

Российское программное обеспечение для обработки сейсморазведочных данных «АЛЬТАИР-М»

- Казанин А.Г., Литвачук А.В., Сидоров Д.Н., АО «МАГЭ», г. Москва
- Сутягин Н.В., ООО «Совфрансгео», г. Тюмень

Аннотация. Начиная с 90-х годов отечественный рынок обработки сейсмических данных практически полностью опирался на иностранные программные решения. Подобный вариант развития отрасли изначально нес в себе существенные риски – при определённых условиях доступ к передовому программному обеспечению и технологиям обработки мог быть ограничен в одностороннем порядке иностранным производителем.

Компания АО «МАГЭ» одной из первых в отрасли столкнулась с влиянием санкционных ограничений по широкому спектру направлений своей деятельности, что привело к необходимости реализации собственной программы импортозамещения, в том числе и в части обработки сейсмических данных.

Ключевые слова: АЛЬТАИР-М, программное обеспечение для обработки

История цифровой обработки в России

В 60-е годы прошлого столетия геофизикам стало очевидно, что методика многократных перекрытий (МОВ ОГТ) способна существенным образом повысить качество геологического результата сейсморазведки. Вместе с тем, переход на выполнение работ в варианте МОВ ОГТ привел к усложнению подходов к обработке и существенному увеличению объема первичной сейсмической информации. Тогда же определилась главная проблема - эффективное внедрение МОВ ОГТ невозможно без перехода к цифровой обработке с использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Обеспечить переход к цифровой обработке было поручено, в том числе, и коллективу Центральной геофизической экспедиции (Миннефтепром СССР).

В рамках данного поручения в 1979 г. был заключен контракт с компанией Western Geophysical на приобретение программно-аппаратного комплекса для обработки сейсмических данных на основе оборудования IBM, при этом программная часть комплекса приобреталась вместе с исходным кодом [Кириллов, 2017]. Уже в конце 1979 г., на фоне событий в Афганистане, против нашей

страны впервые вводятся санкции, затрагивающие в том числе сектор геологоразведки – только что полученное ПО перестает поддерживаться производителем.

В сложившейся ситуации в ЦГЭ было принято решение сосредоточиться на собственной разработке – программе СЦС (Система Цифровой Сейсморазведки). Некоторое время производственные работы шли параллельно на двух системах – СЦС и Western, но со временем отечественное решение полностью вытеснило конкурента. Разумеется, были и другие примеры отечественных разработок, но к моменту окончания советской эпохи лидирующим пакетом обработки можно считать именно комплекс СЦС-3 разработки ЦГЭ.

В начале 90-х, с появлением у отечественных сервисных компаний возможности закупать иностранные программные решения, произошел стремительный и полный отказ от российских пакетов обработки, что привело к остановке их дальнейшего развития.

Текущая ситуация показывает, что выбранный в 90-х курс на замещение собственных технологий сторонними привел к серьёзным рискам не только в части обработки сейсмических данных,



Рис. 1.
Почему до сих пор нет повсеместного внедрения, удовлетворяющего всем требованиям обработчиков отечественного ПО [2023, Горбачев].

но и для всей отрасли ГРП, базой которой является точное и достоверное сейсмическое изображение. Сегодня, когда ведущие иностранные компании остановили поставки программных продуктов на отечественный рынок, а доступ к ранее выданным лицензиям может быть ограничен в любой момент, задача импортозамещения специализированного ПО становится одним из главных приоритетов и вызовов для геофизического сообщества страны. Если в интерпретации уже существуют примеры успешного и массового внедрения отечественных программ, то рынок обработки все еще находится в глубокой зависимости от зарубежных решений.

В рамках научно-практической конференции «Геонауки: Время перемен, время перспектив» (г. Санкт-Петербург, 20 апреля 2023) под председательством Горбачева С.В. (ООО «РН-Шельф-Арктика») и Оболенской А.А. (ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг») состоялся круглый стол по теме «Состояние и перспективы рынка обработки сейсмических данных в России», одним из центральных вопросов которого стало обсуждение проблем отечественного ПО для обработки. Опрос экспертов, проведенный в рамках круглого стола, показал, что несмотря на то, что на отечественном рынке уже представлено несколько работающих комплексов и несколько

прототипов разного уровня проработки [2023, Горбачев], полный переход на отечественные программные решения в обработке отрасли сейчас считает невозможным (Рис. 1).

В АО «МАГЭ» одними из первых столкнулись с реализацией в отношении себя санкционных рисков – запретительные меры, касающиеся разведки и освоения шельфовых месторождений, были приняты еще в 2014 г. С тех пор доступ к западным технологиям, в том числе и для обработки сейсмических данных, стал существенно ограничиваться.

Понимая все недостатки имеющихся отечественных программ, в начале 2023 г. было принято решение приступить к разработке собственного программного обеспечения для обработки сейсмических данных 2D/3D под рабочим названием «АЛТИР-М» [2024, Казанин]. Данная работа начата в партнёрстве с ООО «Совфрансгео» – одним из лидеров отечественного рынка разработки и поддержки геофизического программного обеспечения.

Разработка программного обеспечения

За основу АЛТИР-М взята отечественная разработка – программное обеспечение для контроля качества полевых сейсморазведочных работ GeoSeisQC. Концепция разработки изначально

базировалась на использовании только собственных или свободных технологий. Например, в качестве базы данных выбрана PostgreSQL, которая позволяет хранить и получать оперативный доступ к любым типам данных и по своему уровню не уступает санкционным решениям от Oracle.

АЛЬТАИР-М разработан в режиме полной совместимости с наиболее популярными отечественными операционными системами (RedOS, Astra Linux, AlterOS) и в тоже время адаптирован к прочим наиболее распространённым ОС (RHEL, Oracle Linux, CentOS, Debian/Ubuntu). В основе работы с данными лежит распределённая система хранения, которая позволяет значительно ускорить работу (чтение, запись, выборка, сортировка) с большими объёмами данных и обеспечить их сохранность с помощью фонового создания резервных копий. Процесс расчета может быть реализован в том числе в параллельном или кластерном варианте (в зависимости от конкретного используемого модуля обработки).

При разработке большое внимание уделено удобству работы пользователя - создание и редакция заданий реализованы в графическом виде, предусмотрен функционал для формирования очередей на запуск и отслеживания хода выполнения расчетов и просмотра результатов. Работа над проектом организована в мультиклиентском формате, что позволяет организовать одновременную работу практически неограниченному числу пользователей.

На текущий момент:

- подготовлены первая версия программы с набором промежуточных обновлений, модуль лицензирования, руководство пользователя и техническая документация;

- получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ (№2023685096 от 16.11.2023, выдано Федеральной службой по интеллектуальной собственности);

- АЛЬТАИР-М внесен в реестр отечественного программного обеспечения (реестровая запись №21697 от 07.03.2024, Министерство Цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации).

Функционал АЛЬТАИР-М

Актуальная на сегодня версия АЛЬТАИР-М предоставляет пользователю доступ к более чем 200 расчетным модулям, позволяющим решить основные задачи обработки для широкого класса производственных проектов.

АЛЬТАИР-М содержит набор необходимых базовых процедур для работы с сейсмическими данными:

- ввод данных, присвоение геометрии (для наземных и морских данных) 2D/3D, бинирование;
- сортировка;
- изменение дискретизации, математические расчёты и анализ трасс;
- свёртка и частотная фильтрация;
- различные виды шумоподавления;
- расчет статических поправок на основе времен первых вступлений;
- QC, расчет атрибутов трасс, работа с заголовками трасс;
- регулировка амплитуд – компенсация сферического расхождения, АРУ, нормировка и т.д.;
- поверхностно-согласованная коррекция амплитуд;
- деконволюция (сжатия, предсказывающая, поверхностно-согласованная, сигнатурная и т.д.);
- коррекция статических поправок по отраженным волнам;
- кинематические фильтры (FK, высо-

коразрешающее Радон-преобразование);

- Q-компенсация;
- подавление следов расстановки.

Предусмотрен блок процедур для обработки морских данных:

- дегостинг за ПВ и ПП;
- расчет и ввод поправки за движение косы;
- подавление вторичных пульсаций;
- 2D/3D моделирование кратных волн (SRME, SWD, MWD);
- 2D/3D моделирование частично-кратных волн;
- адаптивное вычитание в t -х области;
- адаптивное вычитание в *curvelet* области;
- подавление дифрагированных кратных волн.

Подготовлены основные специфические процедуры для обработки многокомпонентных данных:

- реориентация 3С-данных по записанным углам и волновому полю;
- PS статика;
- SWS;
- бинирование по общей точке обмена;
- калибровка P-Z компонент;
- разделение волновых полей (PZ-суммирование);
- Up/Down деконволюция.

В части выполнения миграционных преобразований доступен следующий функционал:

- томография по отраженным волнам (временная и глубинная);
- анизотропная временная и глубинная миграция Кирхгофа;
- RTM;
- миграция по гауссовым пучкам;
- RMO.

Предусмотрен ряд процедур для 4D-обработки:

- 4D-бинирование;

- расчет оператора 4D-калибровки;
- одновременное согласование съемок;

- спектральная фильтрация для 4D-съемок.

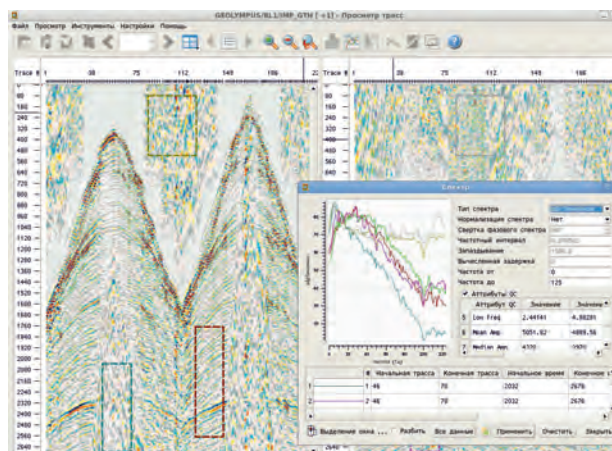
Перечень доступных процессов далеко не полный и находится в состоянии постоянного обновления.

Дополнительно, в программном комплексе АЛЬТАИР-М предусмотрена возможность внедрения собственных алгоритмов обработки на наиболее популярных языках программирования (Python, C/C++, Fortran), что открывает огромный потенциал к реализации уникальных пользовательских решений внутри общей среды обработки без необходимости кроссплатформенных передач данных между программными продуктами.

Для удобной работы с сейсмическими и прочими данными в АЛЬТАИР-М разработан ряд интерактивных приложений:

- просмотр сейсмических данных (Рис. 2);
- работа с данными в трехмерной области (Рис. 3);
- визуализации карт (Рис. 4);
- пикинг первых вступлений и расчет модели ВЧР (Рис. 5);
- скоростной анализ (Рис. 6);
- работа с сигналами (Рис. 7).

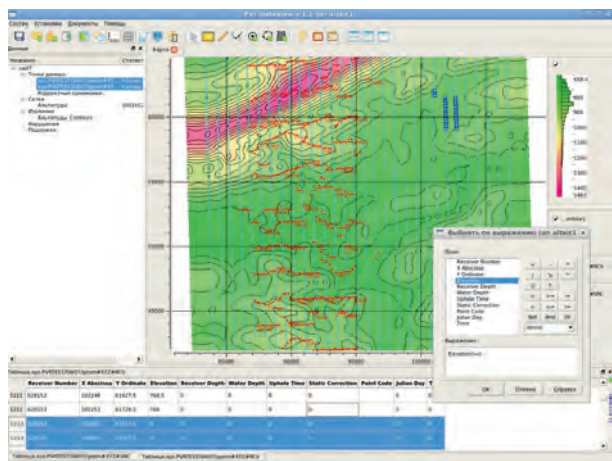
На завершающей стадии находится этап опытно-методической эксплуатации – выполнена программа тестирования как общей работоспособности ПО и его взаимодействия с серверной инфраструктурой, так и программа верификации предложенных алгоритмов, подтверждающая качество и корректность работы отдельных процедур. Тестирование выполнено силами как отдела обработки сейсмических данных АО «МАГЭ», так и сторонними компаниями, проявившими интерес к создаваемому програм-



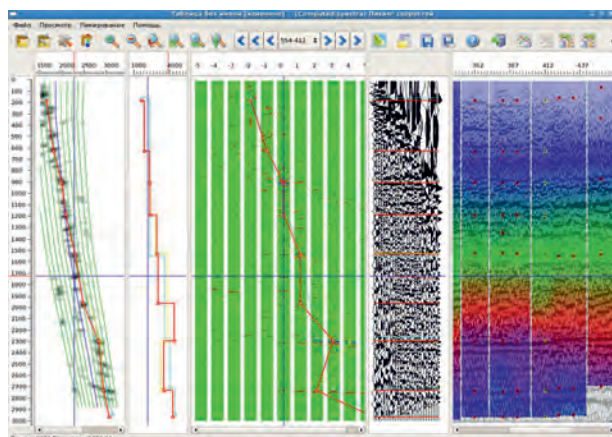
▲ Рис. 2. Пример окна приложения для просмотра сейсмических данных.

мному продукту. Имеющийся сейчас функционал АЛТАИР-М позволяет решать задачи, сформулированные в большинстве Технических заданий основных отечественных Заказчиков.

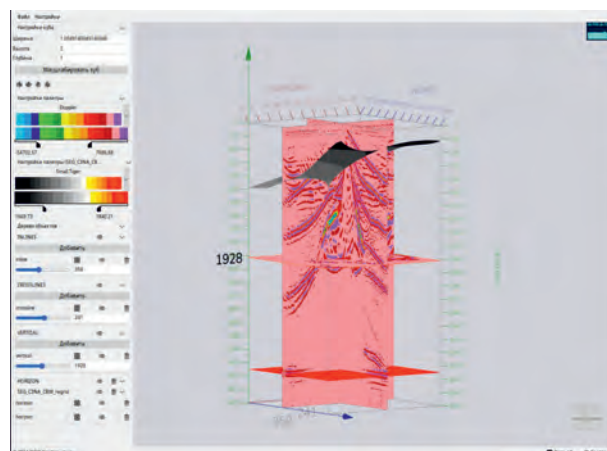
Первое применение АЛТАИР-М в



▲ Рис. 4. Пример окна для работы с картами.

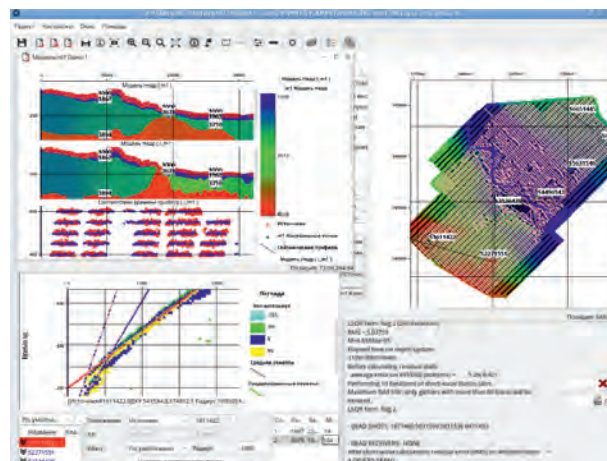


▲ Рис. 6. Пример окна для скоростного анализа.



▲ Рис. 3. Пример окна приложения для 3D-визуализации.

рамках одного из производственных проектов АО «МАГЭ» запланировано на конец 2024 г., при этом будет продолжена работа в части поддержки и доработки уже имеющегося функционала и внедрения нового – в среднесрочной



▲ Рис. 5. Пример окна для работы с моделью ВЧР.



▲ Рис. 7. Пример окна приложения для работы с сигналами «TerraWave».

перспективе планируется существенное расширение функционала в том числе за счет наиболее передовых алгоритмов обработки (например, FWI и SWI), что потребует разработки функционала для расчета на GPU.

Заключение

Независимо от того, будут ли в дальнейшем доступны иностранные пакеты обработки для отечественных сервисных и нефтегазовых компаний, стране необходимы собственные решения современного уровня. Такие решения должны создаваться в условиях здоровой конкуренции производителей программного обеспечения, результатом которой станет повышение качества программных пакетов до уровня, близкого к лучшим мировым образцам.

Итоговый успех разработки и внедрения отечественного ПО невозможен без поддержки со стороны компаний-заказчиков – на первом этапе могут формироваться совместные программы тестирования, проводиться работы по верификации алгоритмов на основе производственных или тестовых проектов с общей задачей последующего замещения импортного ПО в рамках проектов по обработке. Разумеется, переориентирование рынка на отечественные программные решения может быть успешным только при достижении высокого уровня конечных результатов обработки.

Литература

1. С.А. Кириллов, С.М. Канашова, А.В. Самойлов, 2017 «Пять десятилетий цифровой обработки сейсмических данных в ЦГЭ», Геофизика, S/2017.
2. Горбачев С.В., Оболенская А.А., 2023. Состояние и перспективы рынка обработки сейсмических данных в России, ПРИБОРЫ и СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ 4(79)/2023.
3. А.Г. Казанин, А.В. Литвачук, И.В. Горбачев, 2024, «АЛЬТАИР-М» - новое российское программное решение для обработки сейсмических данных, тезисы конференции «Геомодель», Санкт-Петербург, 2024.