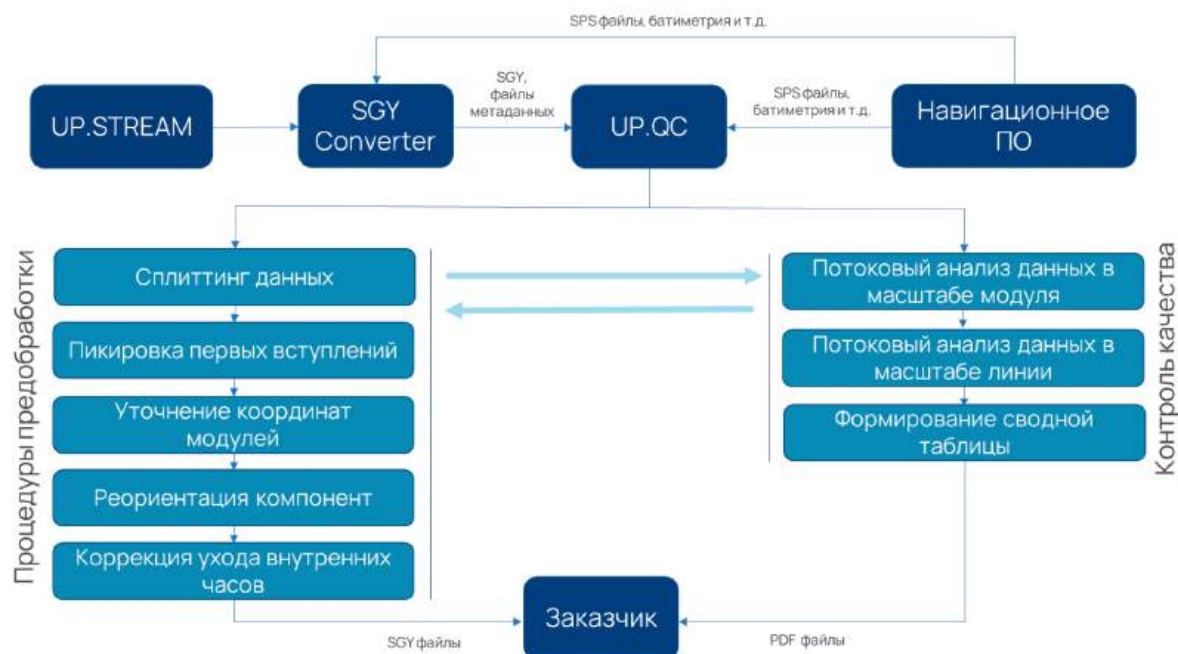
После подъема ДС с расстановки и их подключения к контейнеру-лаборатории или мобильному блоку управления (при этом выполняется остановка регистрации, сверка внутреннего генератора, выгрузка сейсмических данных в сыром

формате) и последующей нарезки (конвертации) данных в стандартный формат SEG-Y, сейсмограммы могут сразу быть переданы в обработку.

На первом этапе, перед непосредственной обработкой, необходимо максимально быстро выполнить контроль качества зарегистрированных сейсмограмм – прежде всего, для принятия решения о переходе на следующие приемные линии, а также для выявления возможных неисправностей оборудования и его исключения из последующей работы. Анализ данных должен производиться оперативно, в пакетном режиме и с минимумом ручных операций.

Задача следующего этапа (предварительной обработки) – коррекция неточностей в данных, специфичных именно для донных станций и определяющихся методикой работы с ними. Речь идет о неточностях, связанных с позиционированием ДС на дне во время регистрации, ориентацией векторных приемных компонент, погрешностях привязки временной шкалы регистратора (уходе внутренних часов) и т.д. [Степанов и др., 2020, Зиборов и др., 2024].

▼ Рис. 2. Последовательность работы с сейсмическими данными.



Перечисленные задачи решаются, в той или иной мере, всеми сервисными компаниями, использующими ДС. Однако в большинстве случаев для их решения задействуется широкий спектр разрозненных средств, включающий, с одной стороны, дорогие и тяжеловесные пакеты обработки сейсмических данных (ProMAX SeisSpace, Echos), с другой – программное обеспечение (ПО) решающее задачи визуализации и работы с численными атрибутами (Surfer, MS Excel), дополненные специализированными скриптами и макросами. Все это усложняет рабочий процесс, увеличивает вероятность совершения ошибок и требует постоянного контроля со стороны высококвалифицированного оператора.

Компания «МТЦ» пошла по пути создания узкоспециализированного программного пакета UP.QC, интегрированного в линейку остальных программных продуктов семейства UP (рисунки 1, 2).

Работа с программной частью сейсмического комплекса строится следующим образом:

1. После остановки регистрации поднятых с расстановки ДС и итоговой сверки времени, данные за весь период копируются на дисковые массивы управляющих серверов (ПО UP.Stream);

2. В соответствии с навигационными файлами и отметками точного времени срабатывания сейсмического источника, производится нарезка сейсмических трасс в стандартном формате SGY с параллельным формированием файлов метаданных, содержащих в себе различную сервисную информацию о работе ДС (логи, значения температуры, давления, влажности внутри станции и т.д.);

3. Сконвертированные сейсмические файлы вместе с файлами метадан-

ных загружаются в ПО UP.QC. Последующая обработка файлов ведётся в потоковом режиме;

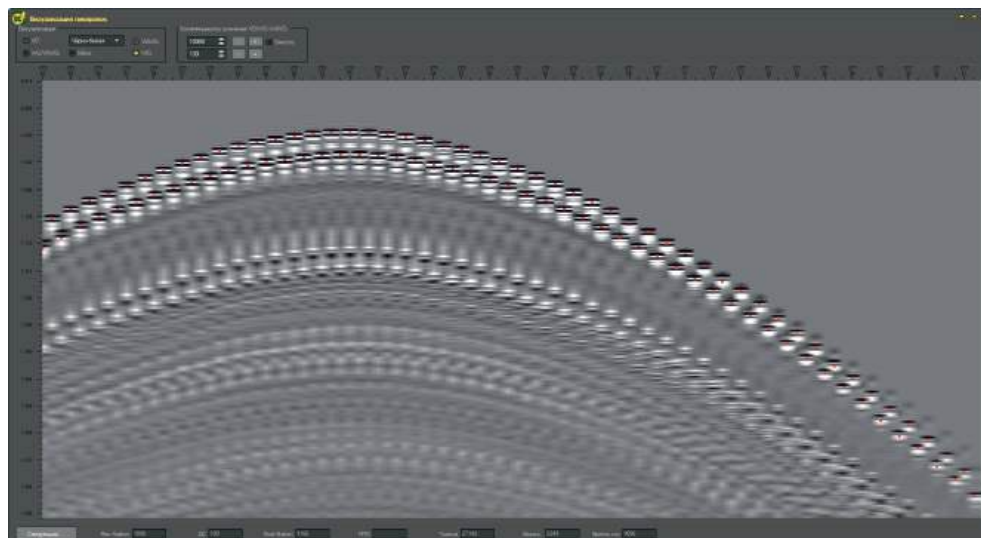
4. При первоначальной настройке программы производится формирование всех шаблонов (сохраняемых настроек), касающихся процедур пикировок первых вступлений, их обработки и фильтрации, предобработки сейсмических данных, состава, последовательности и параметров модулей формирования отчетов контроля качества. Шаблоны тестируются на небольшом объеме данных (результаты ОМР, первые постановки ДС);

5. Последующая работа с данными основана на потоковом запуске процедур в соответствии со сформированными шаблонами для каждой приемной линии в отдельности.

6. В результате формируется массив выходных файлов – SGY после процедур предобработки, отчеты контроля качества по каждой ДС, сводные отчеты контроля качества по приемной линии и табличные файлы со всеми рассчитанными численными атрибутами (координаты, значения азимутов и углов крена/дифферента, соотношения сигнал/шум и т.д.).

Задачи подготовки данных

Все процедуры предварительной обработки выполняются независимо друг от друга и могут быть задействованы в любом составе. Назначение процедур – исправление неточностей в исходных данных, связанное с отсутствием достоверной информации о положении (уточнение координат), ориентации (определение ориентации ДС и реориентация компонент), временной привязке зарегистрированных событий (выявление некомпенсированного ухода внутренних часов и его компенсация), причем на



◀ Рис. 3.
Сейсмограмма
с нанесенной
пикировкой
первых
вступлений.

протяжении всего времени регистрации (сплиттинг данных – выявление моментов перемещения ДС).

Пикировка первых вступлений сейсмограмм. Это сервисная операция, необходимая для работы большого числа процедур обработки и анализа данных. Существует множество подходов к пикировке данных, часть из которых использует сложные алгоритмы машинного обучения и распознавания образов, другая же часть опирается на значительно более простые одноканальные процедуры поиска пороговых значений амплитуд, энергий и т.д. В UR.QC реализовано 4 быстрых и простых в настройке одноканальных алгоритма автоматической пикировки, дополненных мощным инструментом фильтрации и отбраковки ошибочных значений: с ручной отбраковкой на общем кроссплоте, автоматической фильтрацией в скользящих окнах по линии и азимуту и финальным сглаживанием с интерполяцией значений. При этом, инструмент автопикировки сделан таким образом, чтобы его было удобно использовать в итеративном режиме – с последующим этапом уточняющей пикировки в окне относительно сглаженного закона, полученного на предыдущем этапе. В результате корректного выполнения

процедуры автопикировки формируется пара наборов времен первых вступлений – фильтрованный (для процедур уточнения позиции, ориентации и коррекции ухода внутренних часов. Рисунок 3) и сглаженный (для процедур анализа и контроля качества в области первых вступлений).

Сплиттинг сейсмических данных на основании анализа показаний компаса-инклинометра. Суть метода заключается в поиске и валидации моментов возможного ступенчатого перемещения ДС в результате сноса во время отстрела расстановки. Алгоритм фиксирует ступенчатые изменения ориентации ДС, при этом в случае нахождения такого события, последующий анализ позиции и ориентации станции происходит независимо для всех периодов ее неподвижности. При настройке процедуры оператор имеет возможность задать число каналов данных, на которых синхронно должно быть зафиксировано событие, а также итоговое количество периодов неподвижности и их минимальную длительность.

Уточнение координат ДС по первым вступлениям. Используется несколько подходов, основанных как на использовании времен первых вступлений прямой волны (с уточняемым значением скорости

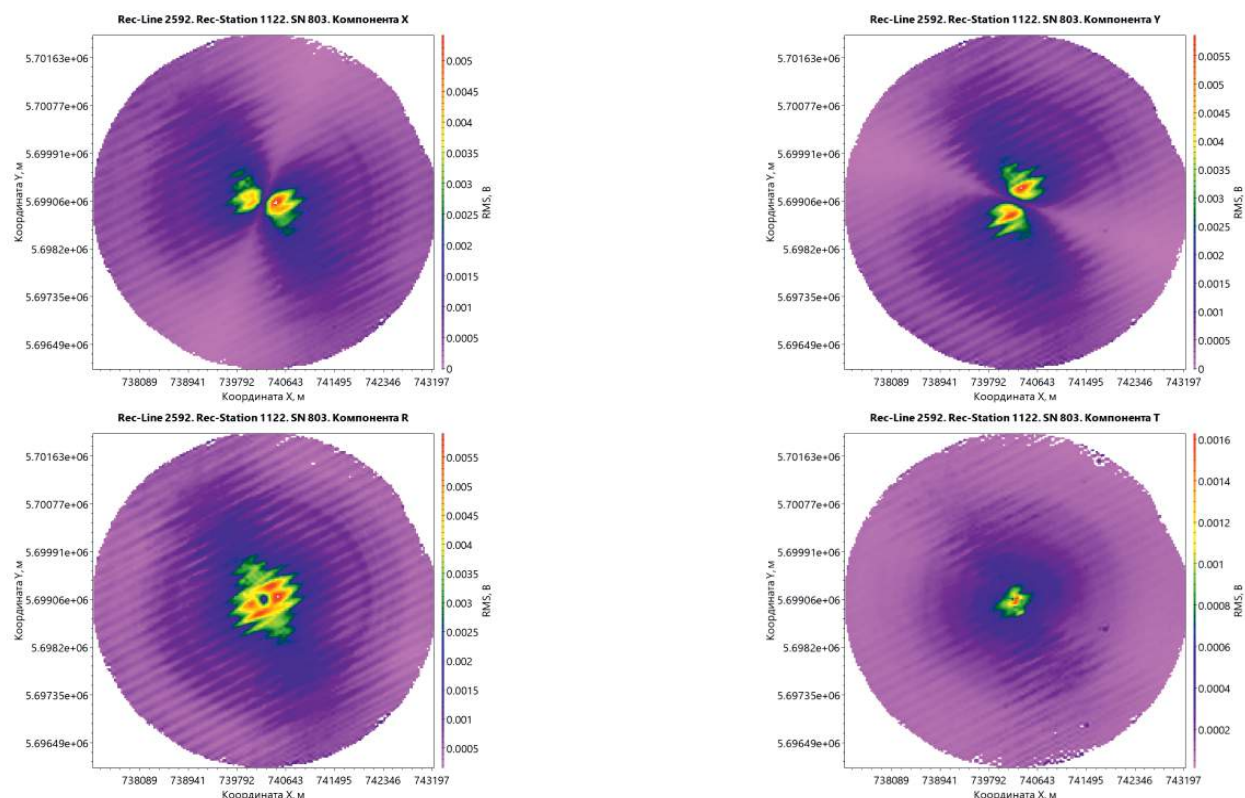
и заданием скоростного распределения в воде), так и последовательности головных/рефрагированных волн, с гибкими настройками алгоритмов (с уточнением глубин, либо без; расчетами в нескольких азимутальных окнах).

Реориентация компонент геофонов ДС. Определение фактической ориентации происходит с использованием нескольких методов – анализа данных компаса-инклинометра, годограмм всех трех геофонных компонент (метод годограмм), RMS амплитуд прямой волны (квадрантный метод). При этом для каждого из подходов делается оценка достоверности (устойчивости) с последующим выбором итоговых значений на основании этой оценки. Наибольший приоритет имеют результаты анализа годограмм, затем следует квадрантный метод; только при низких значениях устойчивости решения для этих двух методов, принимаются значения углов встроенного в ДС

компыа-инклин-метра. После определения итоговых значений углов азимута, крена и дифферента производится реориентация компонент (рисунок 4).

Выявление нескомпенсированного ухода внутренних часов на основе статистической обработки данных с нескольких ДС. Данный подход позволяет выявить остаточную нелинейную компоненту ухода внутренних часов ДС на основании различий во временах первых вступлений с соседними станциями. Путем корреляции различий во временах первых вступлений каждой ДС с несколькими соседними станциями появляется возможность выявления нескомпенсированной составляющей ухода ее встроенного генератора с последующей коррекцией. Метод позволяет корректировать данные в том числе для тех ДС, для которых, по каким-либо причинам, не была произведена итоговая сверка времени при остановке регистрации (например,

▼ Рис. 4. Карты RMS амплитуд горизонтальных компонент до и после реориентации.



при критическом разряде аккумуляторных батарей).

Задачи контроля качества

После настройки шаблонов анализа и выбора необходимого числа выполняемых процедур, для каждой загруженной приемной линии в пакетном режиме выполняется формирование ряда различных отчетов контроля качества.

Индивидуальные отчеты по каждой ДС. Реализовано более 80 модулей анализа, каждый из которых в результате

своей работы формирует одну и более страниц в итоговом файле отчета (рисунки 5 и 6). Это модули оценки различных метаданных (температуры, давления внутри ДС, показаний компаса-инклинометра), визуализации сейсмической информации в различных масштабах и сортировках, расчета RMS амплитуд, их соотношений, частотных характеристик записей, построения карт распределения уровней шумов, определения позиций и ориентации ДС и т.д.

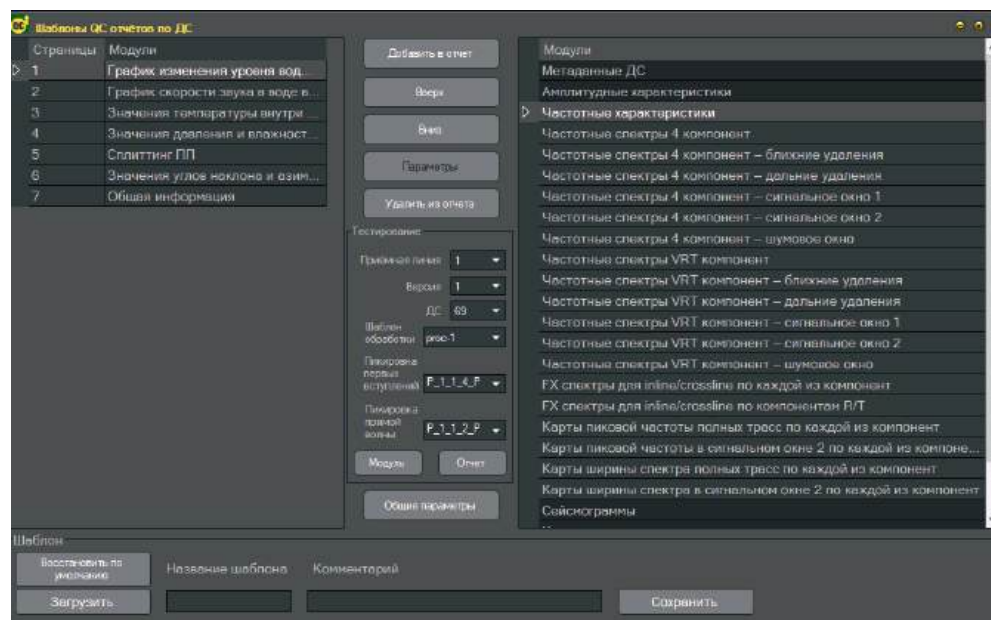
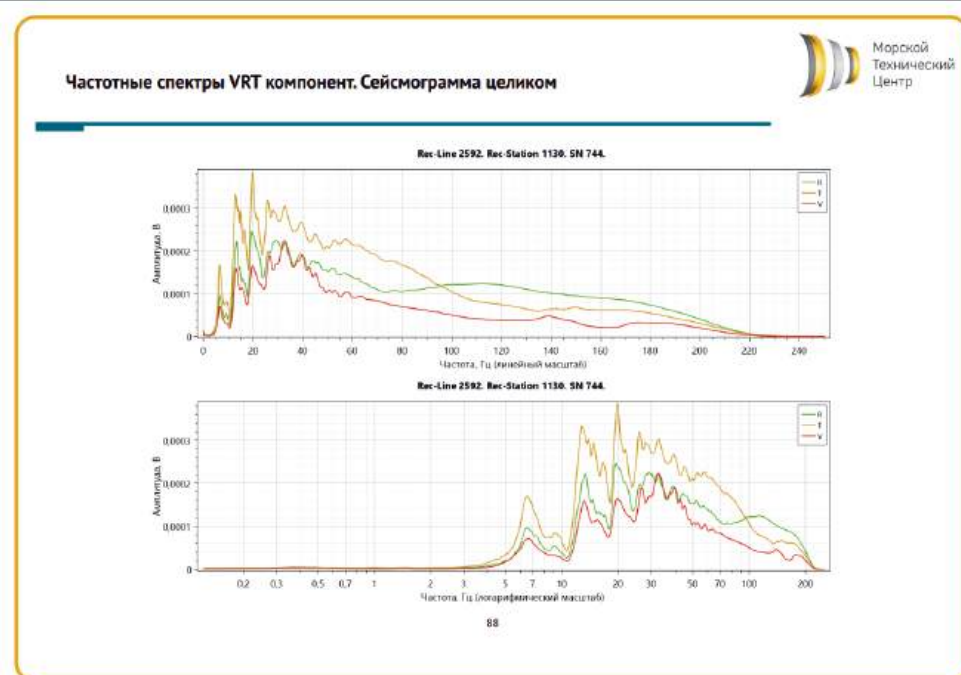


Рис. 5. Окно формирования шаблона отчета по ДС.

Рис. 6. Пример страницы отчета по ДС.



Сводные отчеты по приемной линии. Реализовано более 25 модулей анализа, часть из которых строит сводные графики/карты на основании результатов оценки в масштабе каждой ДС, а часть (например модули построения одноканальных разрезов) работает непосредственно с исходной сейсмической информацией. Эти отчеты удобны для комплексной оценки материалов по всей приемной линии целиком.

Табличные сводные файлы с информацией по приемной линии. В таблицы заносится основная рассчитанная численная информация, что делает более удобным ее последующий анализ в масштабах всего объекта. По выполнению процедуры анализа, формируется таблица в формате MS Excel со значениями координат (исходных и уточненных), углов азимута, крена и дифферента, соотношения сигнал/шум и т.д.

Заключение

Программный пакет UR.QC является важной и неотъемлемой частью аппаратно-программных комплексов морской сейсморазведки производства компании «МТЦ». Программный пакет решает широкий спектр задач, крайне актуальных для сейсморазведки с донными автономными станциями, увеличивая скорость и производительность работы

Литература

1. Зиборов А.В. и др. Комплекс морской сейсморазведки «Коралл». Технологии повышения качества материала // Гоевразия – 2024: сборник материалов конференции – Москва, 2024. – находится в процессе публикации
2. Степанов Н.А. и др. Особенности контроля качества сейсморазведки с использованием донных станций при работах 3D4C // Гоевразия – 2020: сбор-

Подробнее об авторах
ник материалов конференции – Москва, 2020. – С. 153-156.



Попов
Дмитрий Андреевич

Главный геофизик
ООО «МТЦ»



Кошелев
Евгений Александрович

Начальник отдела разработки радио-
электронной аппаратуры
ООО «МТЦ»



Зиборов
Андрей Владимирович

Главный конструктор
ООО «МТЦ»



Павлов
Дмитрий Алексеевич

Генеральный директор
ООО «Энтрофорс»