

**Опыт использования отечественного ПО
для интерпретации сейсмических данных
в рамках программы импортозамещения**

О КОМПЛЕКСЕ

Одним из основных условий, определяющих успешное развитие нефтегазодобывающей отрасли, является ее обеспеченность эффективными современными программными комплексами.

Целью данного доклада является акцентирование внимания специалистов на возможные перспективы использования Российского программного обеспечения для интерпретации данных сейсморазведки.

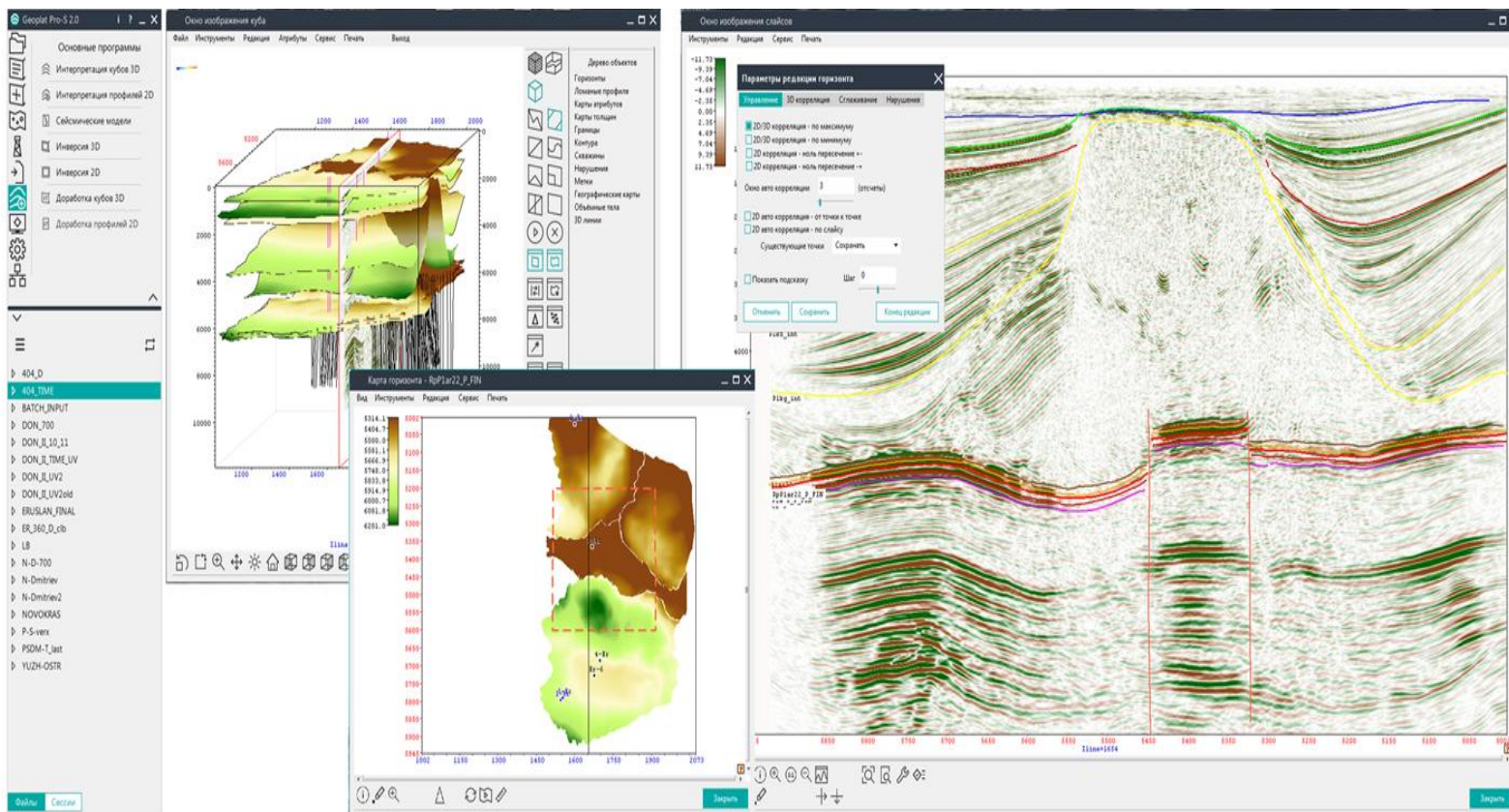
В работе представлен опыт использования отечественного комплекса «Geoplat Pro-S» (Grid Point Dynamics, Россия) для структурной и динамической интерпретации данных сейсморазведки, применения реализованных в нём оригинальных модулей, не имеющих прямых аналогов в продуктах других компаний

Пакет «Geoplat Pro-S» является современным развитием комплекса «DV1-Discovery», разрабатывавшегося в Центральной Геофизической Экспедиции и широко использовавшегося российскими нефтяными и сервисными компаниями на протяжении более 15 лет.

В настоящее время поддерживается и активно развивается российской компанией GridPoint Dynamics (резидент Сколково), включен в единый реестр российского программного обеспечения (Реестр Минкомсвязи РФ).

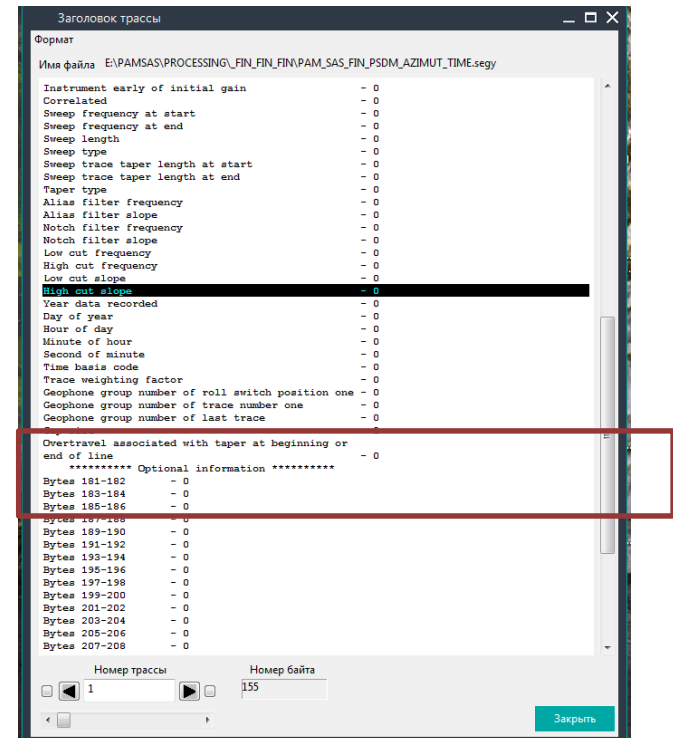
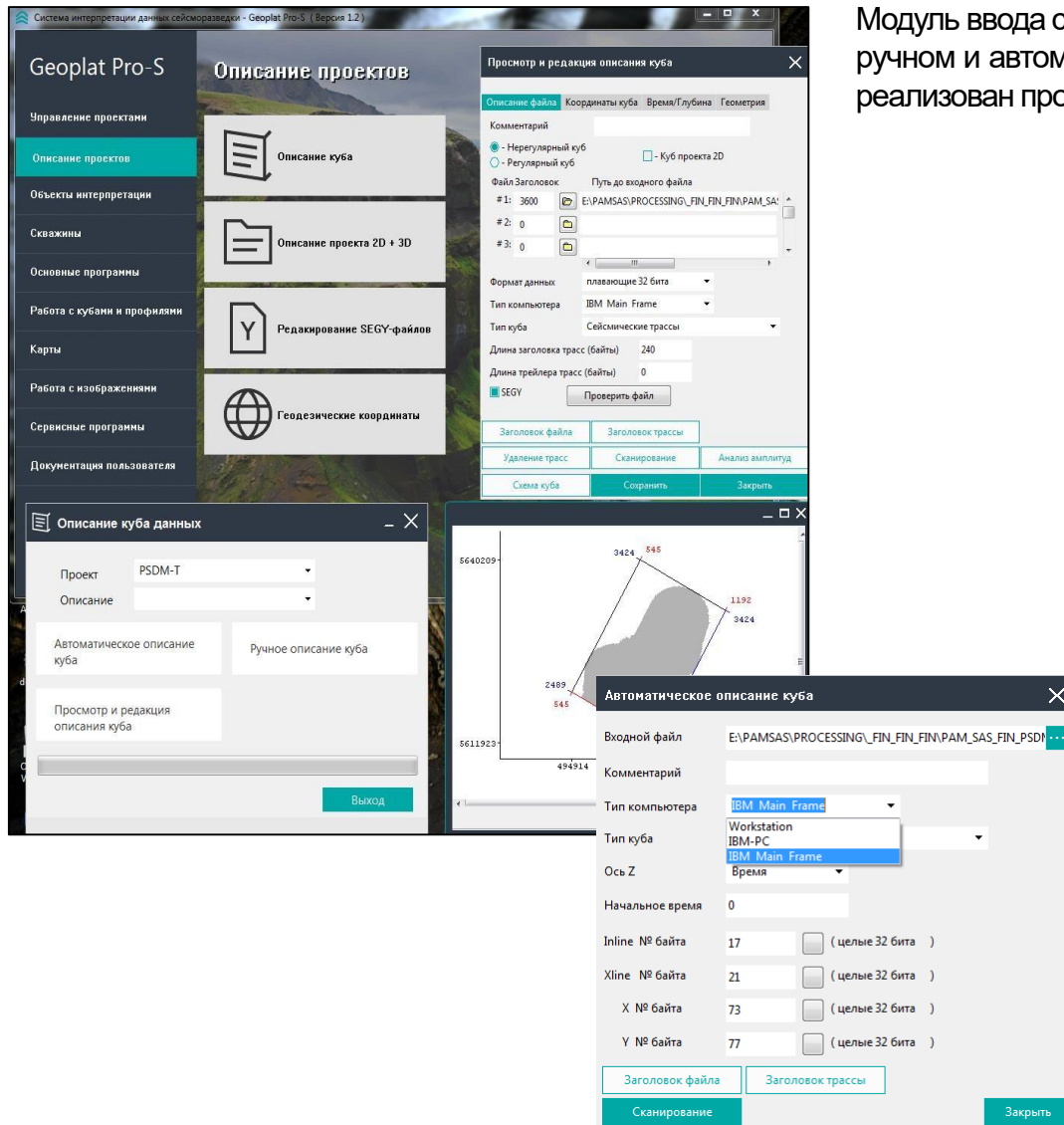
Интерфейс

Модули комплекса запускаются из основного окна программы. Все элементы интерфейса визуализируются в отдельных окнах, которые можно произвольно расположить на рабочем столе. Приведён пример интерфейса модуля интерпретации – снимок с двух мониторов во время корреляции: основное окно, область отображения куба, область отображения слайса, область отображения карты, окно управления кубами. Несмотря на достаточно архаичный UNIX-подобный вид, в целом работа с таким интерфейсом достаточно комфортна. В настоящее время проходит завершающее тестирование новый полноценный Windows-интерфейс



Ввод сейсмических данных

Модуль ввода сейсмических данных позволяет вводить данные в ручном и автоматическом режимах. Ввод данных в целом реализован просто и логично.



Ввод скважинных данных

Загрузка скважинных данных затруднений не вызывает. Ввод геометрии (координаты, альтитуда) может быть выполнен автоматически из текстового файла или в ручном режиме, ввод маркеров также может быть выполнен из соответствующего файла либо вручную, данные ГИС загружаются из LAS файлов или текстовых файлов в формате ASCII.

Из недостатков – недостаточно гибкая настройка визуализации ГИС

The image displays two windows from the 'Работа со скважиной' (Well Work) software. The left window, titled 'Проект PSDM-T. Скважина 105-Sas', shows a data entry form for well 105-Sas. The right window, titled 'Кривые ГИС' (GIS Curves), displays a table of well parameters and a corresponding plot of various logs.

Работа со скважиной. Проект PSDM-T. Скважина 105-Sas

Имя скважины - 105-Sas
Альтитуда - 222.60
Глубина - 2726.40
Прямая скважина
Тип скважины - Расположение скважины
Изображение скважины -

Имеется родограф
Количество маркеров - 22
Количество кривых ГИС - 10

Список кривых ГИС:

- CALI - Кавернометрия
- GR - Гамма каротаж
- DT - Акустический каротаж (продольная волна)
- LLS - Боковой каротаж
- DEN - Плотностной каротаж
- ILB - Индукционный каротаж
- CNTC - Нейтронный каротаж (двухзондовый)
- MINV - Микроградиент зонд
- MNOR - Микропотенциал зонд
- PS - Каротаж потенциалов

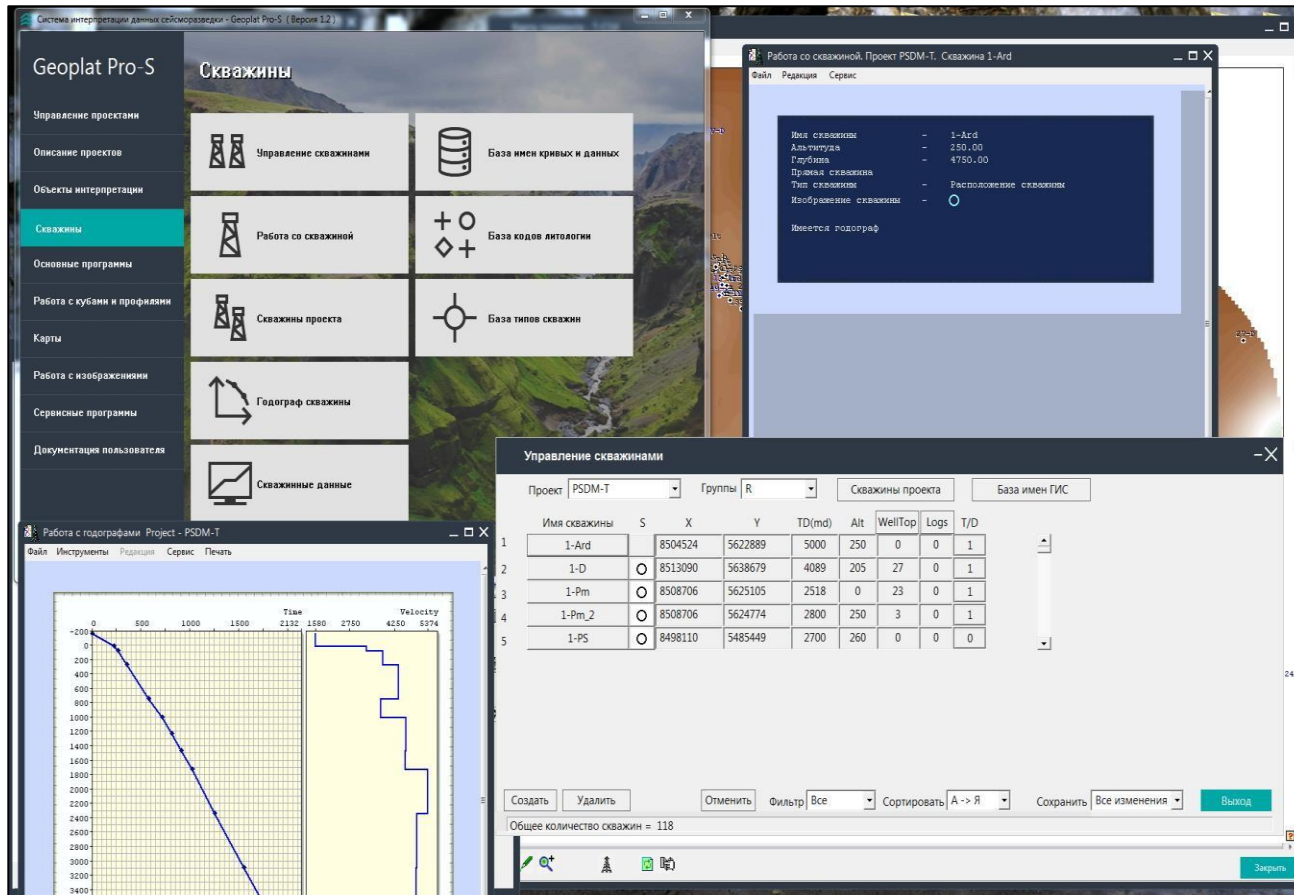
Кривые ГИС

Список кривых	1	2	3	4
CALI	0.1	CALI	0.8	138.4
GR		DT	458.6	0.2
DT			GP	16.8
LLS				-1.1
DEN			CNTC	43.8
ILB				
CNTC				
MINV				
MNOR				
PS				

Плотность (г/см³) 1.7
Длина (м) 1687.5
Глубина (м) 1789.9
Глубина (м) 1892.3
Глубина (м) 1994.7
Глубина (м) 2097.1
Глубина (м) 2199.5
Глубина (м) 2301.9
Глубина (м) 2404.3
Глубина (м) 2506.7
Глубина (м) 2609.1
Глубина (м) 2711.5
Глубина (м) 2813.9
Глубина (м) 2854.8

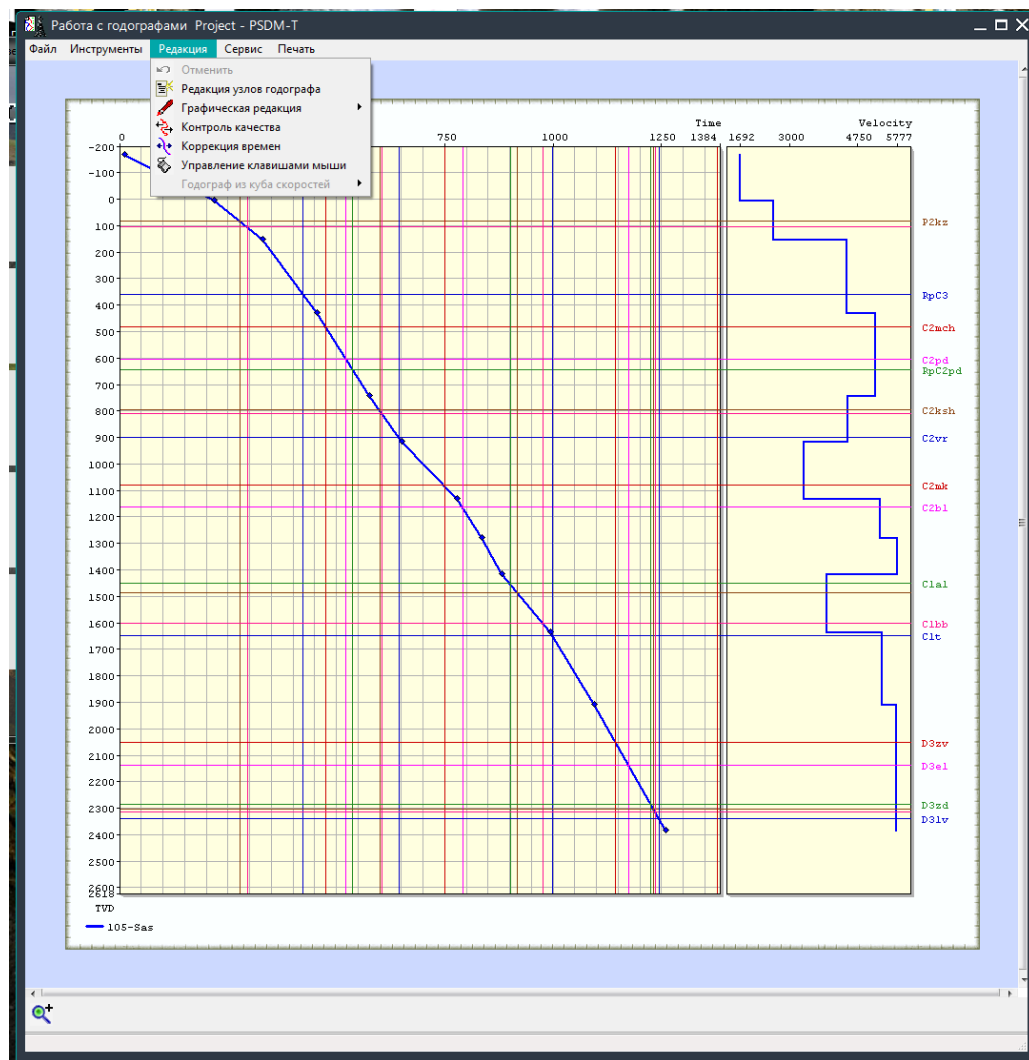
Входные данные: Ручной ввод, Чтение текстового файла, Чтение LAS файла, Чтение текстового файла. Действия: Выполнить, Закрыть.

Управление скважинами



Модуль управления скважинами отображает скважины проекта и основную информацию по ним – название, координаты, альтитуду, наличие маркеров, каротажных кривых, скоростного закона. Позволяет запускать все основные программы работы со скважинами непосредственно из базы данных. Недостаточно гибок, но прост в освоении.

Работа с годографом



Годограф может быть введен из текстового файла в формате ASCII либо задан вручную в табличном виде. Существует возможность копирования годографа другой скважины, создания годографа интерполяцией из годографов соседних скважин. Редакция может осуществляться в табличном или графическом виде.

Создание нового годографа

Имя скважины: _____

☒ Ручной ввод
☐ Чтение текстового файла
☐ Интерполяция

Первая скважина: _____

Вторая скважина: _____

Выполнить Закрыть

TVDSS	Время
-170.00	12.00
3.00	216.45
149.00	330.44
426.00	454.49
739.00	574.63
912.00	651.36
1127.00	778.82
1276.00	834.57
1413.00	882.00
1631.00	992.34
1907.00	1094.47
2380.00	1258.45

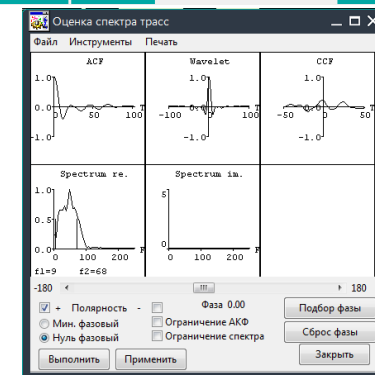
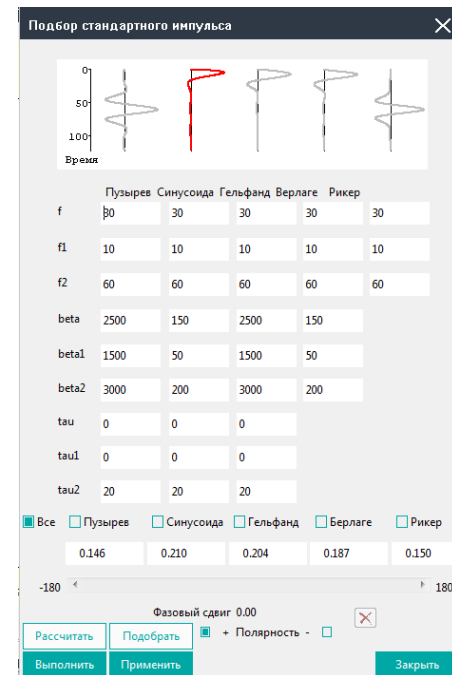
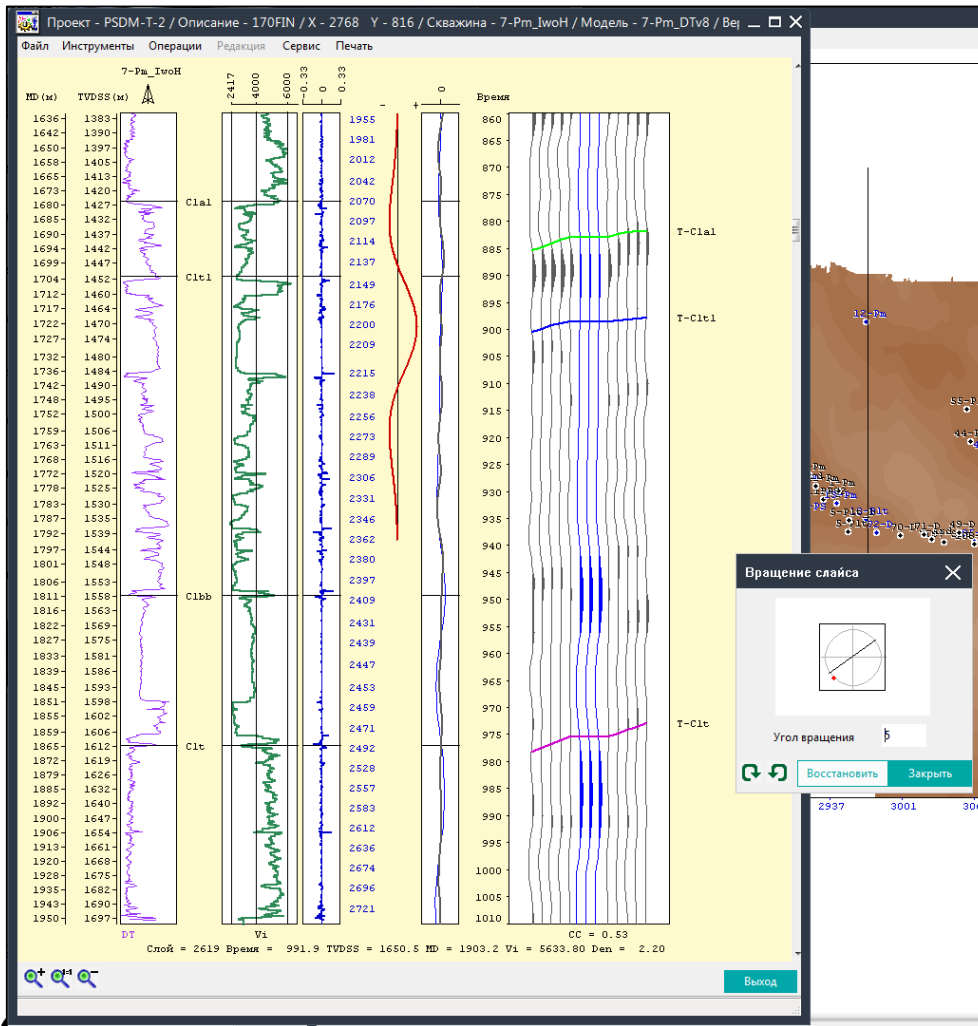
Удалить таблицу Дублировать строку

Удалить строку Калькулятор

Применить Закрыть

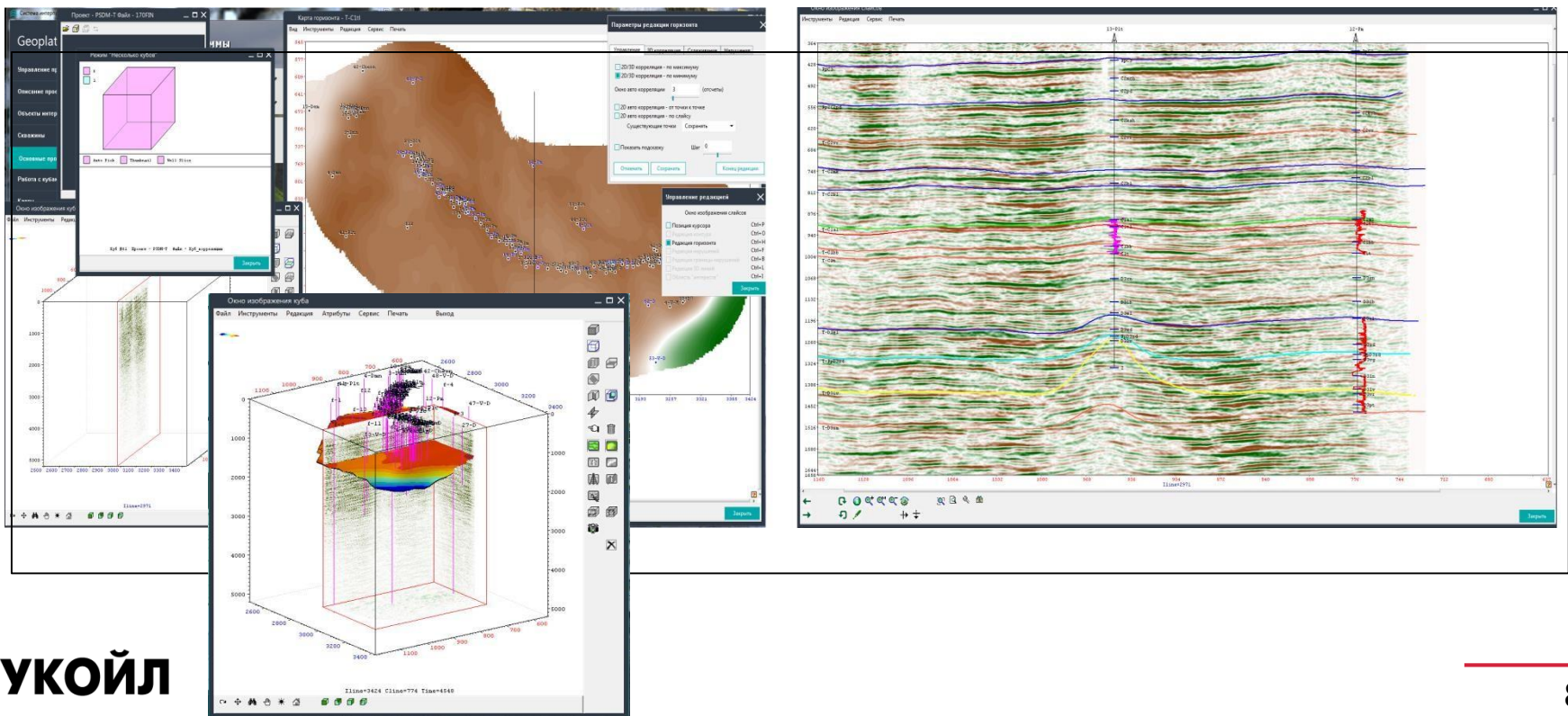
Одномерное моделирование. Привязка.

Простой и удобный интерфейс, имеет
широкие возможности извлечения и подбора импульса



Интерпретация сейсмических данных. Корреляция.

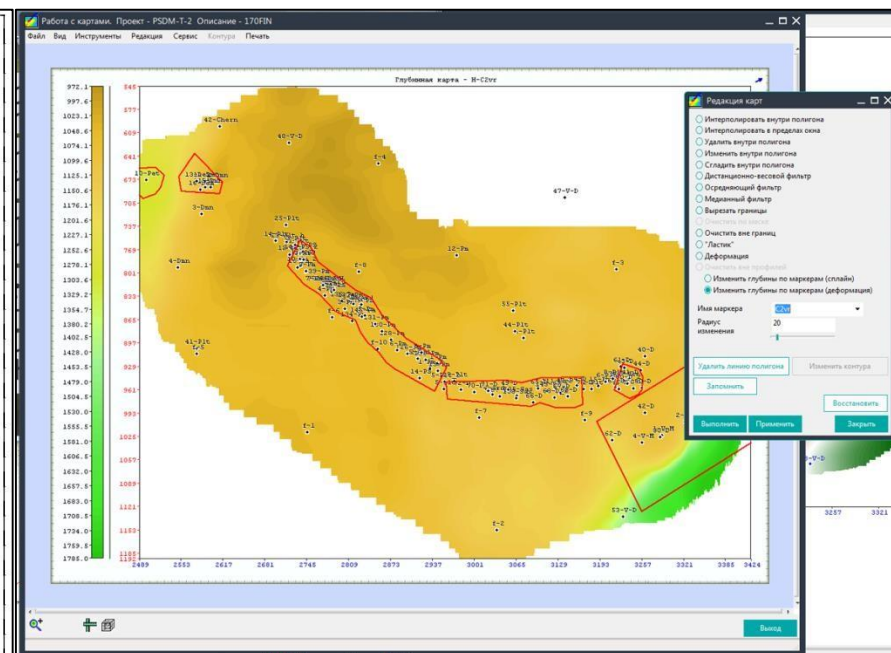
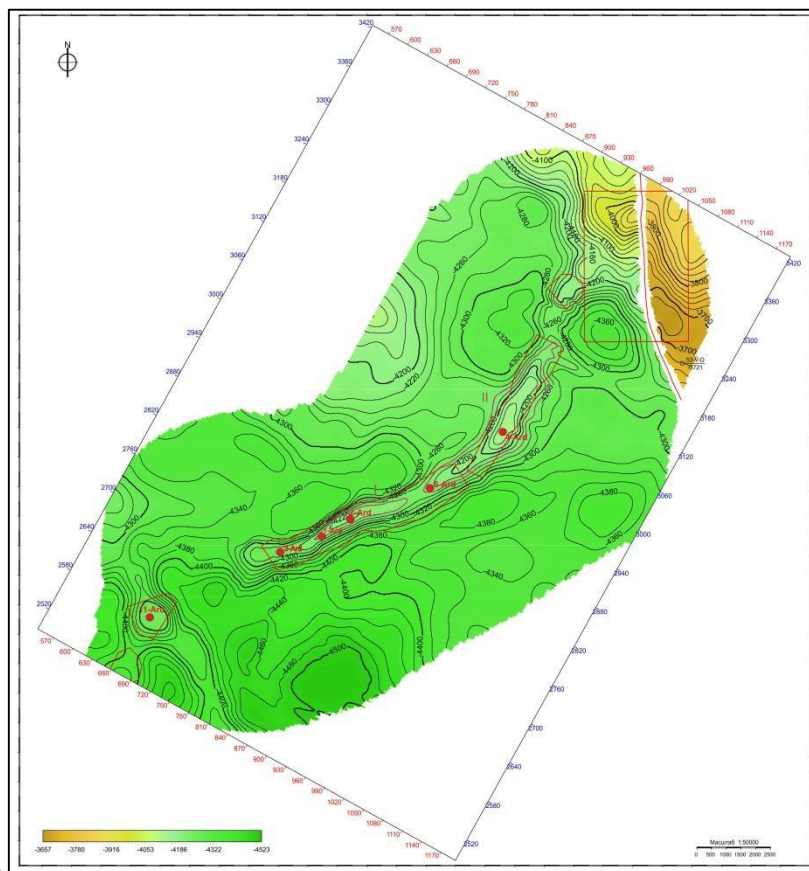
Все элементы интерфейса – основное окно, область отображения слайса, область отображения карты, окно управления кубами и т.д. визуализируются в отдельных окнах, которые можно произвольно расположить на рабочем столе. Процесс корреляции горизонтов и нарушений реализован достаточно просто, удобно, гибко настраивается. Удобно реализована трёхмерная визуализация объектов интерпретации. Из недостатков – существенно отличаются интерфейсы для работы с 2D, длительный процесс переключения между редактируемыми горизонтами. Отсутствует возможность корреляции горизонтов с отрицательным углом наклона – т.н. мульти-Z. Желательно введение отключаемой функции автосохранения.



Интерпретация сейсмических данных. Картопостроение.

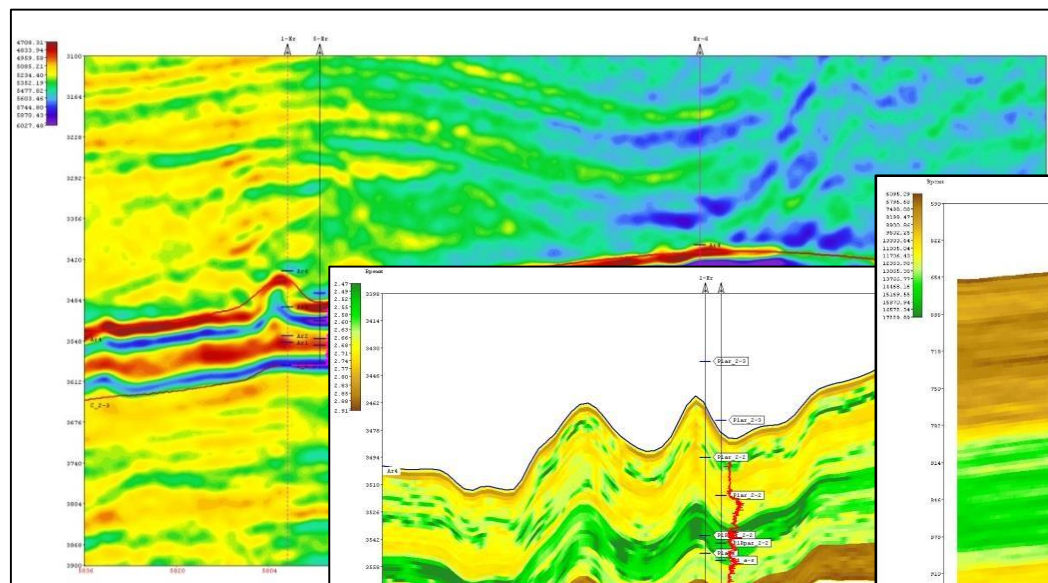
Прост в использовании, содержит весь необходимый инструментарий картопостроения. Структурные построения могут быть выполнены на базе модели как средних так и пластовых скоростей. Удобные калькулятор сеток, инструменты создания карт скоростей, оценки невязок.

Из недостатков – область карты развёрнута по inline/crossline, реальное направление на север показано стрелкой, что достаточно неудобно и требует привыкания. При предпросмотре и выводе графики ориентация и отбивки отображаются корректно. По информации разработчика замечания устранены в ближайшем релизе

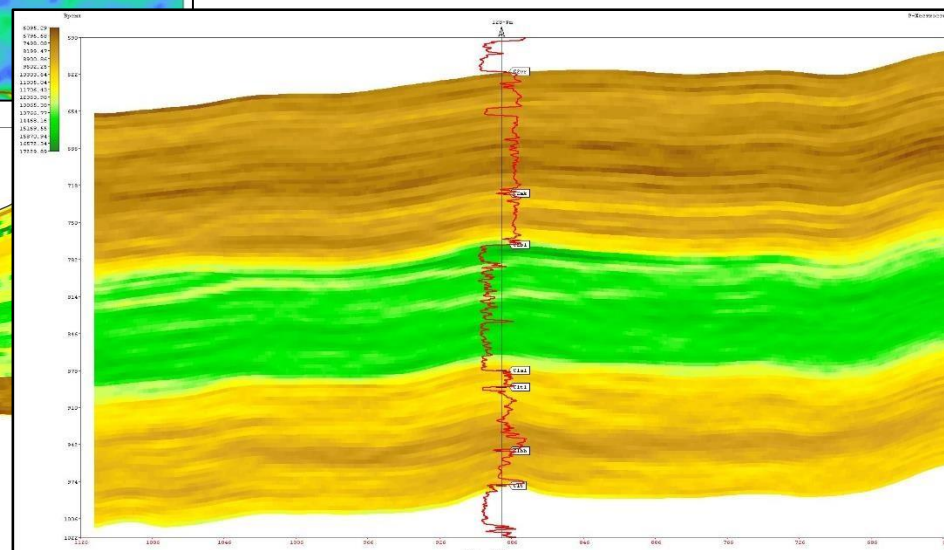


Сейсмическая инверсия

В комплексе Geoplat Pro-S реализован вариант детерминированной сейсмической инверсии (ПАК перообразование) и два варианта стохастической инверсии – имитационный аннилинг и ПМС (подбор модели среды). ПАК используется на всех проектах, процесс имитационного аннилинга протестирован с положительным результатом. Для полноценной реализации инверсионных перообразований необходимо наличие в пакете базового инструментария подготовки данных ГИСк инверсии.



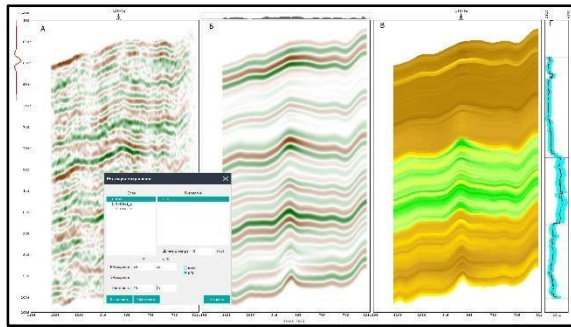
Результат работы ПАК



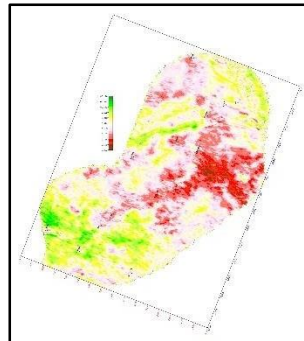
Результат Аннилинга

Результат работы ПМС

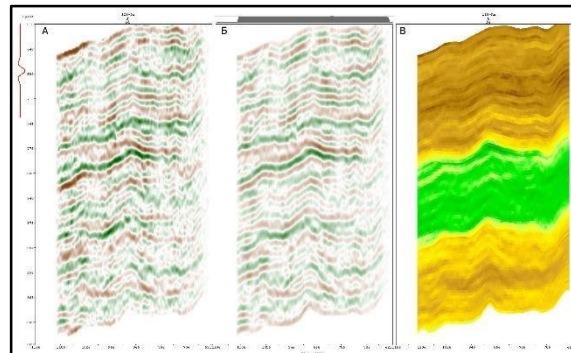
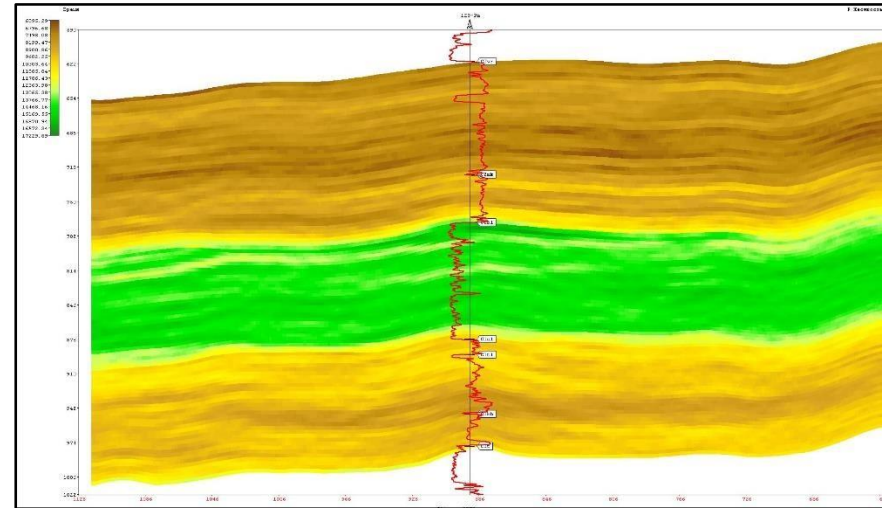
Аннилинг и его модификации являются одними из наиболее эффективных методов случайного поиска оптимального решения для большого класса задач, точное решение которых крайне трудно найти в силу большого количества изменяемых параметров [2] Сравнительный анализ показал, что на большинстве задач метод имитационного аннилинга не проигрывает генетическим алгоритмам [3].



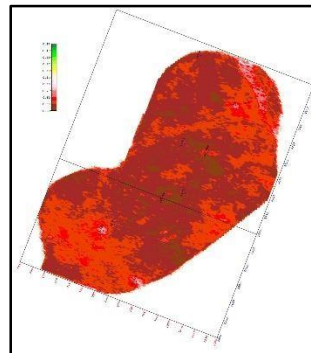
исходная модель



КК синт/сейсм исходный



результат инверсии



КК синт/сейсм финальный

Лопатин А.С, Метод отжига, СПбГУ, «Стохастическая оптимизация в информатике» [Выпуск 1, 2005.](#)

Геостатистика в нефтяной геологии, О. Дюбрьоль, М. Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2009.

Ingber L. Simulated Annealing: Practice versus theory,

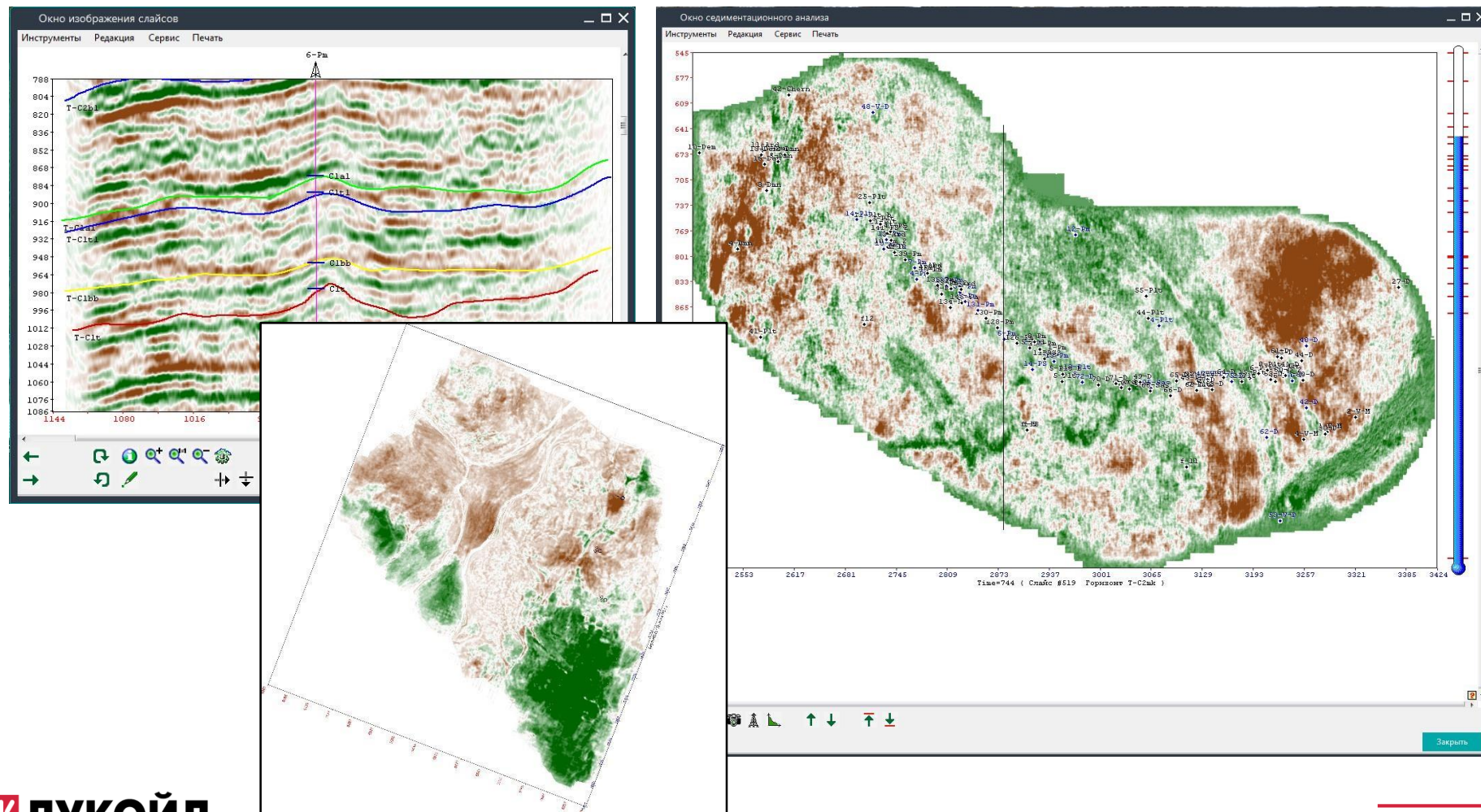
Mathematical and Computer Modelling.18(11). 1993.

Ingber , Rosen B. Genetic Algorithms and Very Fast Simulated Reannealing:

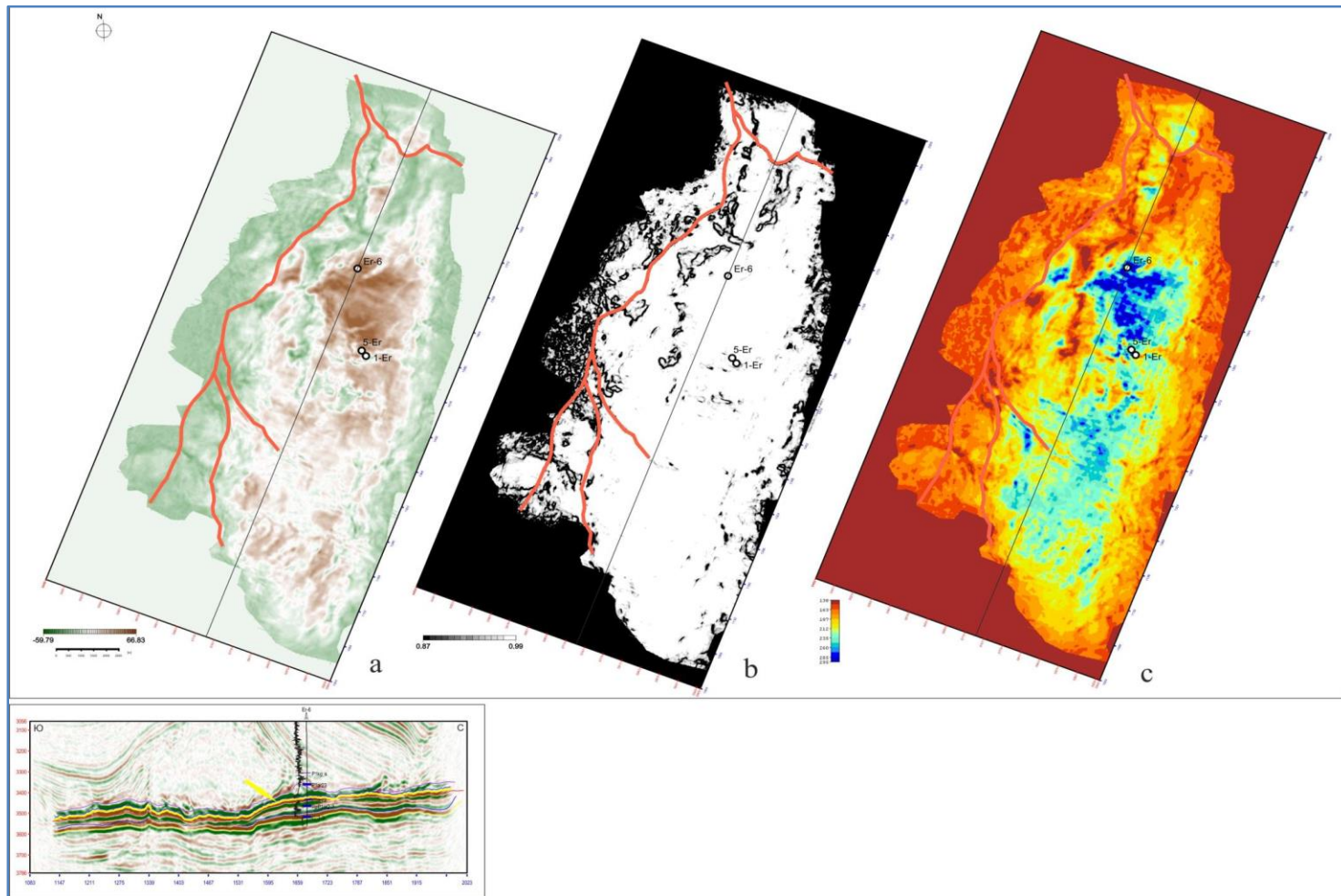
A Comparison, Mathematical and Computer Modelling. 16(11)1992.

ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ: Седиментационный анализ.

Модуль «Седиментационного анализа», реализованный в пакете – эффективный инструмент для выделения особенностей волнового поля, основан на визуализации отклонения значений амплитуд вдоль поверхности горизонта относительно среднего значения. Существует возможность сохранения данных в виде седиментационного куба. Удобный инструмент, позволяющий получать дополнительную информацию.



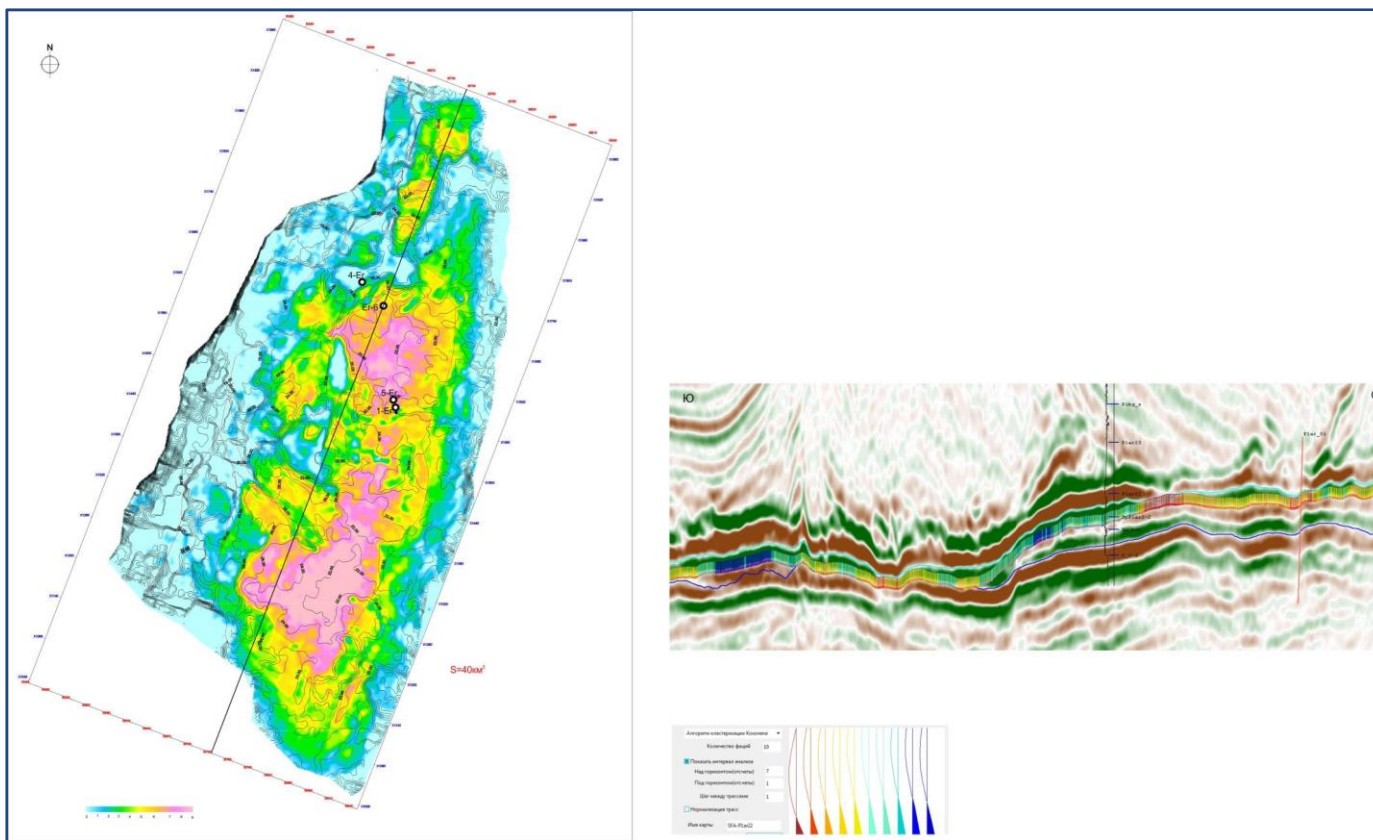
ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ: седиментационный анализ, когерентность, ПАК



a - изменение амплитуд внутри верхней части ОГ "P1ar22"
b - слайс когерентности внутри верхней части ОГ "P1ar22"
c - слайс импеданса по ПАК внутри верхней части ОГ "P1ar22"

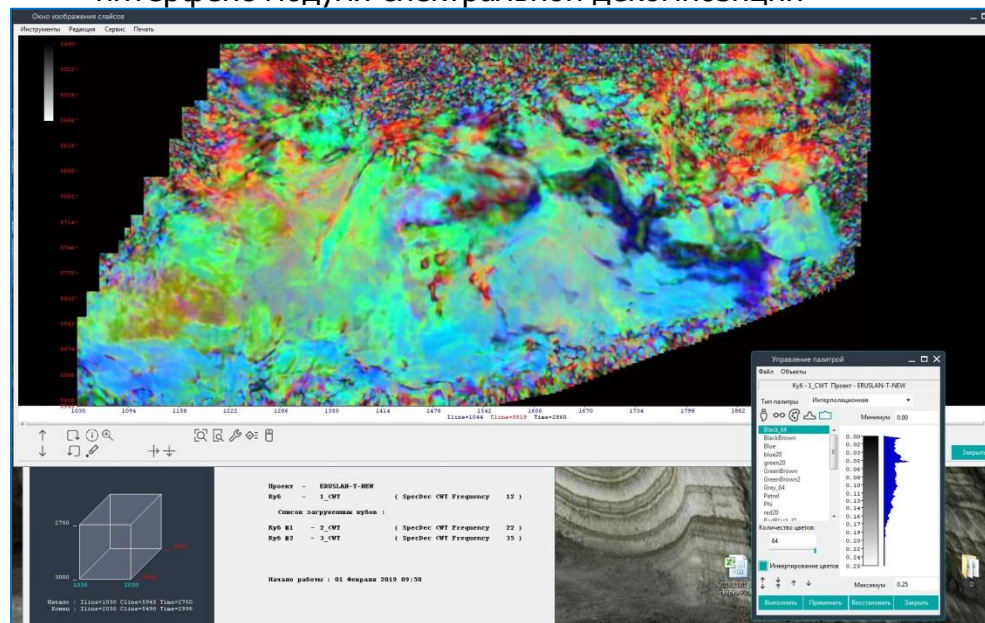
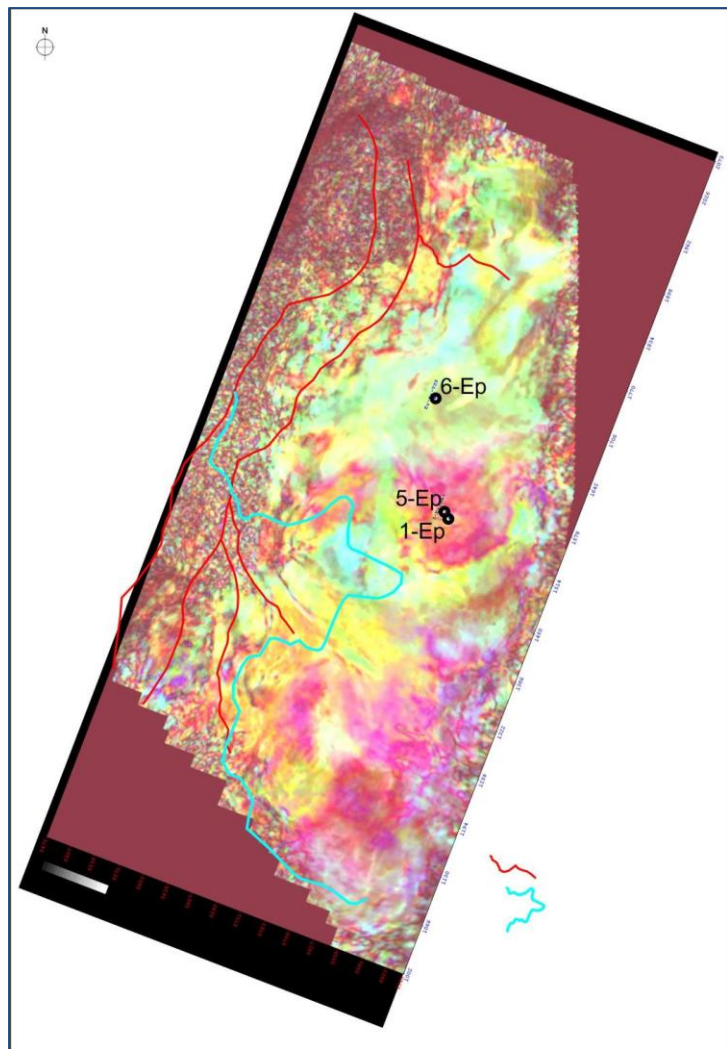
ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ: Сейсмофациальный анализ

Удобный инструмент управления и архивации. Реализовано копирование данных между проектами. Существует возможность подключения проекта как ссылки, без копирования на локальный компьютер. Архивация возможна как для проекта в целом, так и для части данных.

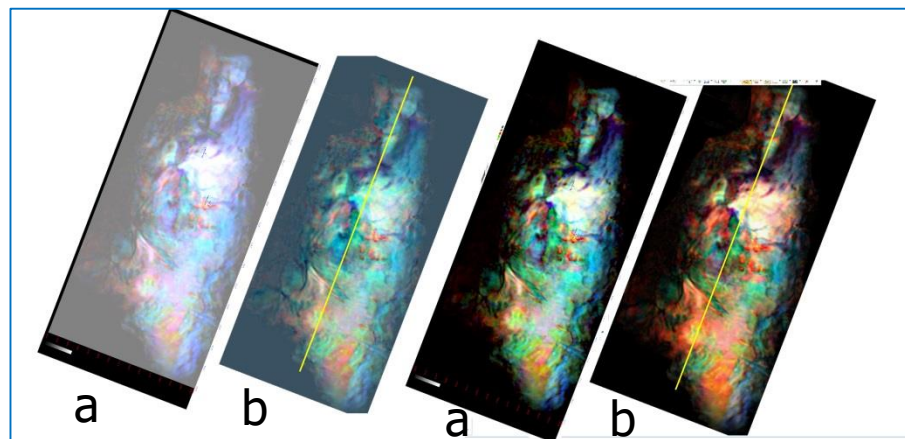


ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ: спектральная декомпозиция

интерфейс модуля спектральной декомпозиции



сравнение результатов спектральной декомпозиции с различными параметрами



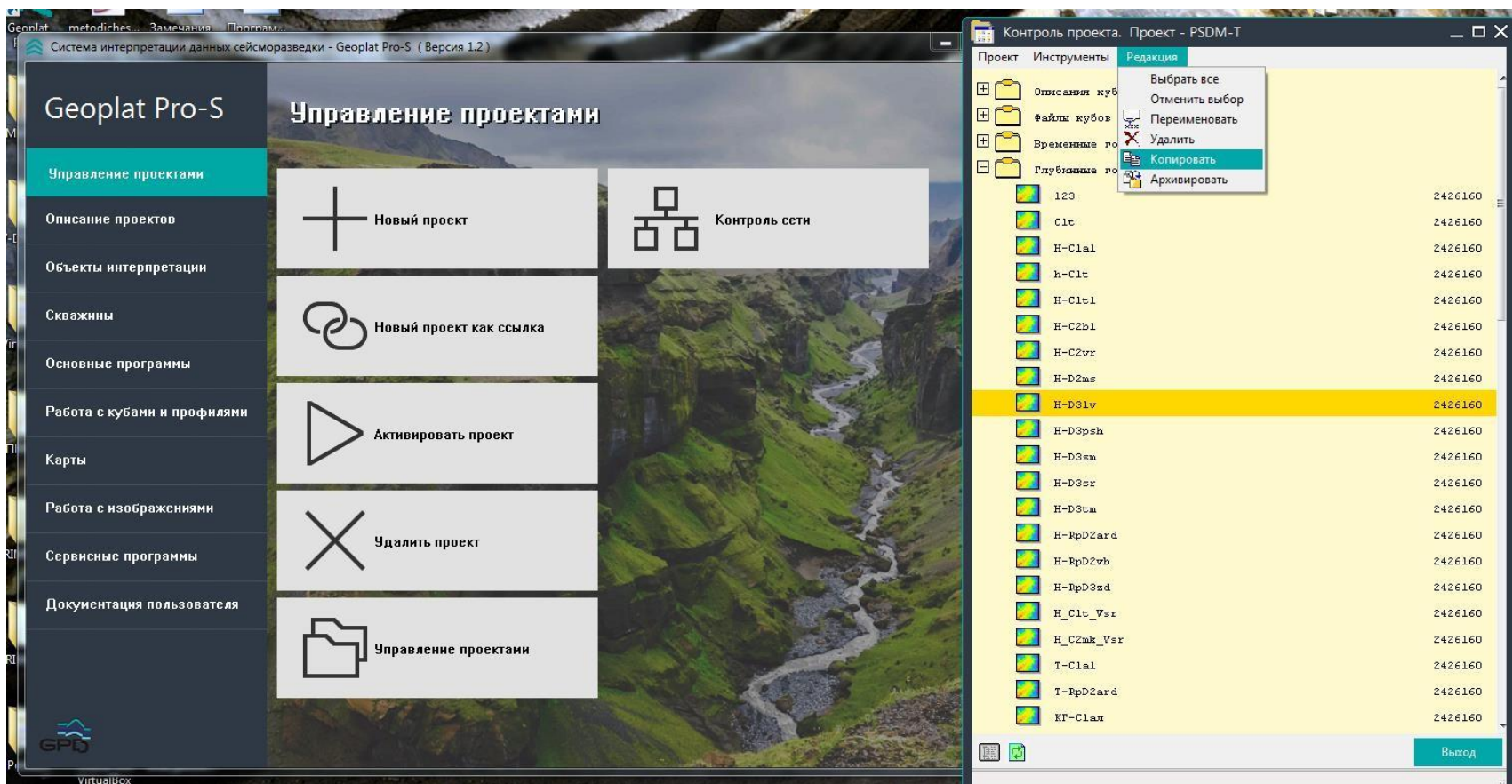
a - Geoplat

b – пакет «Р»

Управление проектами. Архивация.

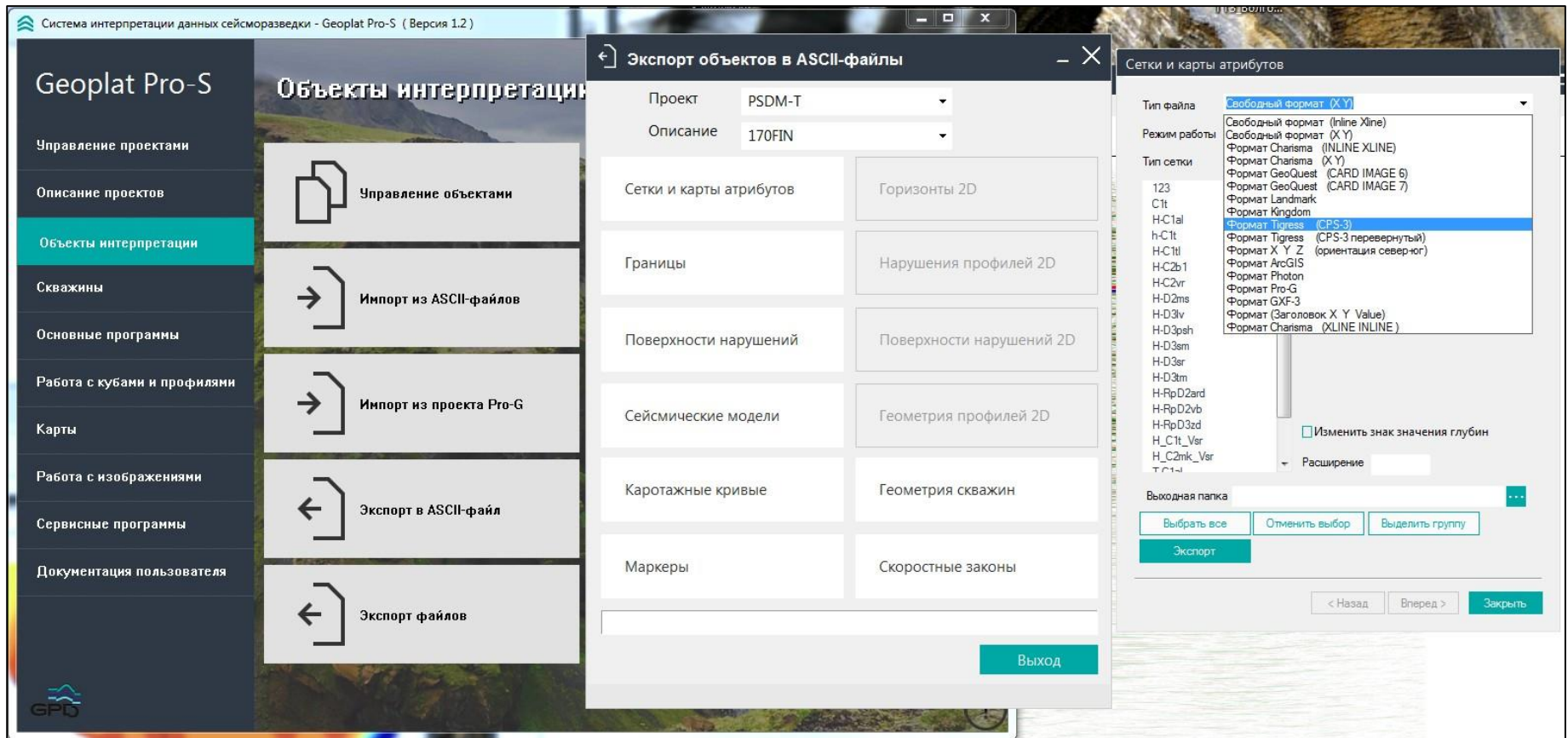
Удобный инструмент управления и архивации. Реализовано копирование данных между проектами. Существует возможность подключения проекта как ссылки, без копирования на локальный компьютер.

Архивация возможна как для проекта в целом, так и для части данных.



Обмен данными

Комплекс располагает необходимым инструментарием для обмена данными с другим ПО. В процессе работы над проектами данные экспортировались и без каких либо затруднений вводились в Schlumberger Petrel и Roxar RMS



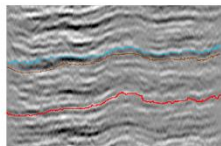


Всегда в движении!

Корреляция отражающих горизонтов: новые алгоритмы

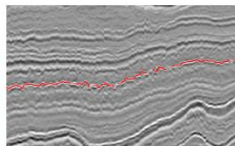
SuperCorr 1 (SC 1)

- 2D автокорреляция от одной точки
- В условиях компрессионного осадконакопления
- При низком качестве сейсмической записи
- На участках потери амплитудной выразительности фазы



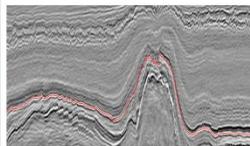
SuperCorr 2 (SC 2)

- 2D/3D автокорреляция от одной точки/от серии точек
- Дополнительные возможности сглаживания горизонта и установки весов
- При высокой "зашумленности" материала
- На участках "дробления" отражения малоамплитудной нарушением



SuperCorr 3 (SC 3)

- 2D/3D автокорреляция от одной точки/от серии точек
- Действие по принципу палеорекострукции
- При наличии сложных структурных форм горизонта
- На участках осложнения высокоамплитудными нарушениями

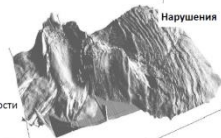


Новые кинематические атрибуты

Серия алгоритмов когерентности

Устойчивость:

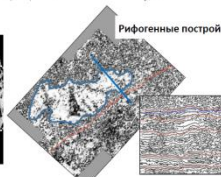
- К зашумленности
- К 0-пересечениям
- К латеральной изменчивости



Нарушения



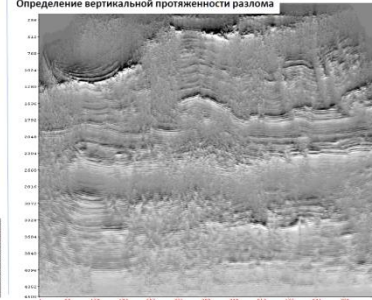
Русловые тела



Рифогенные постройки

Объемные структурные амплитуды

Определение вертикальной протяженности разлома



Корреляция нарушений: привлечение искусственного интеллекта

