



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ

Евгений Бондарев

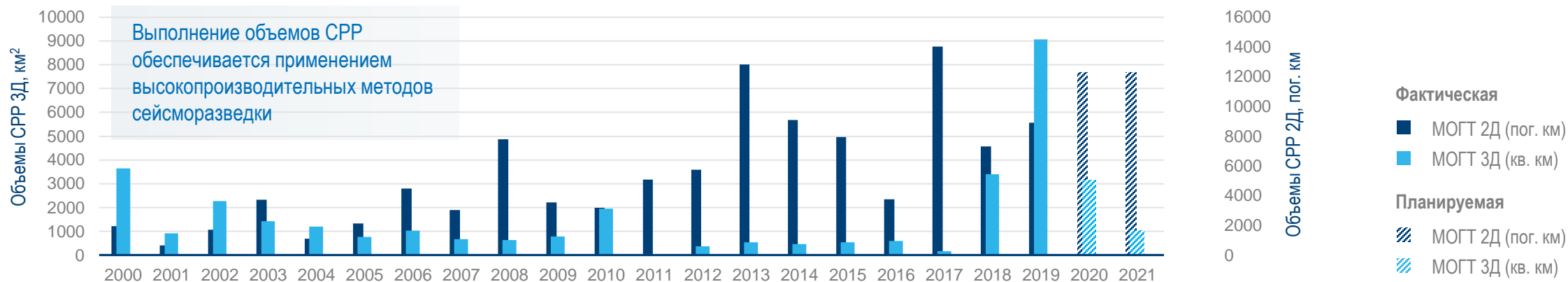
Департамент технологического развития и цифровой трансформации геологоразведочных работ

Дирекция геологоразведочных работ
и развития ресурсной базы ПАО «Газпром нефть»

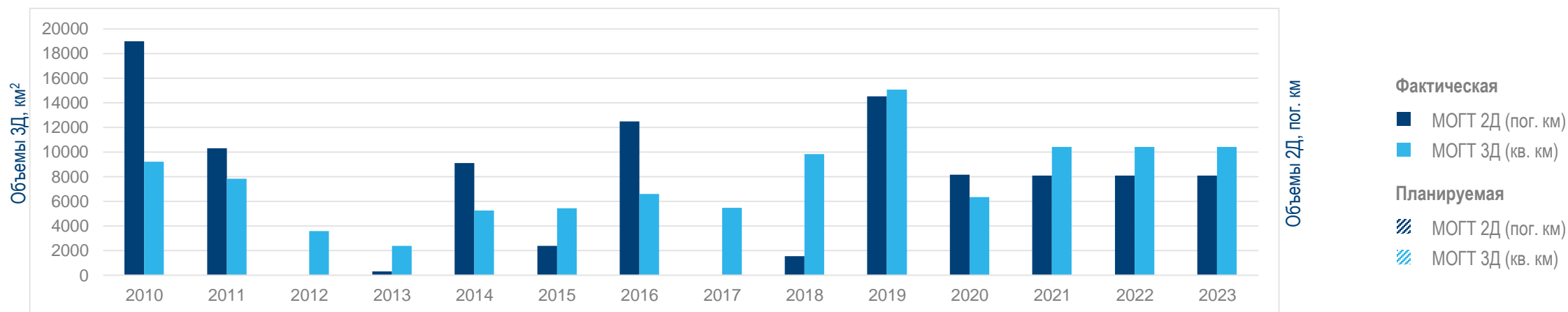


Объемы полевой и камеральной сейсморазведки ПАО «Газпром нефть»

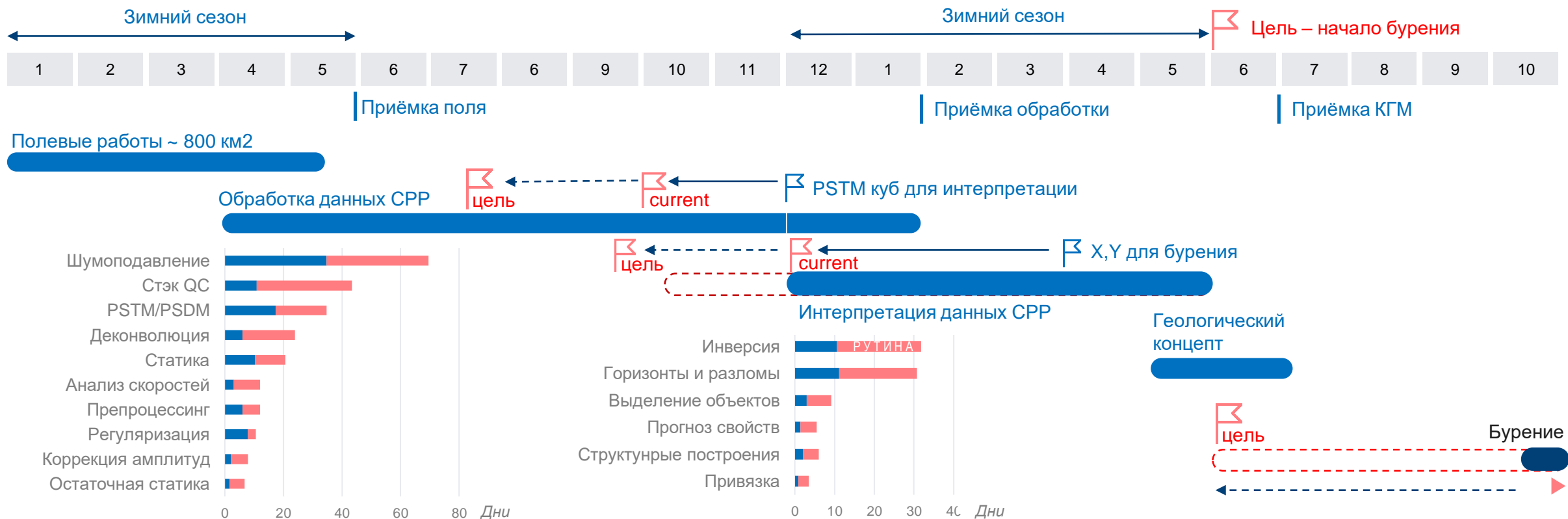
Объёмы полевых сейсморазведочных работ



Объёмы обработки и интерпретации



Бизнес-задача: сокращение сроков реализации проектов геологоразведки



DISRUPT-ЦЕЛЬ: УСКОРЕНИЕ СРОКОВ НАЧАЛА БУРЕНИЯ НА 1 ЗИМНИЙ СЕЗОН ПРИ СОХРАНЕНИИ КАЧЕСТВА

🚩 - Стандартные сроки

🚩
current - Текущие технологии

🚩
цель - Потенциальное состояние

ТЕХНОЛОГИИ ИИ В ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Зрелость технологии искусственного интеллекта в сейсморазведке*



РУЧНОЙ ТРУД

Человек интерпретирует все

СОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Интерпретатор частично использует автоматическое выделение. В основном где сейсмика имеет чистые волновые картины. В основном применяется ручной труд выделения горизонтов.

ПРОГРЕССИВНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Интерпретатор использует амплитудный и мультиатрибутивные инструменты выделения горизонтов. Автовыделение горизонтов используется практически повсеместно, но с нестабильным качеством результата

ЧАСТИЧНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

Интерпретатор использует инструмент авто трекинга и автоинтерпретации для всех релевантных горизонтов. При этом система использует мультиатрибутивный подход. Задача интерпретатора при этом заключается в локальной корректировке ошибок

ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

с привлечением эксперта

Интерпретатор использует высоко-детальные инструменты авто трекинга и авто-интерпретации. При этом система также автоматически выделяет локальные аномалии и площади интересов. Задача интерпретатора при этом заключается в выборе одной из представленных моделей

ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

без привлечения эксперта

Вся информация по СРР используется для машинной интерпретации с высоким качеством результата. Важные аномалии и перспективные локальные зоны выделены для дальнейшего анализа интерпретатором-экспертом

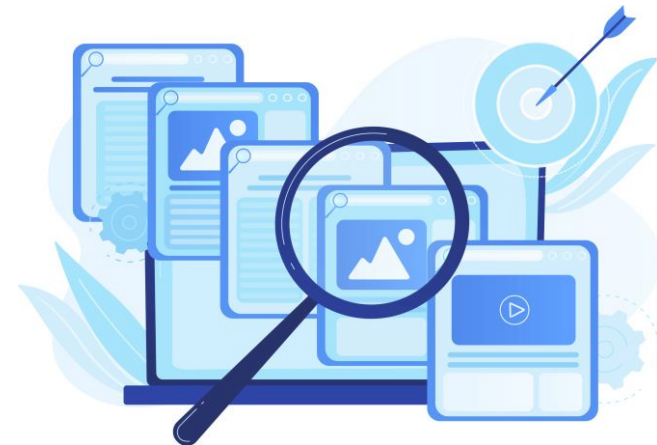
*материалы компаний Equinor, Nvidia

Основные сферы применений технологий искусственного интеллекта



ОБРАБОТКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

- Распознавание текста
- Генерация текста
- Синтез письменной и устной речи



КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

Глубокое обучение,
нейронные сети

Распознавание
изображений и образов



РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Статистика, большие данные,
деревья решений

Помощь в принятии
решений

Алгоритм работы нейросетей



Создали свою библиотеку для быстрой разработки



NVIDIA

Используем мощные сервера для обучения. Представляем разработку на крупнейшей AI конференции NVIDIA



20 процессорных ядер Xeon 2,4 ГГц
128 ГБ оперативной памяти
8 карт NVIDIA GTX 2080
20 480 вычислительных ядер
64 ГБ памяти

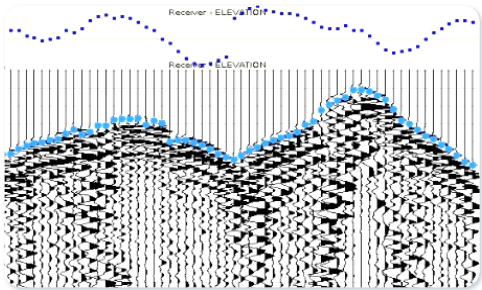
Основной функционал разработанных алгоритмов



НАБОР АЛГОРИТМОВ, СПОСОБНЫХ ОБЕСПЕЧИТЬ АВТОМАТИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ИНТЕРПРЕТАЦИЮ ДАННЫХ СРР НА ОСНОВЕ ПРОДВИНУТЫХ ПОДХОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ВКЛЮЧАЯ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И КЛАСТЕРНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

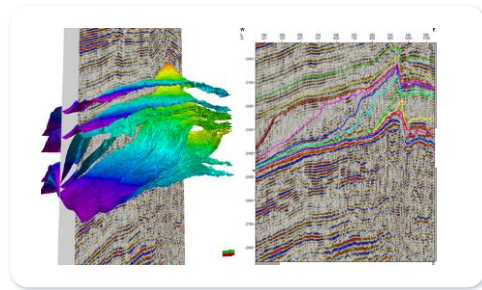
Обработка данных СРР

- Контроль геометрии
- Препроцессинг
- Пикировка первых вступлений
- Подавление следов расстановки
- Автоматизация контроля качества промежуточных этапов обработки



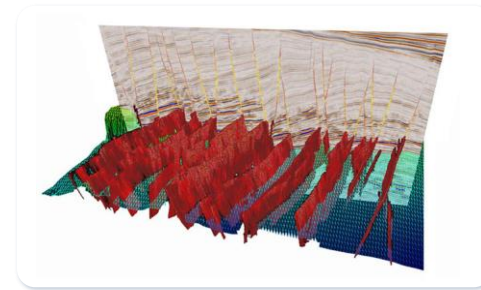
Интерпретация горизонтов

- Анализ сложности куба
- Пикирование горизонтов в 2D и 3D
- Контроль качества горизонтов
- Экспорт в транспортные форматы



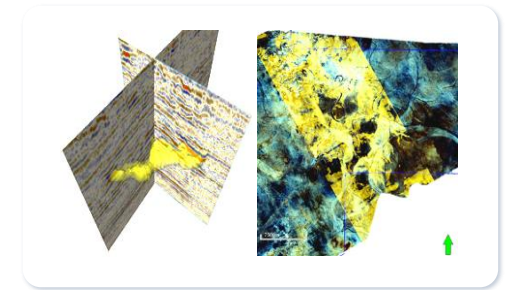
Интерпретация разломов

- Пикирование разломов в 2D и 3D
- Контроль качества разломов
- Экспорт в 3D формате и в виде стиков (удобно для пользователя)



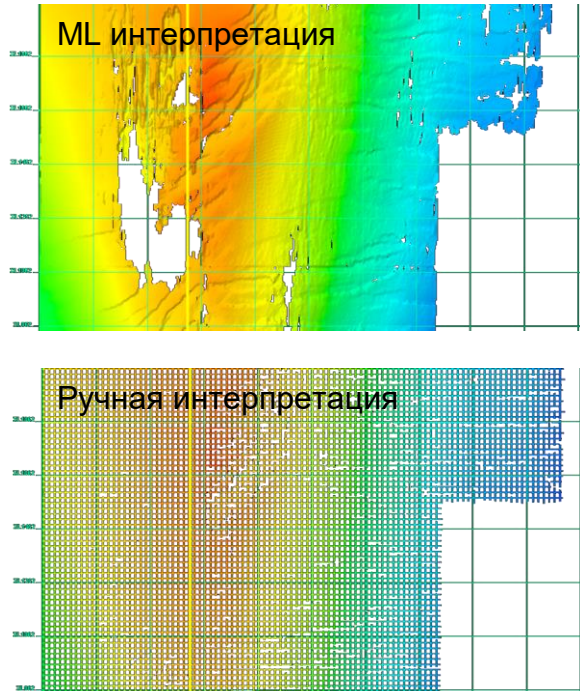
Сейсмо-фациальный анализ

- Выделение фаций типа: русло (канал), конус выноса, риф
- Контроль качества выделения объектов
- Экспорт в 3D формате



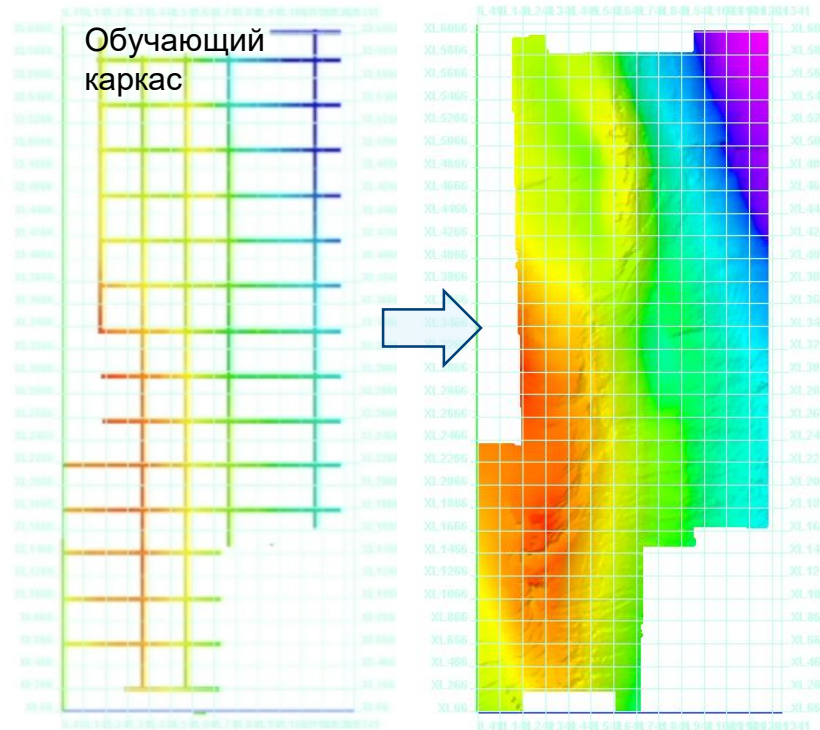
Преимущества использования ML в интерпретации данных СРР

1 Повышение детальности



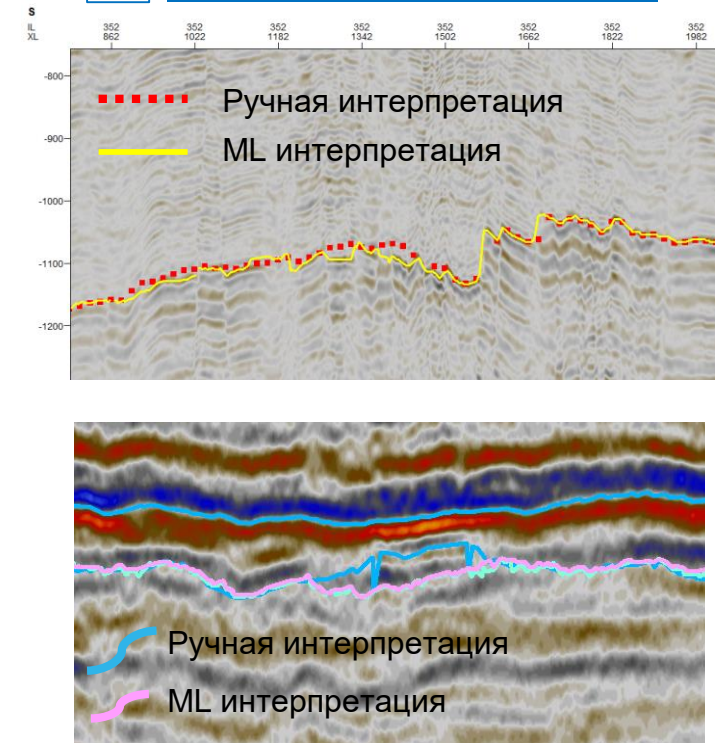
Плотность информации при ручном прослеживании в сложных местах ниже плотности данных, поскольку прослеживался каждый 20-й инлайн и кросслайн

2 Снижение рутины



Для выделения объекта по всей площади куба достаточно 2% разряженной интерпретации

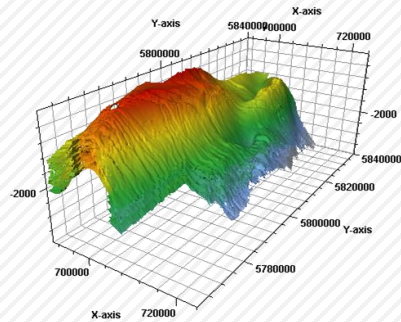
3 Снижение субъективизма



Алгоритм всегда придерживается правил, заложенных в эталонной разметке, и поправляет случайные ошибки

Проект находится на этапе ОПЭ

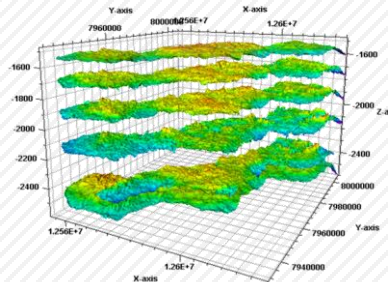
Шельф



S = 2157 кв.км
13 пластов
Активная тектоника

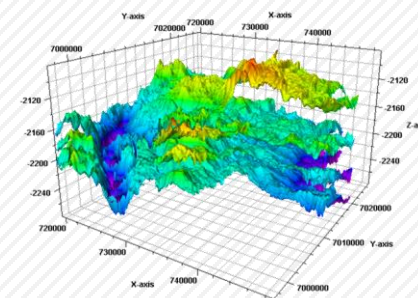


Ямал



S = 1600 кв.км
6 пластов
Сложные объекты

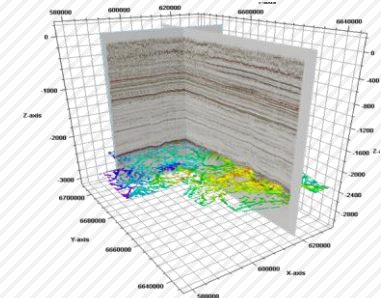
Ачимовка



S = 600 кв.км
5 пластов
Сложное залегание



Тюменка

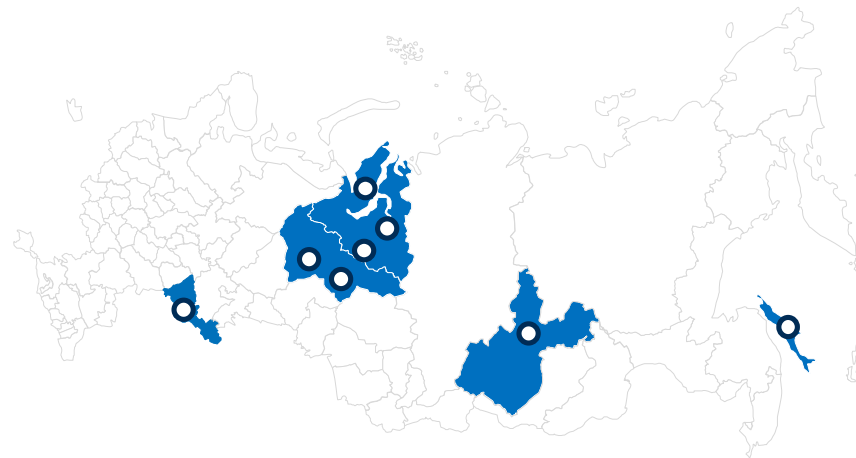


S = 2200 кв.км
1 пласт (детализация)
Сложное залегание



▲
СЛОЖНОСТЬ ГЕОЛОГИИ

- > 25 участков тестирования
- > 4 пилотных участка
- > 2 часа на обучение и прогноз



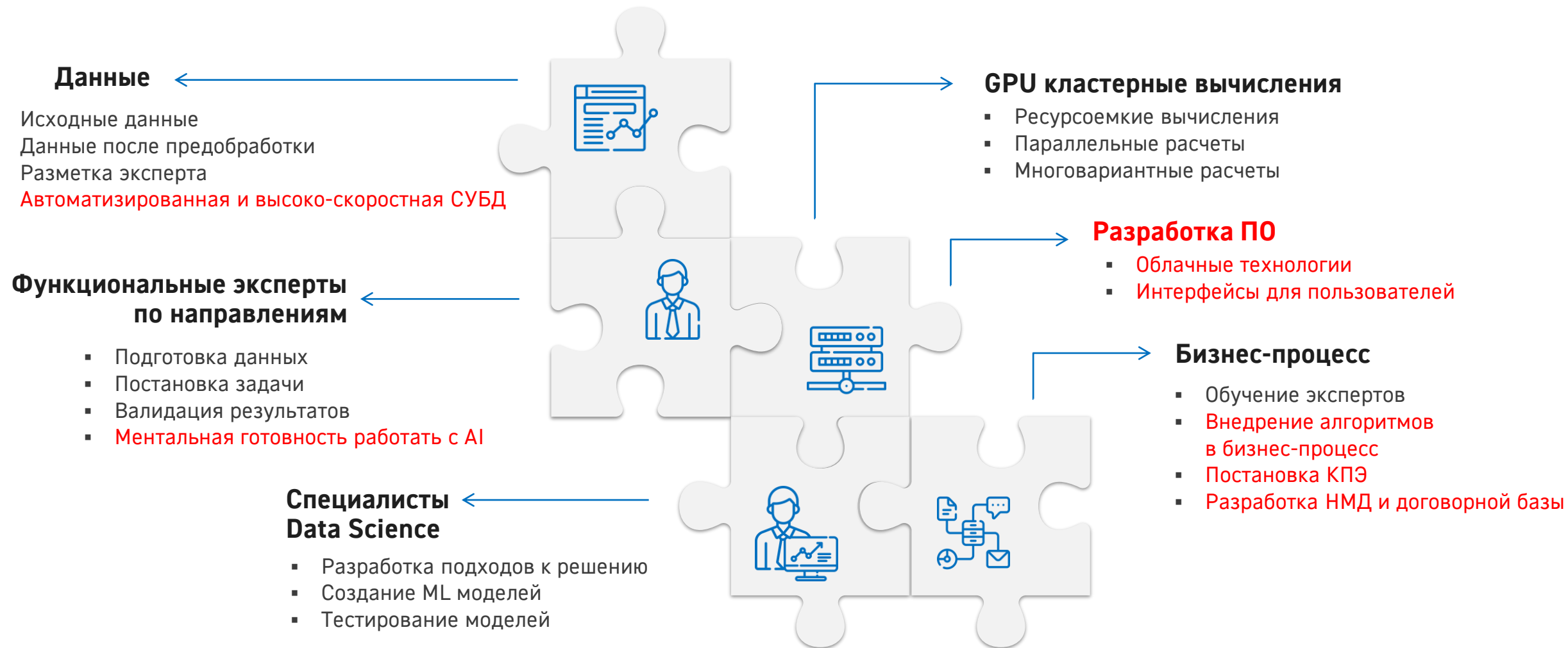
98% ПЛОЩАДИ
Интерпретируется
автоматически



1 НЕДЕЛЯ
анализ данных
с ML



КЛЮЧЕВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И БАРЬЕРЫ AI/ML РЕШЕНИЙ



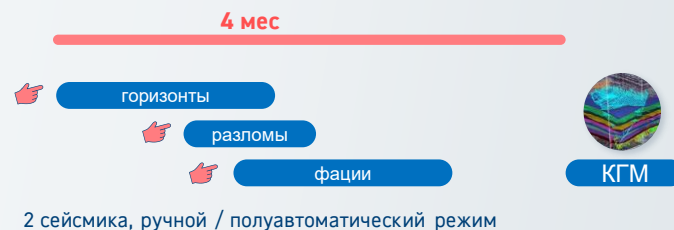
ИЗМЕНЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА СРР

НОВЫЙ БИЗНЕС ПРОЦЕСС СРР



ИЗМЕНЕНИЕ БИЗНЕС ПРОЦЕССА СРР

БЫЛО



СТАЛО



СРОКИ



50%

Сокращение этапа интерпретации

КАЧЕСТВО



≥

Не уступает/превосходит экспертное

АВТОМАТИЗАЦИЯ



60%

Сокращение ручных операций

НОВАЯ СЕРВИСНАЯ МОДЕЛЬ



ПОСТОЯННОЕ ОКАЗАНИЕ СЕРВИСНЫХ УСЛУГ

с использованием алгоритмов ИИ



РАЗВИТИЕ И ДОРАБОТКА

текущих алгоритмов ИИ



ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

и разработка новых алгоритмов ИИ



ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

для обучения ML моделей на эталонных объектах



ТЕСТИРОВАНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ

промежуточных ML моделей

Кросс-дисциплинарная команда

Объединение геологов со специалистами по анализу данных и программированию

ЗАКАЗЧИК



Евгений
Бондарев



Игорь
Карпов

УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТОМ



Семен
Зайцев



Даниил
Сёмин



Анастасия
Гончаренко

ПОДГОТОВКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ



Михаил
салищев



Валерия
Якименко

ЭКСПЕРТИЗА НТЦ



Александр
Буторин



Дмитрий
Литвиченко

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ



Роман
Худорожков



Анна
Дубовик

25

СЕРВЕРОВ С ВИДЕО-КАРТАМИ

Вычислительный кластер

3

СОБСТВЕННЫХ АЛГОРИТМА

На основе открытых библиотек
В 30 раз быстрее аналогов

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ



Антон
Броиловский



Никита
Калашников



Антонина
Арефина



Александр
Куваев



Дмитрий
Подвязников



Степан
Горячев



Алексей
Кожевин



Александр
Корягин

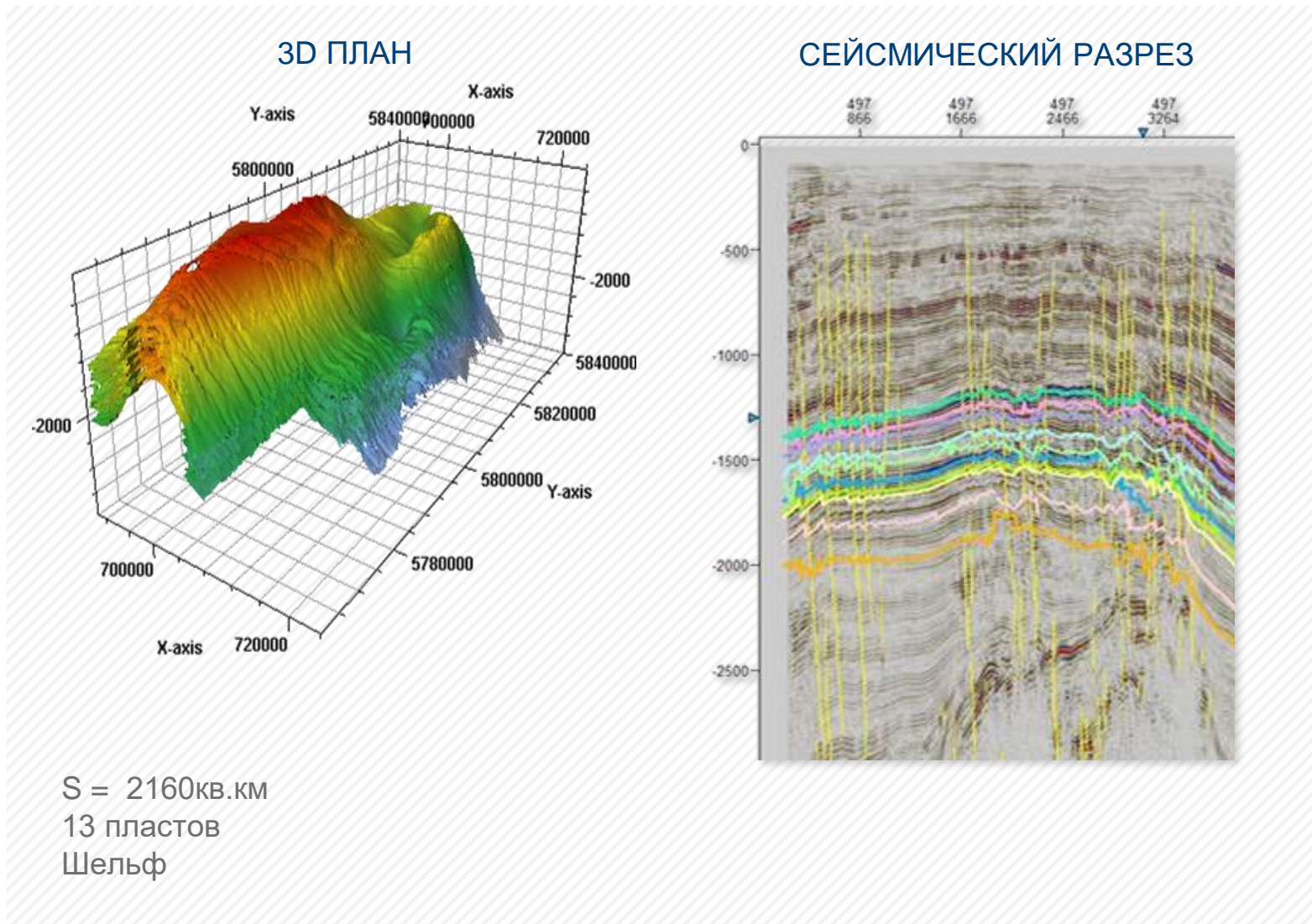


Сергей
Цимфер

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КЕЙСЫ

Сахалин

Результат помогает скорректировать программу геологоразведочных работ



Выделено 13 горизонтов
включая опорные и целевые

Выделены разломы
Построен полнообъемный куб
разломов и извлечены
поверхности

Проведён анализ
объектов для бурения
проанализированы риски

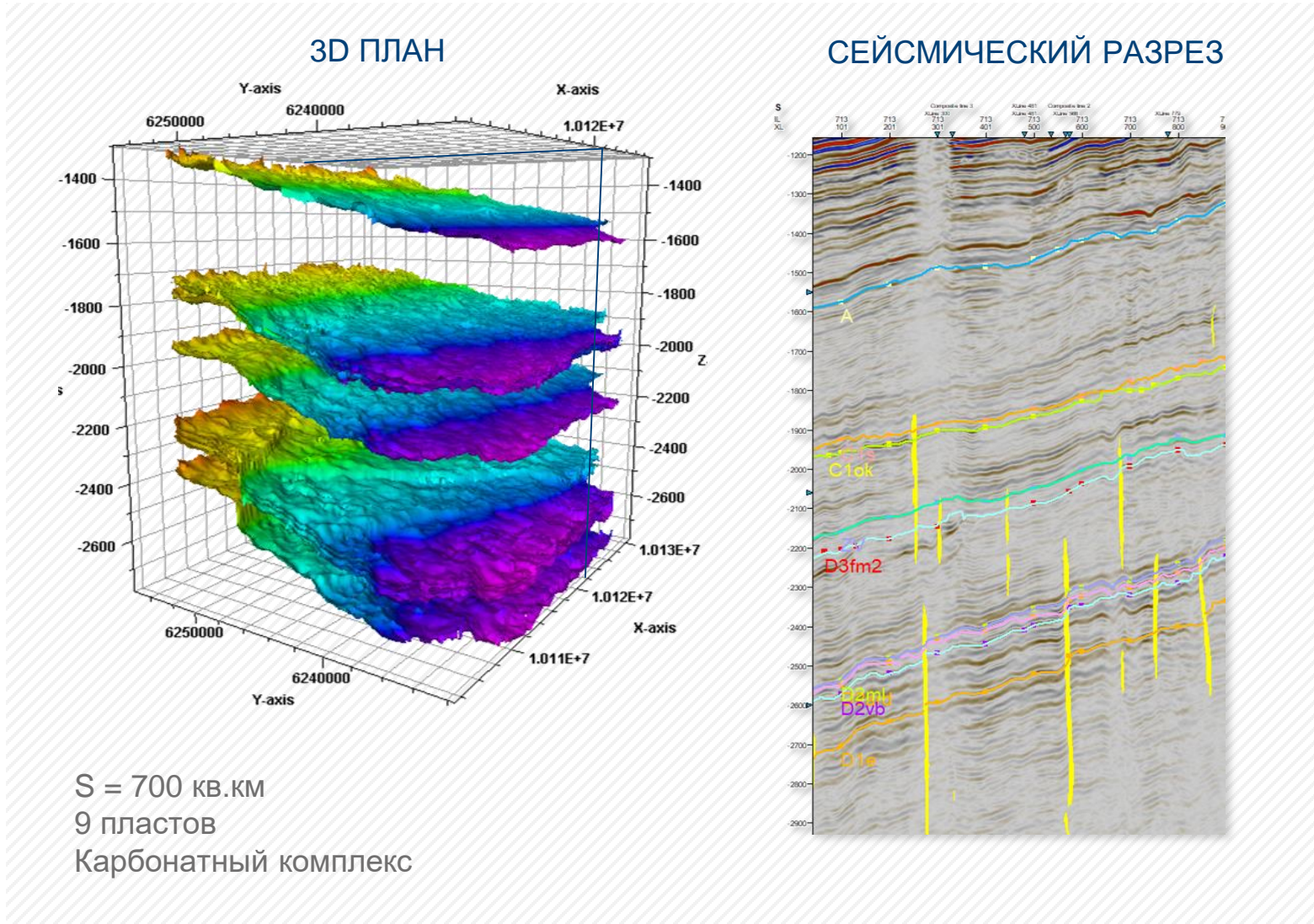


1 НЕДЕЛЯ
анализ данных
с ML

6-7 НЕДЕЛЬ
анализ данных
вручную

Южный Оренбург

Уточнена геологическая основа по целевым объектам



95%

ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ

Достигается при условии формирования обучающего каркаса высококвалифицированным специалистом

100%

МАКСИМАЛЬНАЯ ДЕТАЛЬНОСТЬ

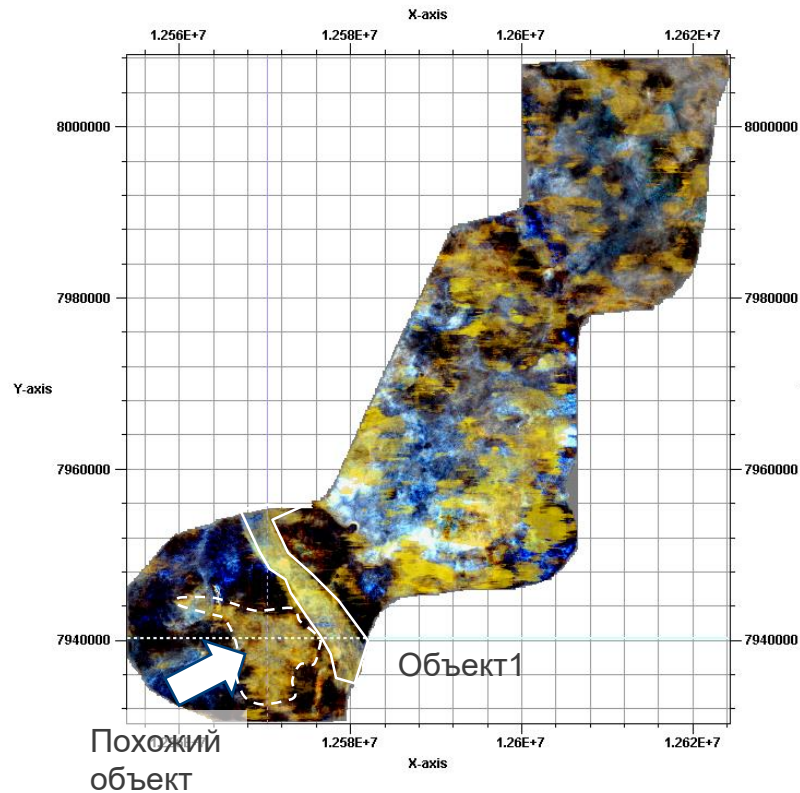
Алгоритм интерпретирует каждую точку без интерполяции

2 часа

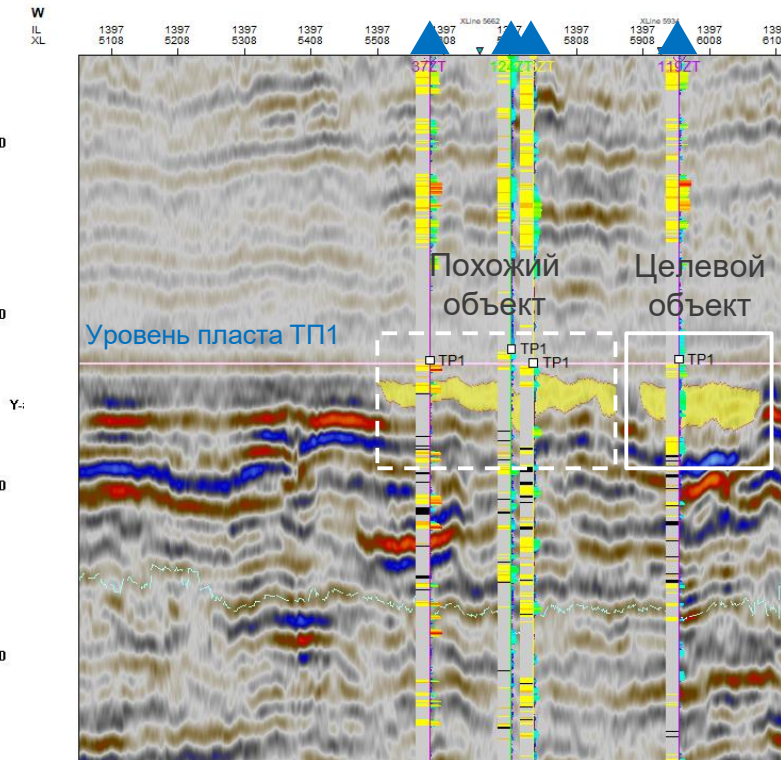
ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ

Потребовалось на выделение горизонтов, разломов и рифов по всему объему данных

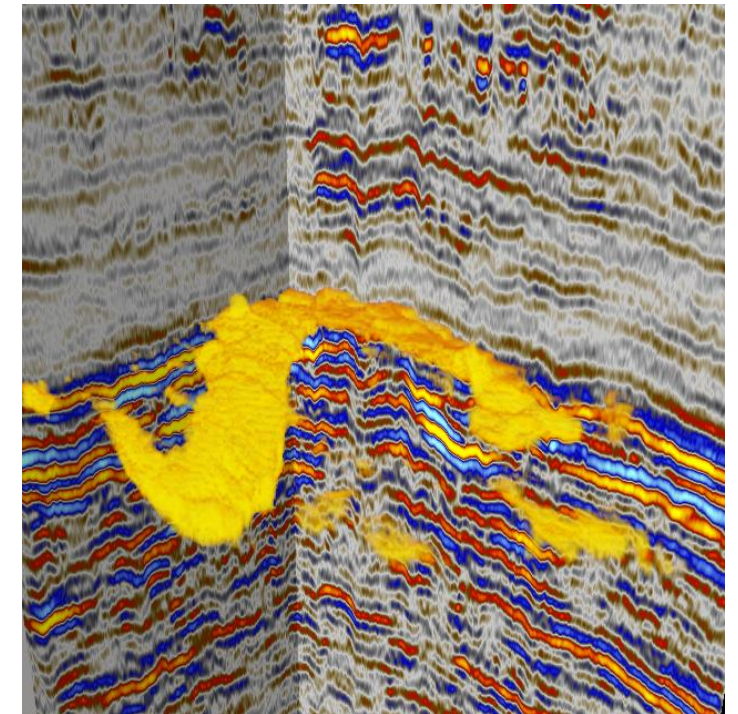
Алгоритм выделяет объекты по всей площади



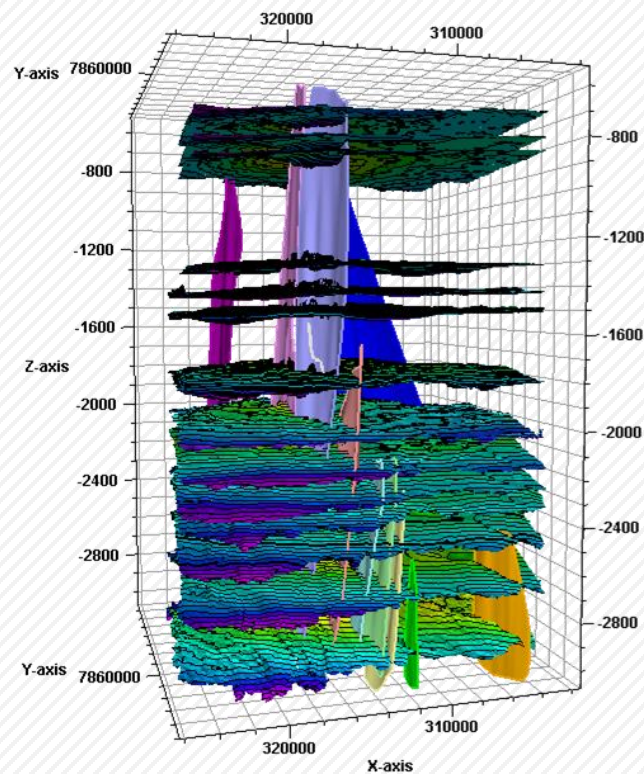
Алгоритм автоматически выделяет похожие объекты



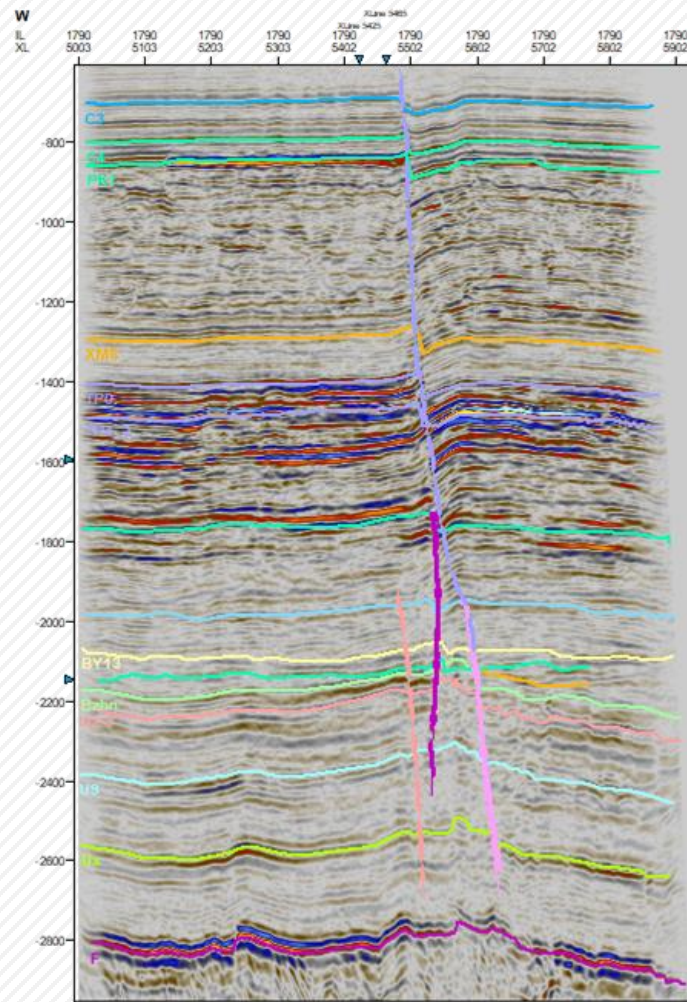
Фации прогнозируются в 3D



- Алгоритм уверенно выделяет целевые объекты и выполняет полноценную 3D интерпретацию большого объема данных с использованием небольшого объема ручной работ
- Выполненные работы позволили детально проанализировать строение целевых пластов месторождения



S = 600 кв.км
16 пластов
Теригенный комплекс



Выделено 13 горизонтов
включая опорные и целевые
+ 3 ачимовских горизонта
выделено дополнительно

Выделены разломы
Построен полнообъемный куб
разломов и извлечены
поверхности

Выделены основные сейсмofации
включая русла и конусы выноса

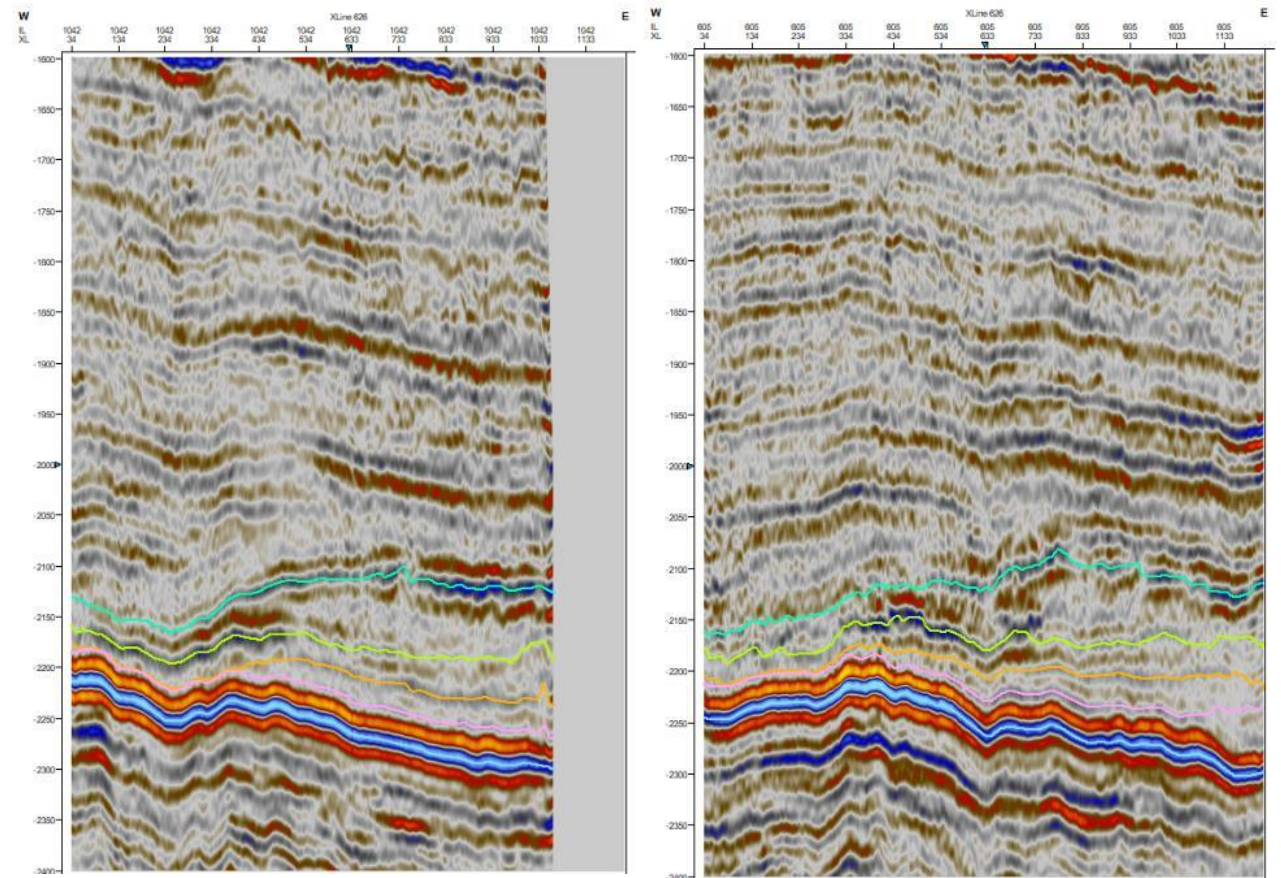
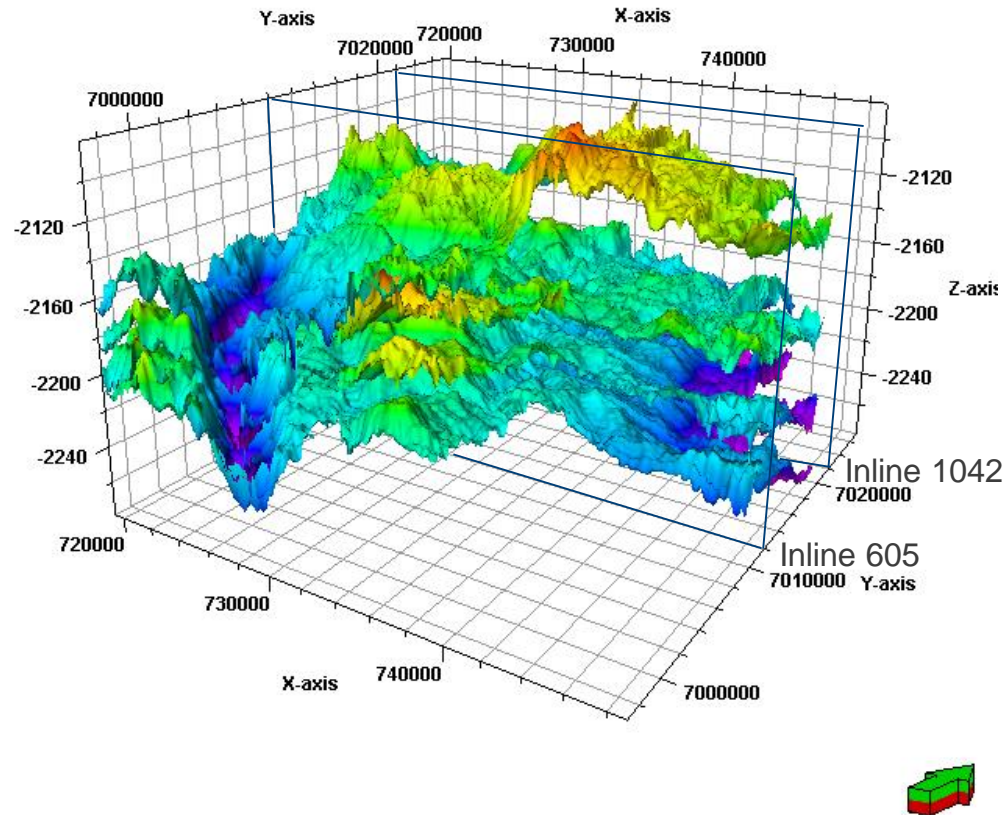


1 НЕДЕЛЯ
анализ данных
с ML

5-6 НЕДЕЛЬ
анализ данных
вручную

Ачимовская толща

Выделение целевых горизонтов произведено с высокой точностью



InLine 1042

InLine 605

Ач1, Ач2, Ач3, Ач4 – кровля пластов Ач1, Ач2, Ач3, Ач4 (ачимовская пачка) соответственно

Ачимовская толща

Повышение качества геологических моделей и уточнение целей для бурения

ОБУЧАЮЩАЯ РАЗМЕТКА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
ЗАГЛИНИЗИРОВАННЫХ КАНАЛОВ

СЕТЬ ЗАГЛИНИЗИРОВАННЫХ КАНАЛОВ
ВЫДЕЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ



Экспертная
точность по
всему объему



Повторяемый
результат



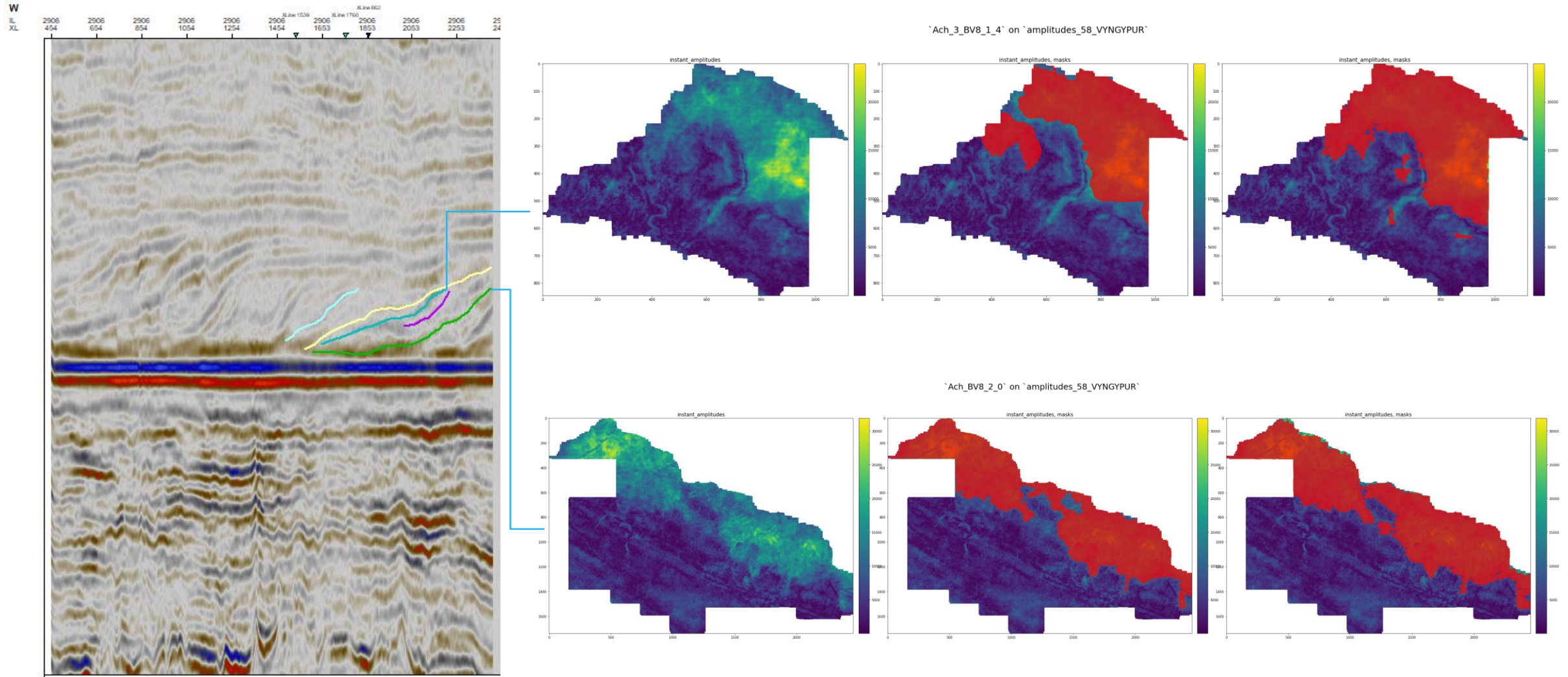
85% площади –
автоматическое
выделение



В 10 раз
быстрее ручной
интерпретации

Ачимовская толща

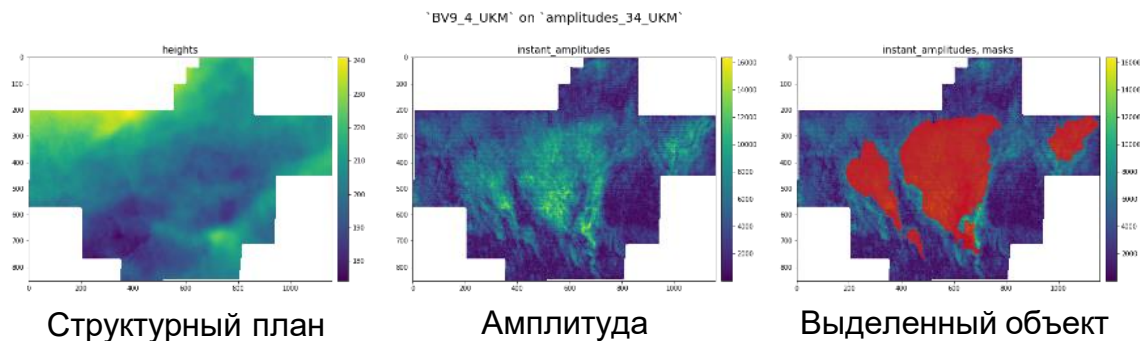
Выделение конусов выноса в пластах Ач3_БВ8_1_4 и Ач_БВ8_2_0



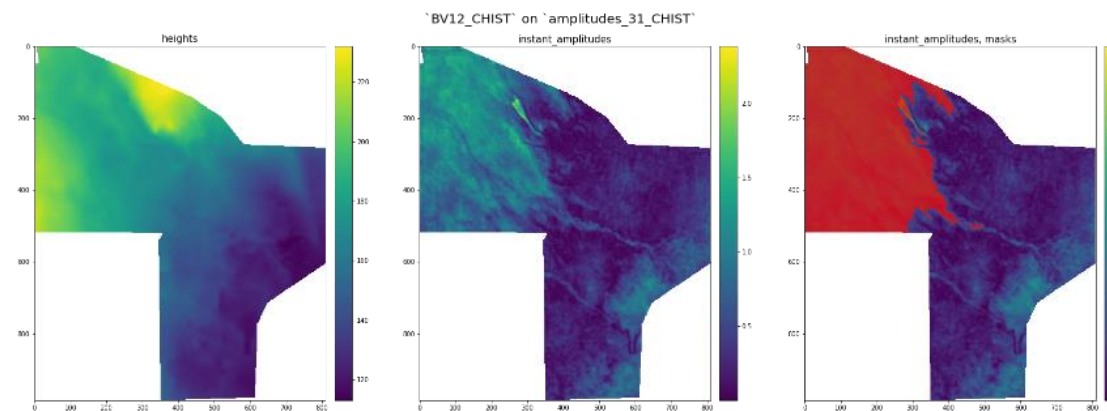
Ачимовская толща

На примере участков ХМАО и ЯНАО

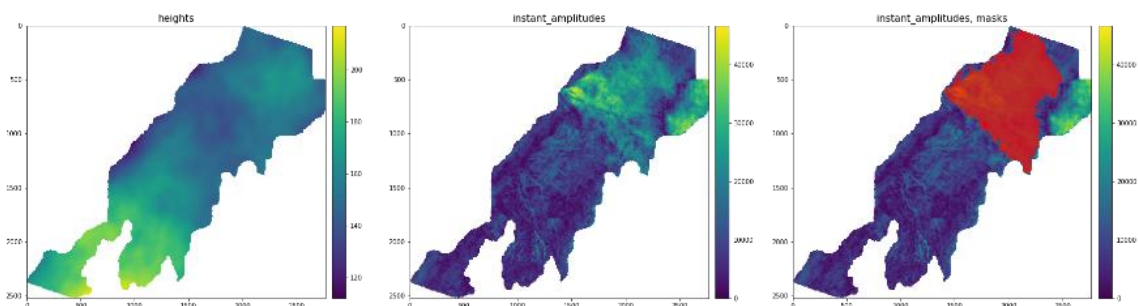
Южно-Киняминский, БВ9-4



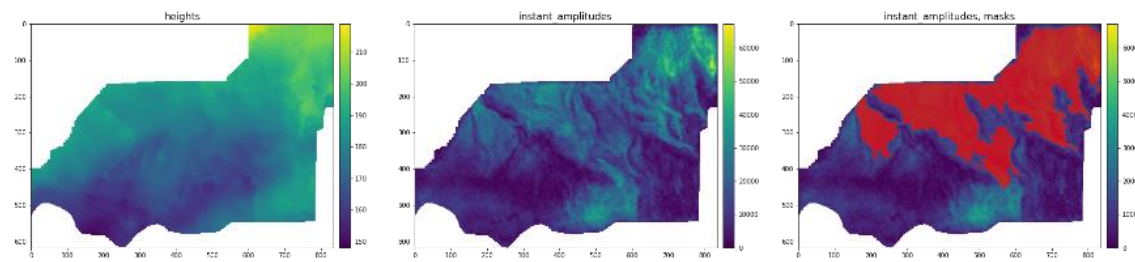
Чистиный, БВ12



Самбург, Ач5-2

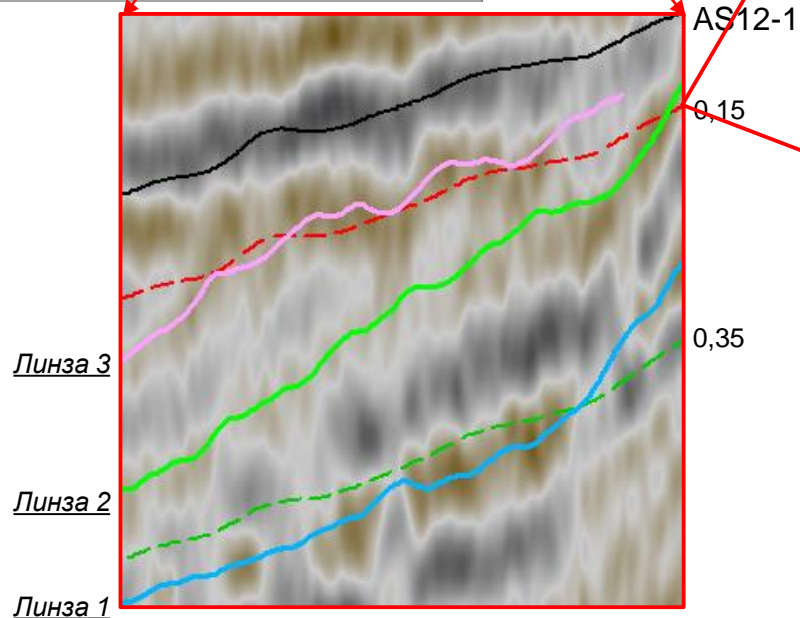
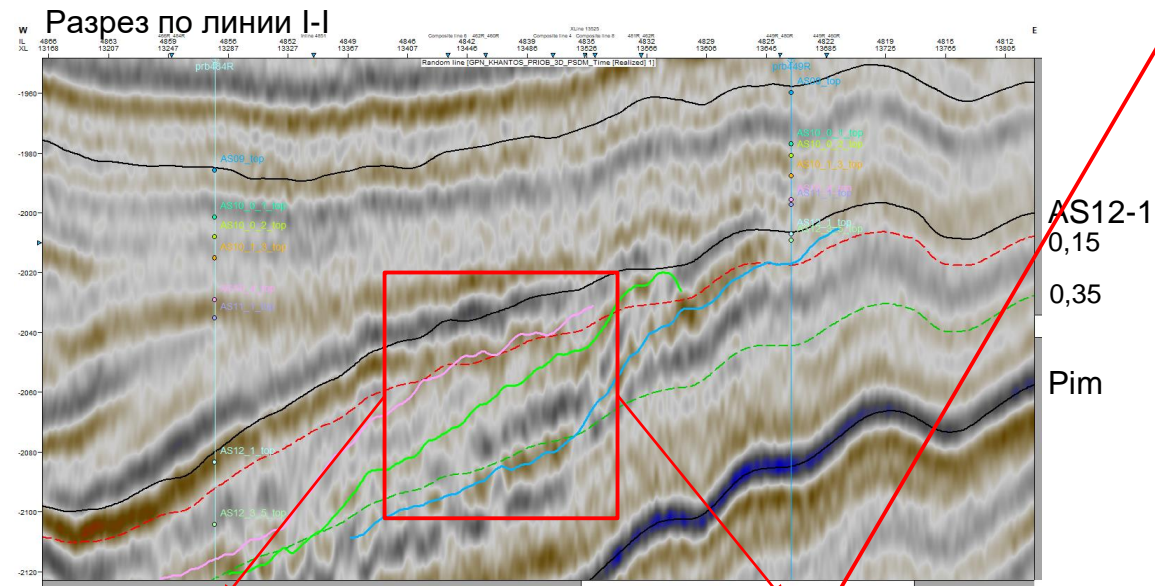


Малоюганский, БВ9-4

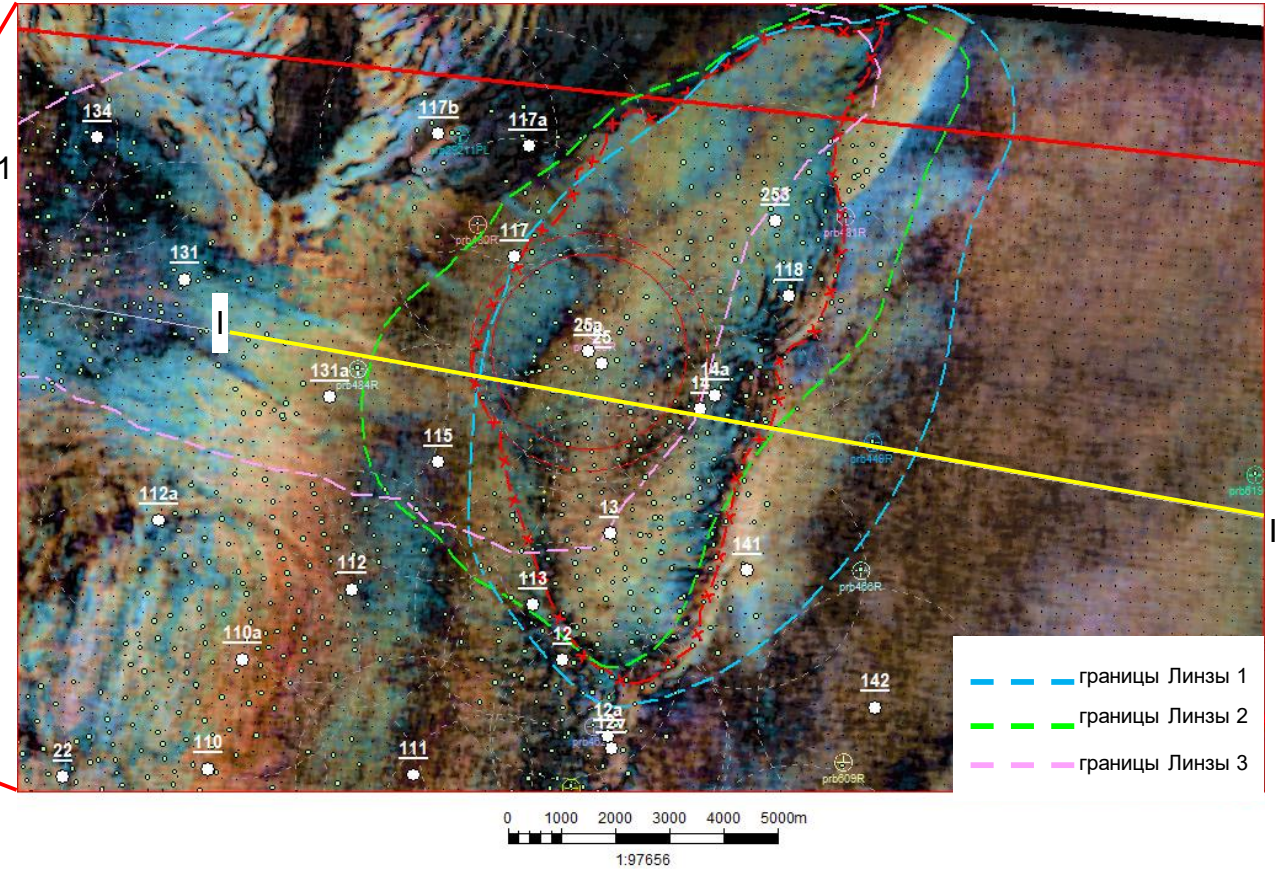


Ачимовская толща

Геофизическая основа по пропорциональному срезу 0.15



Пропорциональный RGB-срез 0.15 между AS12-1 и Pim

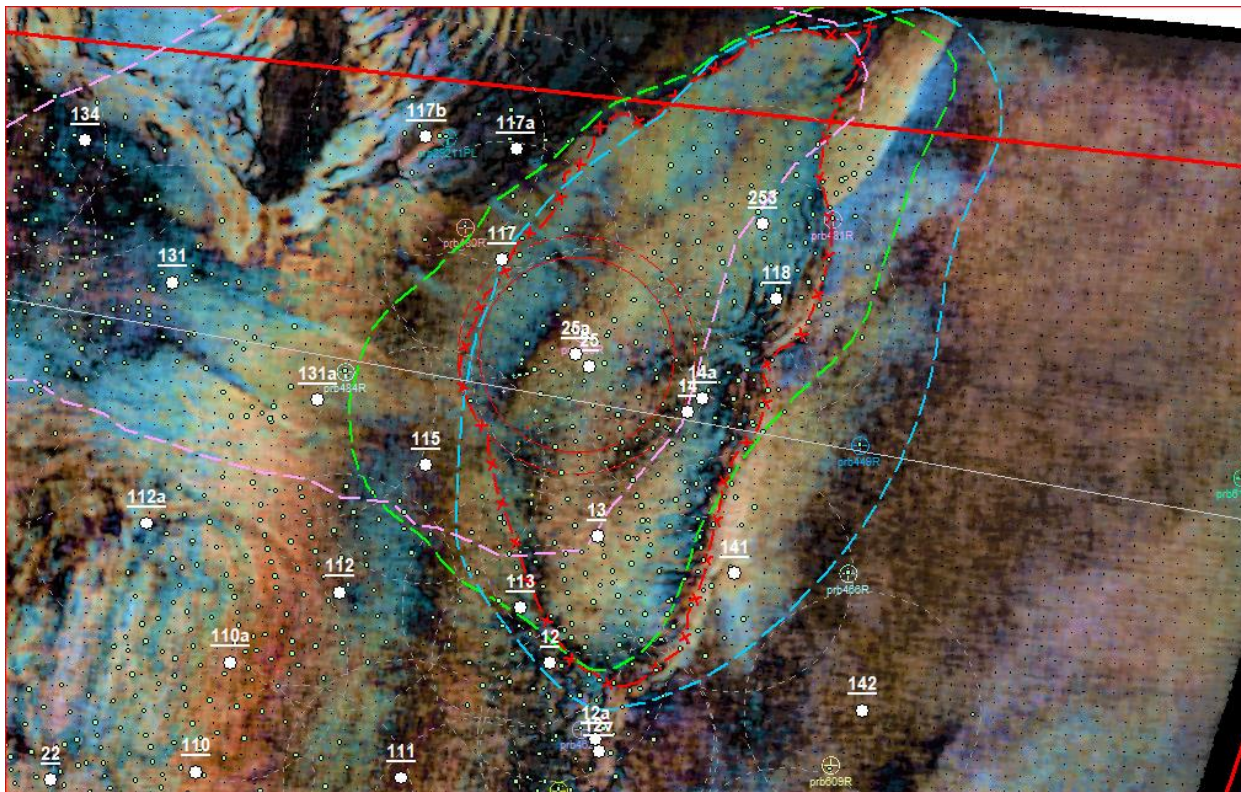


В результате детализации корреляции были выделены 3 отдельные линзы в пределах КП25. При сопоставлении результатов динамического анализа каждой линзы в отдельности и пропорционального среза огибающей АС12-1 были выявлены ряд неоднородностей внутри каждого из подциклов и уточнены границы тел в пределах исследуемого участка.

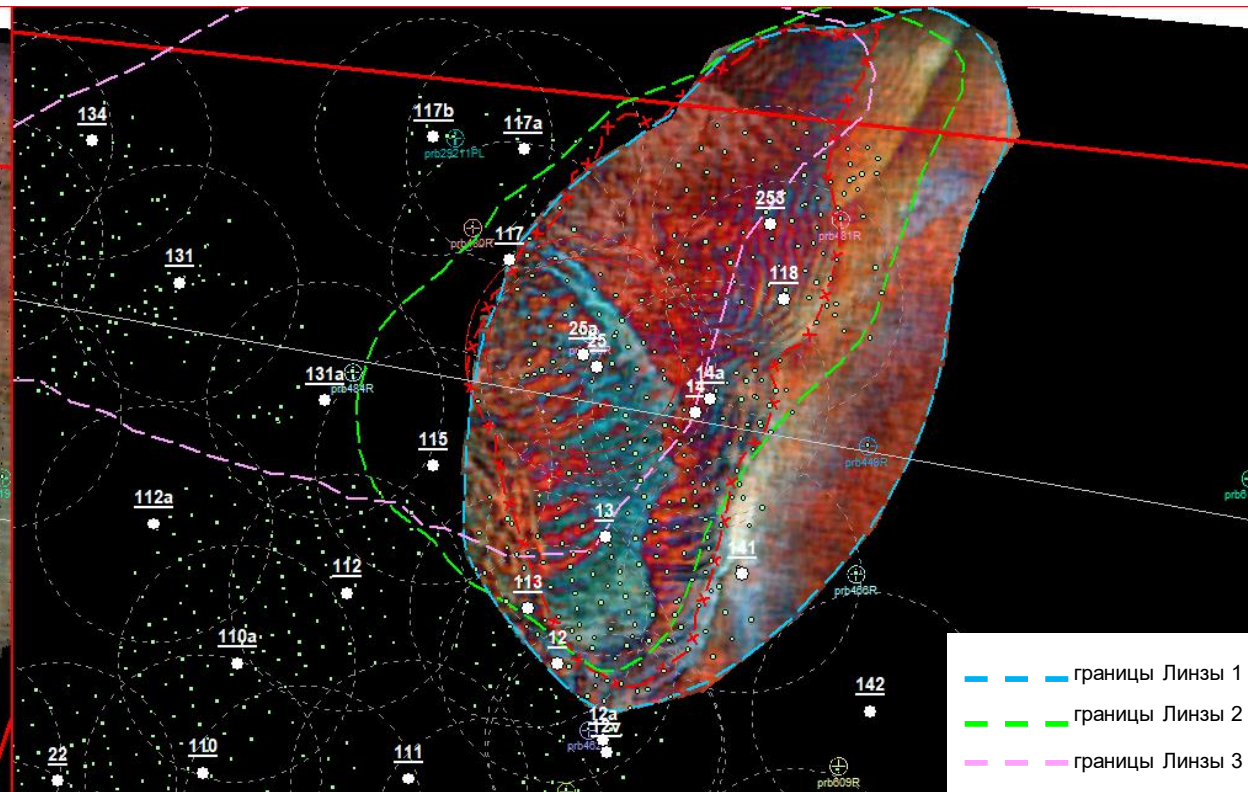
Приобский участок

Сопоставление данных пропорционального среза 0.15 и Линзы 1 (ML)

Пропорциональный RGB-срез 0.15 между AS12-1 и Pim



RGB-срез вдоль горизонта – Линза 1



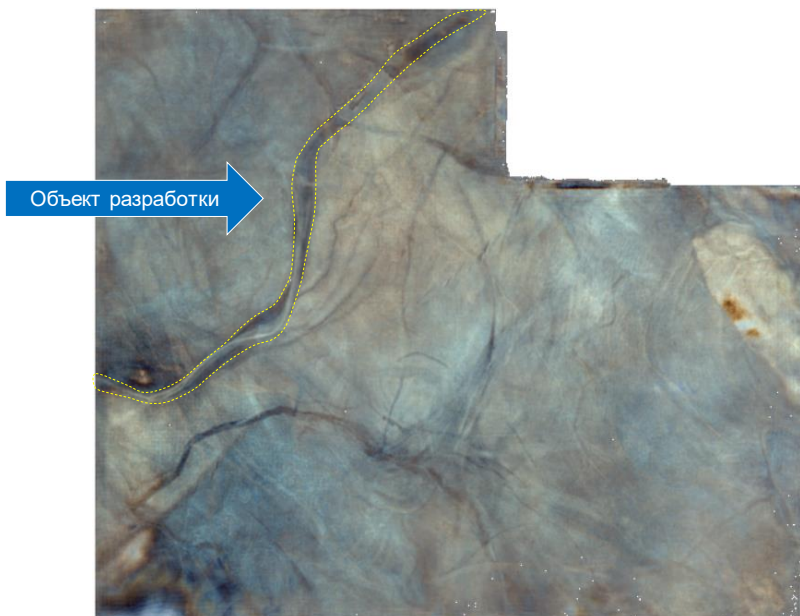
- границы Линзы 1
- границы Линзы 2
- границы Линзы 3

По RGB-средам вдоль Линзы 1 удалось получить объект, напоминающий конус выноса, в дальнейшем перекрытый оползневыми структурами, что не удавалось выделить по пропорциональным средам

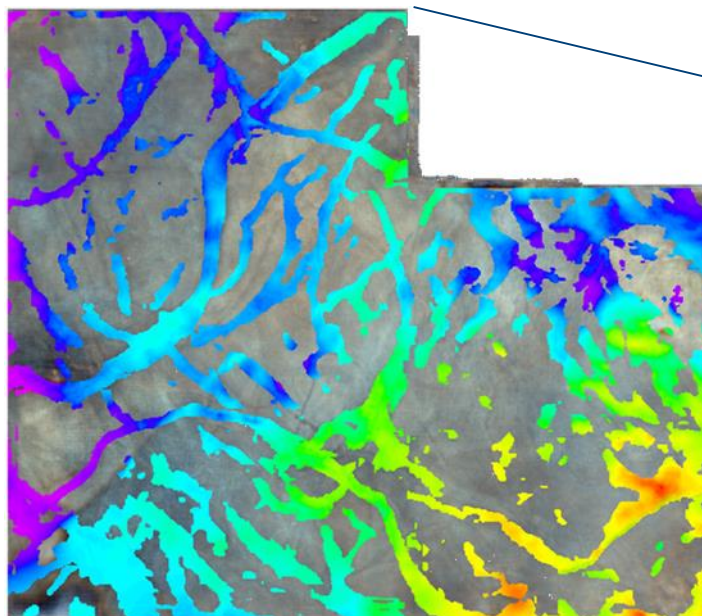
Тюменская свита

Снижены геологические неопределенности и риски ввода в эксплуатацию целевого объекта

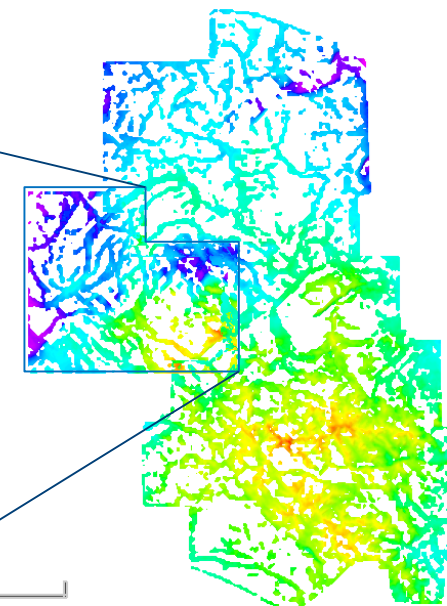
ОБУЧАЮЩАЯ РАЗМЕТКА ЦЕЛЕВОГО
ОБЪЕКТА



ВЫДЕЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ С ПОМОЩЬЮ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОДНОМ
УЧАСТКЕ (500 КВ.КМ)



ВЫДЕЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ С ПОМОЩЬЮ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ВСЕМУ
ОБЪЕМУ (2500 КВ.КМ)



Экспертная
точность по
всему объему



Повторяемый
результат



98% площади –
автоматическое
выделение



В 12 раз
быстрее ручной
интерпретации

Благодарю за внимание



Евгений Бондарев

Начальник департамента

Технологического развития и цифровой трансформации ГРП

Дирекция геологоразведочных работ и развития ресурсной базы

ПАО «Газпром нефть»

Mail: bondarev.eb@gazprom-neft.ru

Тел: +79150032545