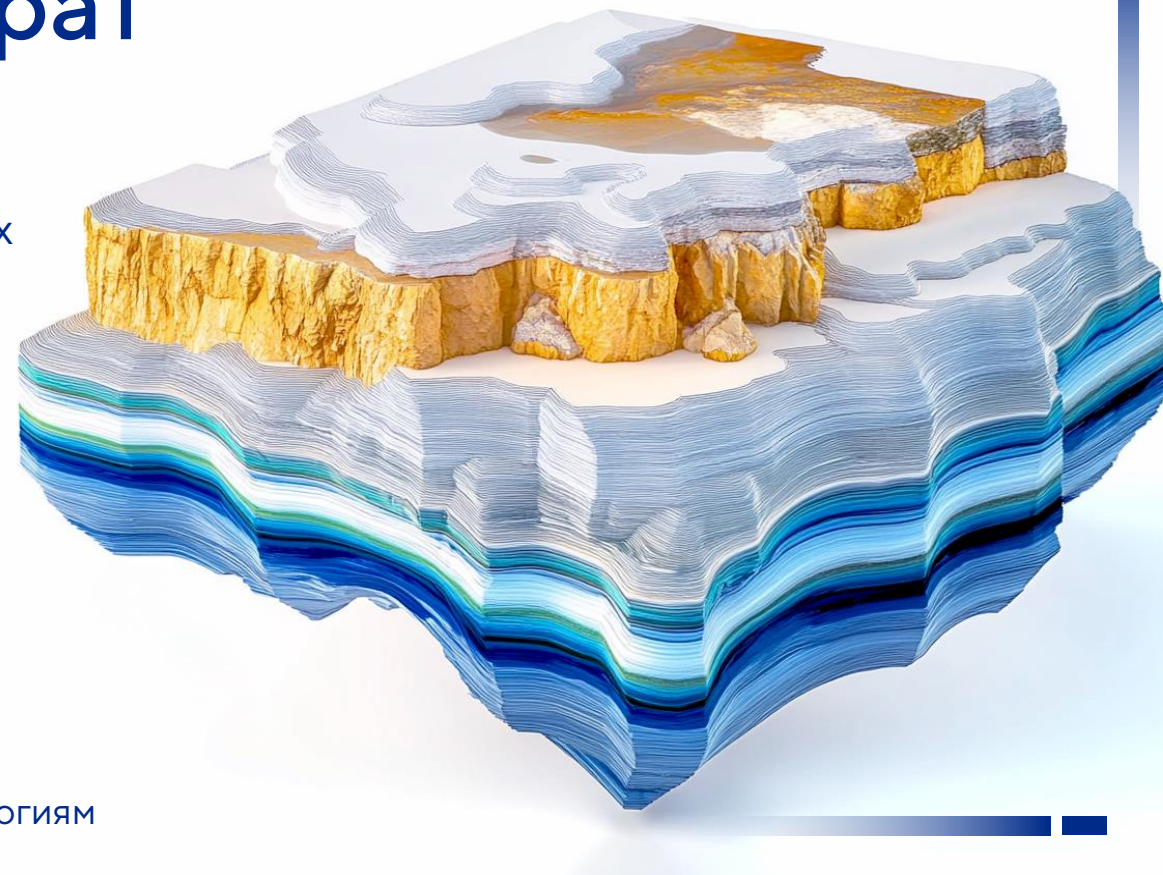


Снижение геологических рисков и непроизводительных затрат

При решении задач по локализации и извлечению высоких остаточных запасов нефти, выявлению пропущенных залежей в сложно-построенных коллекторах с применением цифровых технологий



Фарид Салимов

Директор по цифровым технологиям
в геологии и нефтегазодобыче



ALMA SERVICES COMPANY

Группа ALMA — надёжный партнёр
нефтегазовых и нефтесервисных компаний
в РФ и за рубежом.

Самостоятельно разрабатываем программное
обеспечение

Используем технологии искусственного интеллекта
и машинного обучения

Оказываем консалтинговые и сервисные услуги
(IT, производственные и управленческие)

2017

Год основания
компании



200+

Сотрудников
в штате компаний



35+

Реализованных
проектов

alma@almaservices.ru

+7 (966) 050-49-56

Консалтинговые проекты

- Управленческие
- Производственные
- IT-проекты



Инжиниринг/заказные разработки и IT-интеграция

- Pre-FEED, FEED
- ТУЗ — технология управления заводнением
- Снижение геологических рисков
- КТК — компьютерные тренажерные комплексы



Управление проектами

- PMC- Управление проектами
- Генеральный подрядчик по автоматизации и цифровизации (MAC)
- Интегрированное планирование



Автоматизированные системы оперативного диспетчерского управления (АСОДУ)

- ПО АЛbПА (собственная разработка)
- Системная интеграция на базе продуктов партнеров



АЛbМА СЕРВИСbЗ КОМПАНИ

Бизнес-направления

Надежность оборудования

- ASTRA SMS (собственная разработка) контроль динамического оборудования
- VR и компьютерные тренажерные комплексы
- Центры удаленного мониторинга динамического оборудования



Управление технологическими процессами и компьютерное моделирование

- ТКРС и ТО (собственная разработка) автоматизация контроля ремонта скважин и транспортного обеспечения
- СУУТП — система усовершенствованного управления технологическим процессом
- Моделирование технологического процесса для разработки цифровых двойников производств или тренажеров операторов ТП



Управление жизненным циклом погружного оборудования

- Центры удаленного мониторинга погружного оборудования УЭЦН (установка электроцентробежного насоса)
- Семейство (экосистема) продуктов CycleOp - собственная разработка

Экосистема CycleOp

1. Модель работы скважины
2. Подбор основных механизированных способов добычи нефти и газа
3. Цифровой гарантийный паспорт
4. Детектор аномалий и предсказание отказов

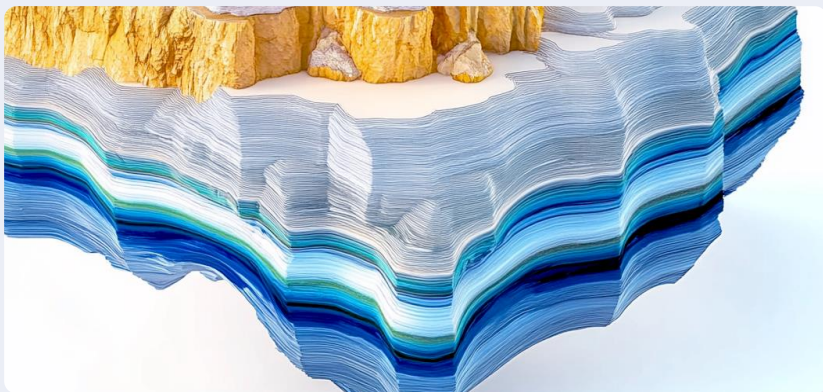


Цели и задачи

Цель



Повышение эффективности освоения месторождений, разработки на поздних стадиях, вовлечение в разработку неосвоенных и слабо освоенных участков пласта, снижение непроизводительных затрат, повышение рентабельности разработки.



Задачи



Применение методики с элементами искусственного интеллекта, обеспечивающей получение расширенного состава геологических данных без проведения дорогостоящих исследований, определение фактической насыщенности коллекторов, структуры запасов нефти:

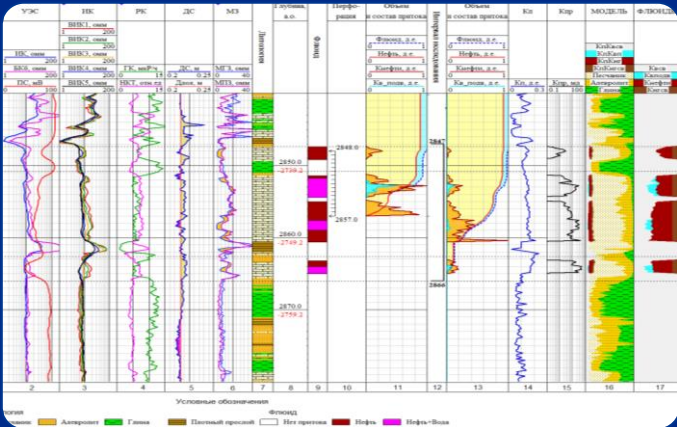
- Разработка 3D литолого-фациальной геологической, геомеханической модели пласта с выделением и локализацией тел различных классов пород
- Выделение пропущенных нефтенасыщенных интервалов пласта
- Планирование ГТМ, включая БВС с расчётом оптимальной траектории горизонтальной части
- Оптимизации процессов бурения и расположения скважин, в том числе горизонтальных стволов

Технологии геологического изучения строения месторождений нефти и газа

01

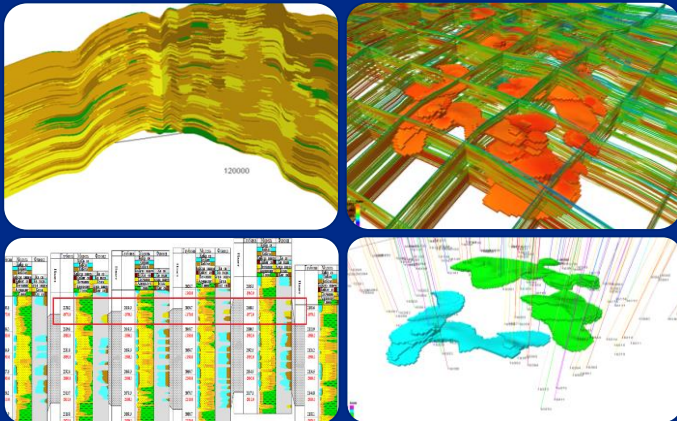
База данных расширенной интерпретированной информации по данным ГИС по технологии

ESKS-TABC с определением структурно-минералогического состава пород по всему разрезу



02

Литолого-фациальное геологическое моделирование с выделением тел по заданным критериям

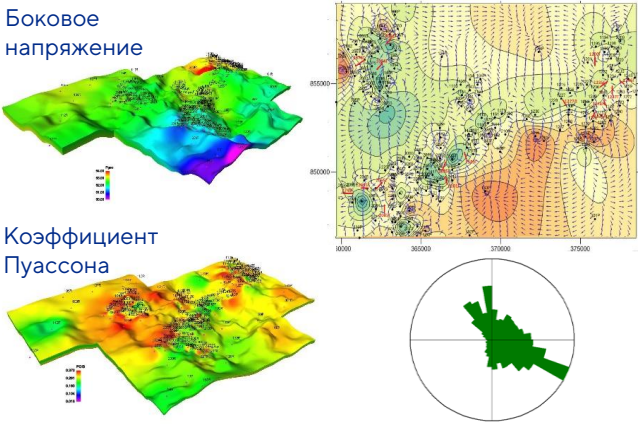


03

Геомеханическое моделирование

Боковое напряжение

Коэффициент Пуассона



04

Структура запасов и подсчет запасов по 3D геологической модели с учётом определения связанной воды и фактической проницаемости пород коллекторов

Общие запасы, тыс. т	Запасы в породах заданных фильтрационно-емкостных свойств, тыс. т					Доля от общих запасов, %	
	Диапазон Кп, д.е.	Диапазон Кпр, мД					
		<2	2-8	8-20	>20		Суммарные запасы распределенные по Кп, тыс. т
ЮВ1-1							
67678	<0.12	277	36	8	32	353	0.5
	0.12-0.15	8762	4612	902	400	14676	21.7
	0.15-0.18	5200	18027	12411	8571	44209	65.3
	>0.18	310	1691	2457	3975	8433	12.5
Доля от общих запасов, %		21.5	36	23.3	19.2	100	

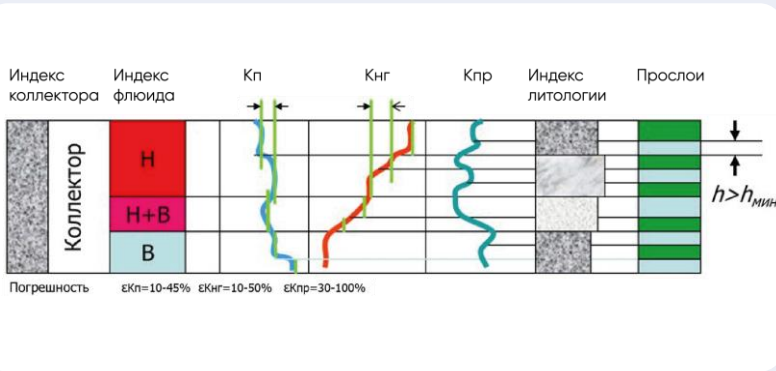
Класс 1 Класс 2 Класс 3 Класс 4

Технологии геологического изучения строения месторождений нефти и газа, экспертная система ESKS

Классификации с использованием дерева решений по коллекторским свойствам, литологии и насыщению



Выделение квазиоднородных прослоев по результатам обработки



Коллектор – неколлектор

- Коллектор
- Неколлектор

По литологии

- Песчаник
- Алеврит
- Глина
- Уголь

По характеру притока

- Нефть
- Нефть + вода
- Вода + нефть
- Вода

Определение квазиоднородных по геологическим свойствам прослоев на основе интеллектуального анализа и классификации пород по их свойствам, определенным на этапе автоматизированной интерпретации на каждом шаге квантования

Технологии геологического изучения строения месторождений нефти и газа, экспертная система ESKS

Назначение

Управление процессом комплексной интерпретации геолого-геофизической информации непрерывно вдоль разреза вскрытого стволом скважины с помощью технологий автоматизированной интерпретации для терригенных (TABС) и/или карбонатных (CARB) пород



Особенности

Экспертная система (ESKS) построена на основе процедур логического вывода и принятия решений и базы знаний, реализованной как совокупность фактов и правил логического вывода о классификации пород по структурно-литологическим, коллекторским, фильтрационно-емкостным и флюидалным свойствам

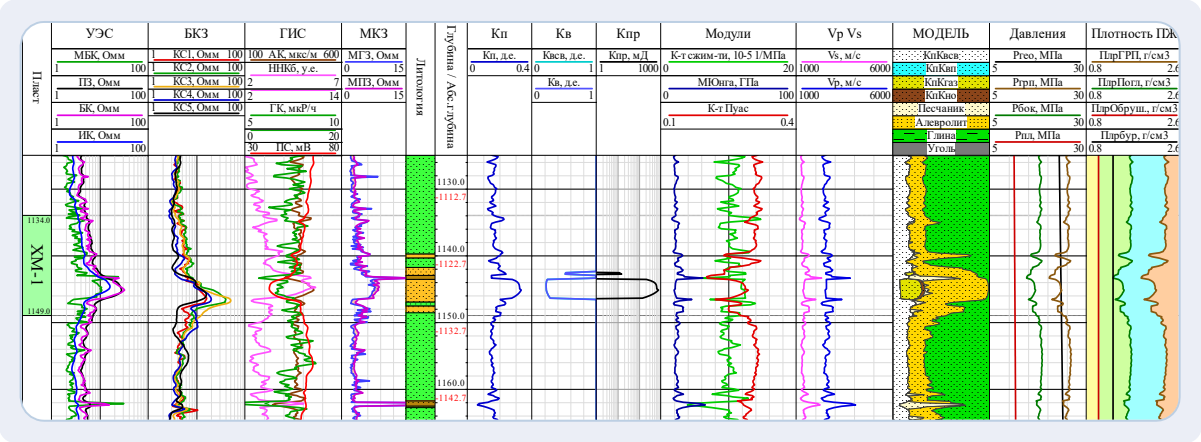


Преимущества

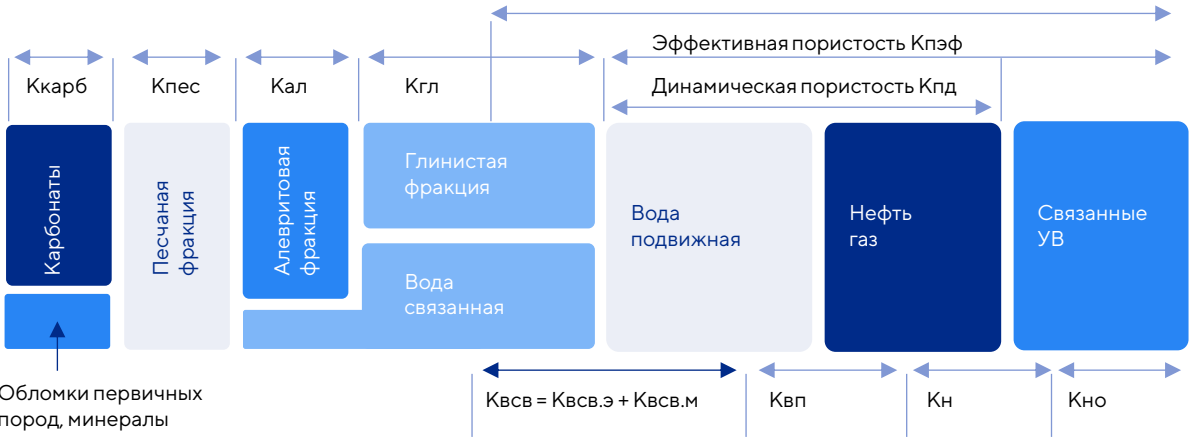
Однозначный и сопоставимый результат для похожих ситуаций в условиях большой неопределенности. Определение расширенного набора параметров, касающихся геологических свойств горных пород



Технология автоматизированной интерпретации данных ГИС в терригенном разрезе «Методика TABCS»



Структурный каркас породы



Исходный комплекс

УЭС (ИК, БК, БКЗ...)

ПС

ГК

Wнк, АК, ГГКп

Выходные параметры

Структурно-минералогическая модель
Кпес, Кал, Кгл, Ккарб, Куголь, Кп

Флюидальная модель
Кв.св, Кв, Кг, Кн, Кно

Фильтрационные свойства коллекторов
Кпр, Кпр.в, Кпр.г, Кпр.н

Прогнозные кривые профиля притока продукции
Оценка обводненности

Механические и скоростные свойства пород
коэффициент Пуассона, модуль Юнга, Vp, Vs, сейсмотрасса

Давления
Pг, Pбок, Pпл, Pгидро, Pгрп

Теоретические кривые
УЭС и ПС для Кв=100%, DT, RHOв, W

Технология автоматизированной интерпретации данных ГИС в терригенном разрезе «Методика TABC»

Назначение

Для непрерывной послойной обработки комплекса кривых каротажа во всем интервале терригенного разреза скважины



Особенности

Реализует запатентованный алгоритм, в основе которого лежат результаты собственных научно-исследовательских работ авторов



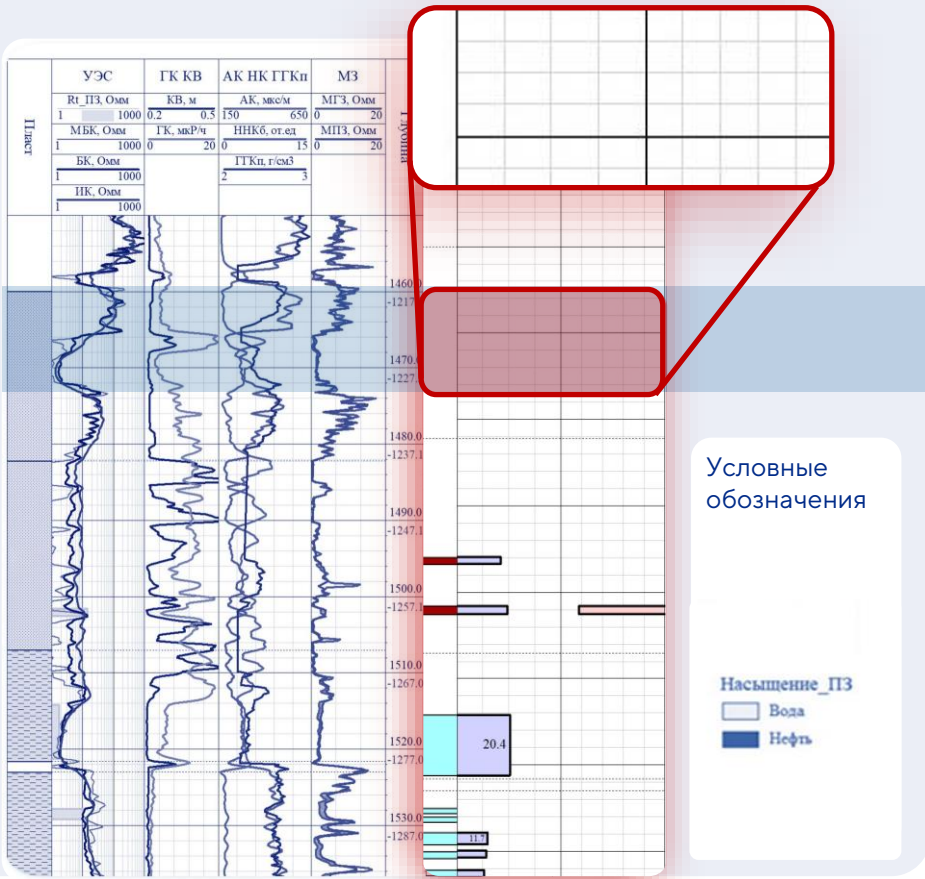
Преимущества

В основе интеллектуального алгоритма технологии TABC лежат обобщенные петрофизические модели, разработанные на основе изучения закономерностей изменения адсорбционных и фильтрационно-ёмкостных свойств горных пород

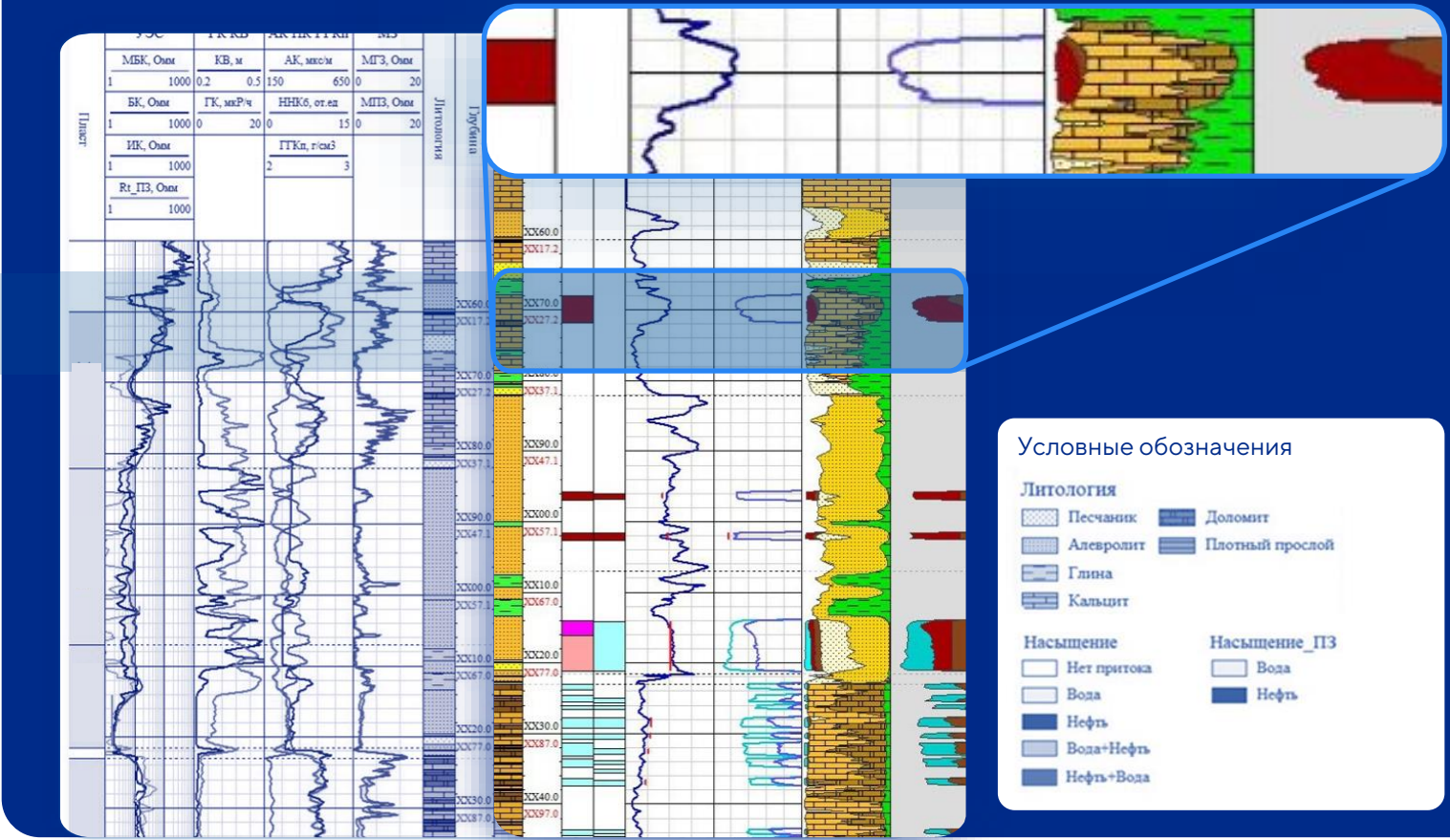


Пример извлечения новой информации

Российская традиционная технология



Технология ESKS-TABC, реализованная в ПО Gintel



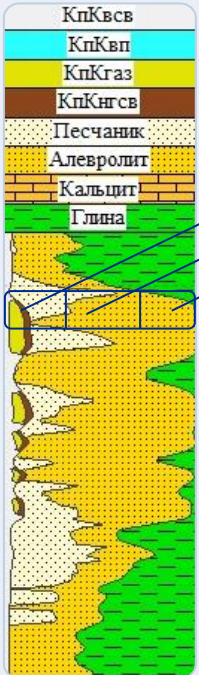
Сравнительная характеристика методик интерпретации данных ГИС

Показатели	Методика ТАВС	Традиционная методика при ПЗ
Определяемые параметры:		
1. Структурно-минералогическая модель	Кп, Кпес, Кал, Кгл, Ккарб	Кп
2. Флюидальная модель пород	Кв.св, Кв.п, Кнг	Кв, Кнг
3. Фильтрационные характеристики	Кпр, Кпр.в, Кпр.г, Кпр.н	Кпр
4. Литология	песчаники, алевролиты и их смеси, глины, карбонаты	
5. Насыщение	газ, нефть, вода подвижная, вода связанная	газ, нефть, вода
Интерпретационная модель породы	Трехкомпонентная Песчано – алеврито – глинистая	Однокомпонентная Скелет – поровое пространство
Петрофизическое обеспечение	Система обобщенных петрофизических моделей, разработанных в соответствии с мировыми стандартами, адаптированных к геологическим условиям Ромашкинского месторождения : УЭС, ПС, ГК, АК, НК, ГГК, Кв.св, Кпр, Кпр.в, Кпр.н, Кпр.г	Набор стохастических связей для однокомпонентной породы: Кп(Апс), Кп(НК), Кп(АК), Р(Кп), Рн(Кв), Кпр(Кп) и др.
Особенности методики интерпретации данных ГИС	1. Обработка всех пород в разрезе в два этапа: - расчет кривых свойств пород и флюидов, - выделение прослоев однородных по геологическим, коллекторским свойствам и насыщению 2. Оценка достоверности интерпретации данных ГИС в каждой скважине без и при использовании керна	1. Обработка только предварительно выделенных в разрезе интервалов коллекторов 2. Оценка достоверности условна (кern использован для установления самих стохастических связей)

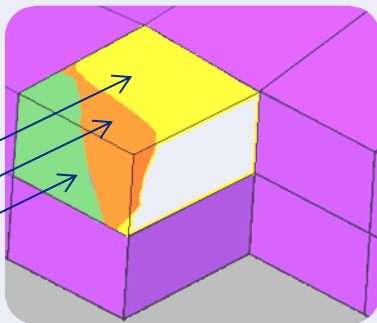
Литологическое моделирование на основе классификации пород

01 Соответствует принципам выделения литологии в скважине на этапе интерпретации данных ГИС

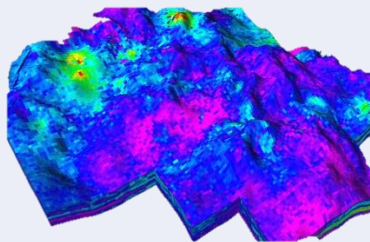
Технология
ESKS-TABC



Ячейка куба

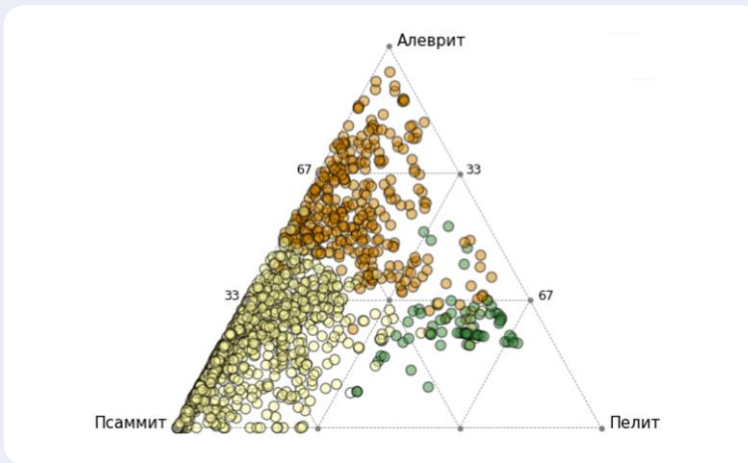


Тренды по сейсмике

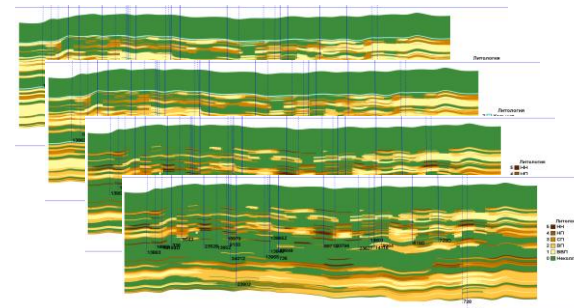
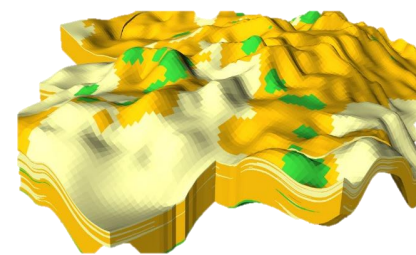


02 Соответствие литотипам, определённым на основе исследований фракционного состава керна

Классификация терригенной породы



Реализации куба литологии в соответствии с классификацией пород



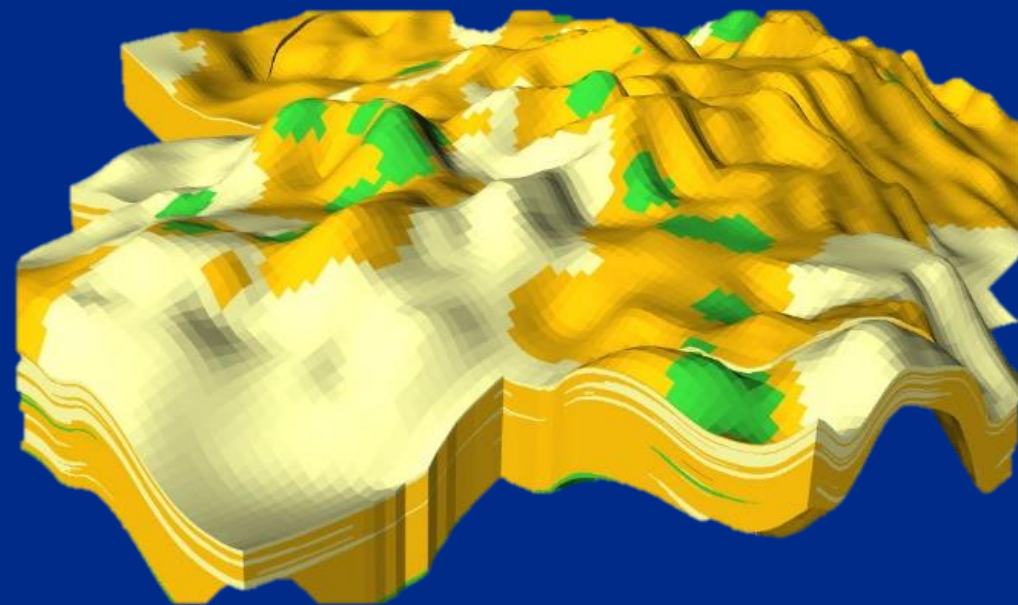
Литологическое моделирование на основе классификации пород

- 01 Соответствует принципам выделения литологии в скважине на этапе интерпретации данных ГИС

Кривые содержания песчаной, алевритовой и глинистой фракций, рассчитанные вдоль ствола скважины, позволяют применить любую из существующих классификаций для определения литологического типа породы в любой точке разреза вдоль ствола скважины.

Для каждого месторождения разрабатывается своя классификация пород в зависимости от необходимой детализации неоднородности

- 02 Соответствие литотипам, определённым на основе исследований фракционного состава керна



Комплексирование сейсмической информации и результатов интерпретации данных ГИС

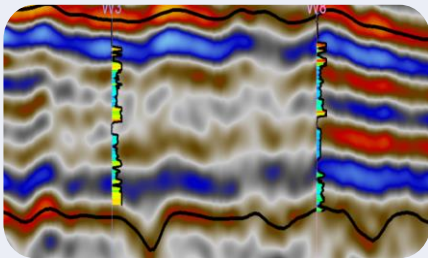
по технологии ESKS-TABC на основе машинного обучения

Методы комплексирования

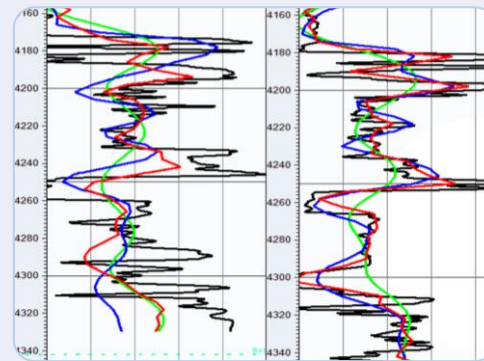
- Петроупругое моделирование **традиционное**
- Машинное обучение

Исходные данные

- Результаты интерпретации данные ГИС по ESKS-TABC
- Сейсмические данные
 - Куб акустического импеданса Z_p
 - Куб импеданса поперечных волн Z_s
 - Куб отношения скоростей V_p/V_s
 - Куб плотностей

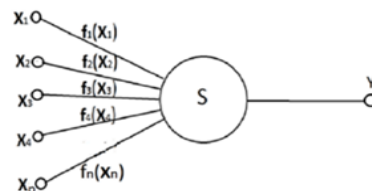


Сравнение измеренной и прогнозных кривых пористости



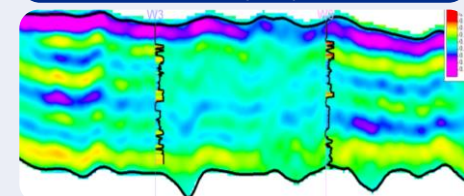
- ГИС
- Лин. регрессия
- Классическая НС
- НС Колмогорова

Нейронная сеть Колмогорова

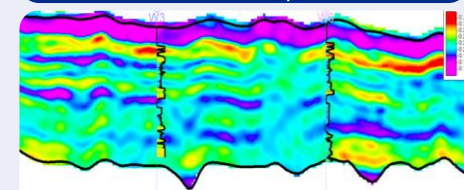


Сравнение кубов прогноза пористости

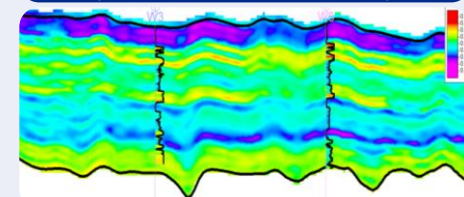
Линейная регрессия



Классическая нейронная сеть



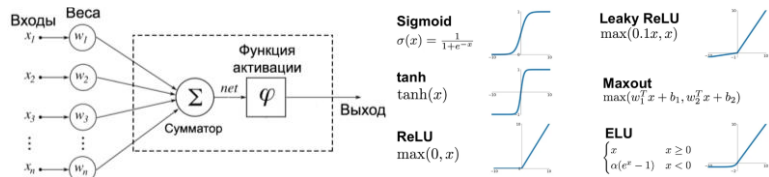
Нейронная сеть Колмогорова



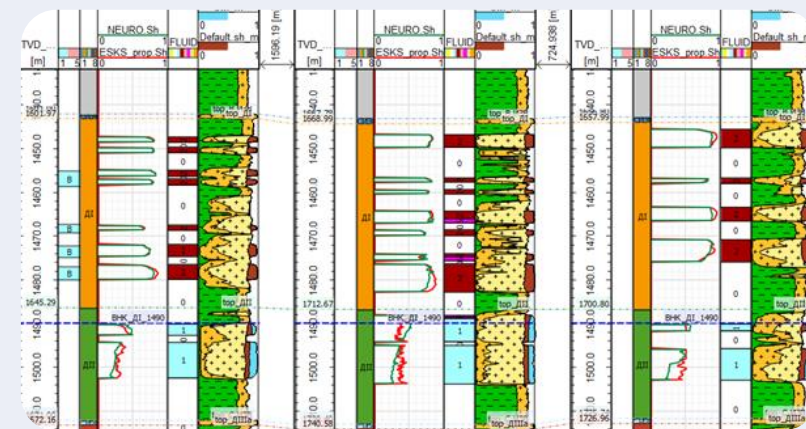
Увеличение
качества
прогноза

Моделирование насыщения продуктивных пластов на основе машинного обучения

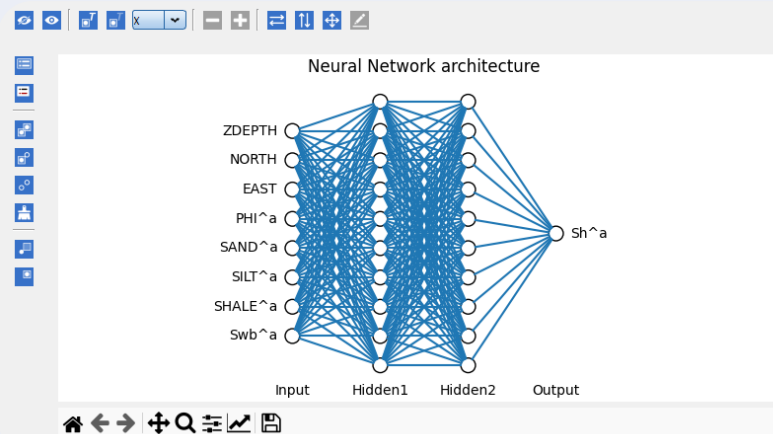
Выбор топологии и активации



Расчёт насыщенности в скважинах и кубе модели



Обоснование архитектуры персептрона



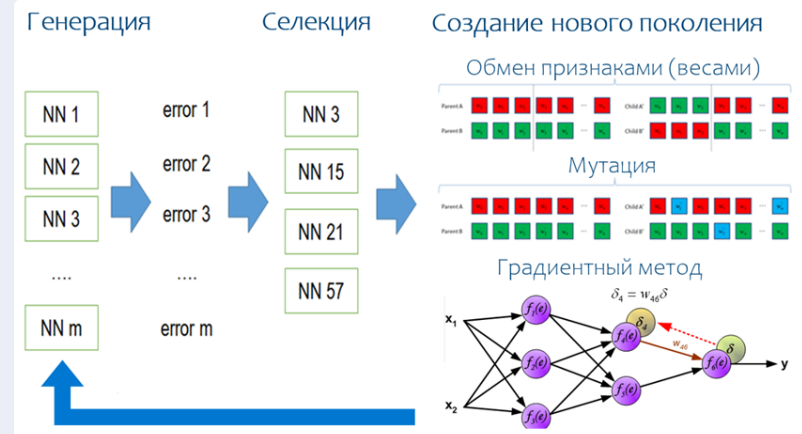
Пространственное положение

- координаты NORTH и EAST
- Абсолютная глубина

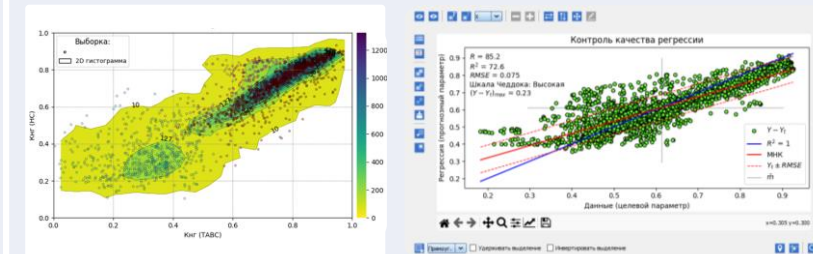
Структурно-минералогическое строение породы

- Содержание псаммитовой фракции
- Содержание алевритовой фракции
- Содержание пелитовой фракции
- Коэффициент пористости
- Доля связанной воды

Обучение нейросети



Оценка качества прогнозной модели



Моделирование насыщения продуктивных пластов на основе машинного обучения

Подход гибридного сочетания генетического и градиентного алгоритмов

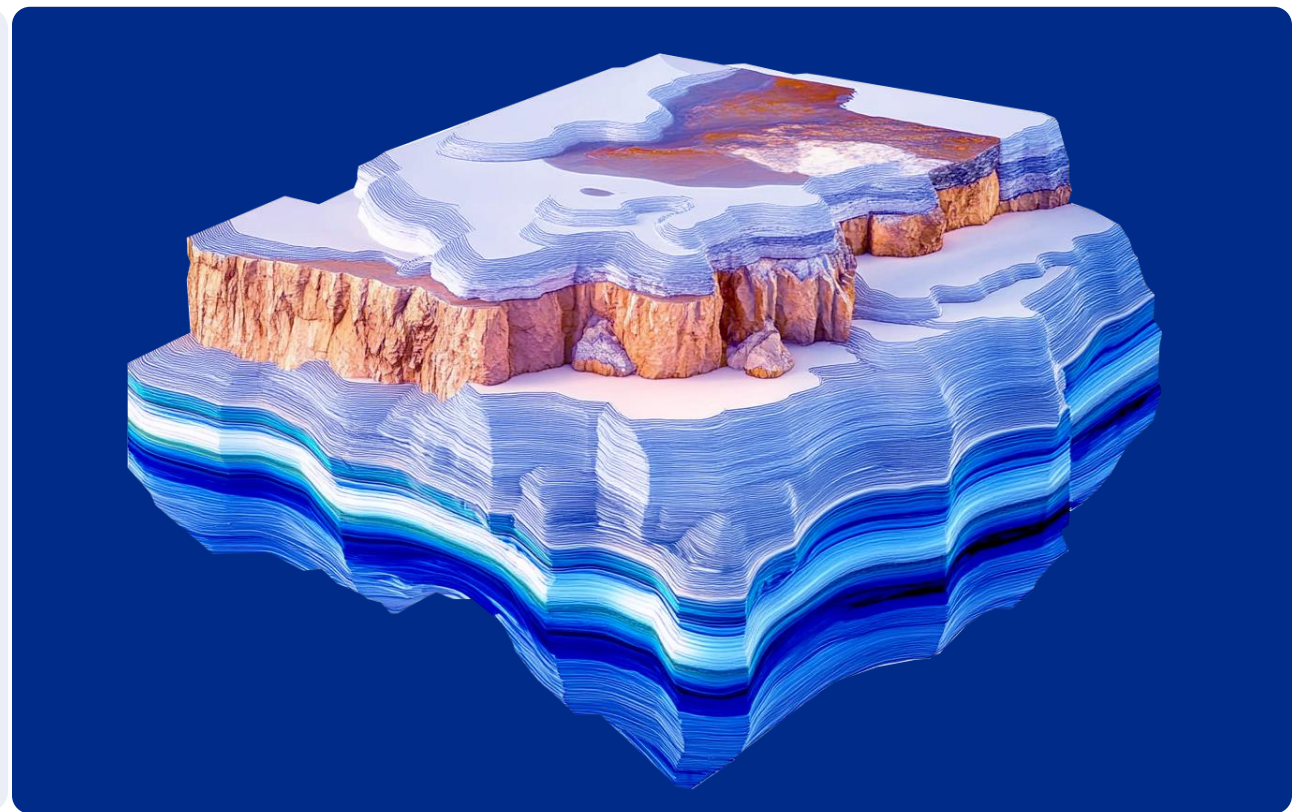
(Kobrunov & Priezzhev, 2016)

Для обучения нейронных сетей прямого распространения

Алгоритм прогнозного оператора по Тихонову

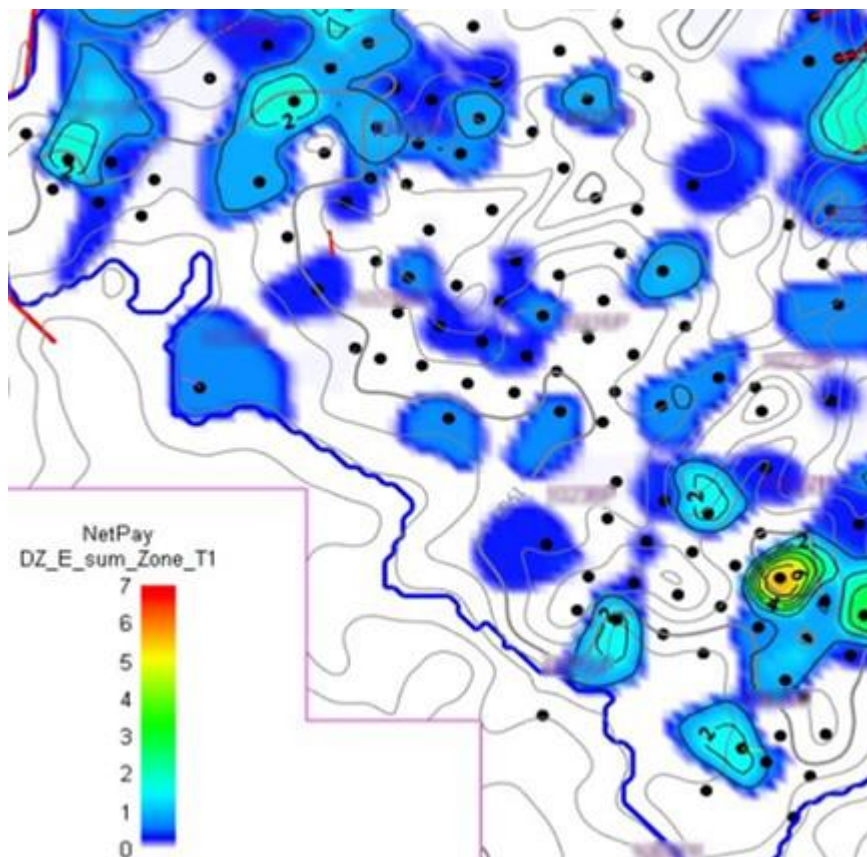
(Тихонов и Арсенин, 1977)

Для регуляризации данных первых слоёв глубоких нейронных сетей

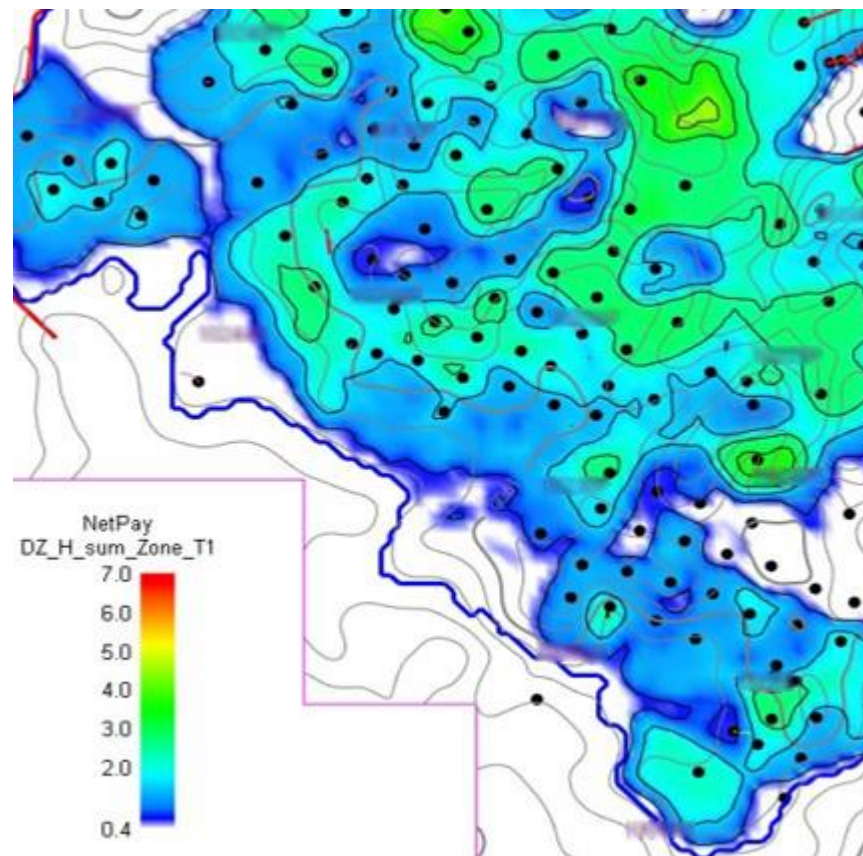


Расчёт структуры запасов углеводородов в геологической модели

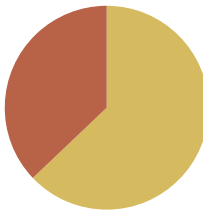
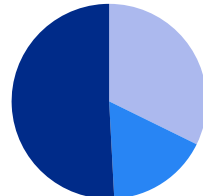
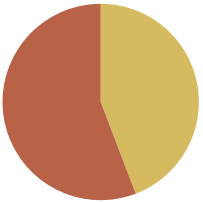
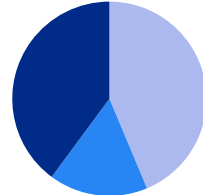
Текущее распределение легко-извлекаемых запасов



Текущее распределение трудно-извлекаемых запасов



Расчёт структуры запасов углеводородов в геологической модели

Общие запасы, тыс. т	Запасы в породах заданных фильтрационно-емкостных свойств, тыс. м³					Заливка по преимущественному типу литологии		Заливка по диапазону ФЕС		
	Диапазон Кп, д.е.	Диапазон Кпр, мД			Суммарные запасы по Кп, тыс. т	Песчаник	Алевролит	Легко извлекаемые	Промежуточные	Трудно извлекаемые
		<10	10-40	>40						
пласт X-1										
19897	< 0.171	6099	545	1	26	6670				
	0.171 - 0.187	3470	2957	2	455	6882				
	> 0.187	379	3030		2933	6342				
пласт X-2										
12757	< 0.171	3345	520		98	3963				
	0.171 - 0.187	1221	1843		958	4022				
	> 0.187	156	1567		3046	4769				

Выделение тел, образованных в различных фациальных обстановках

и характеризующихся различным фракционным составом и отсортированностью

Выделено xxx тел

Класс 1

- x тел
- $K_{пр} > 40$ мД
- $K_{п} > 18.7\%$
- $6 < \text{Объем} < 41$ млн. м^3

Класс 2

- xxx тел
- $10 \text{ мД} < K_{пр} < 40 \text{ мД}$
- $17.1 < K_{п} < 18.7\%$
- $6 < \text{Объем} < 21$ млн. м^3

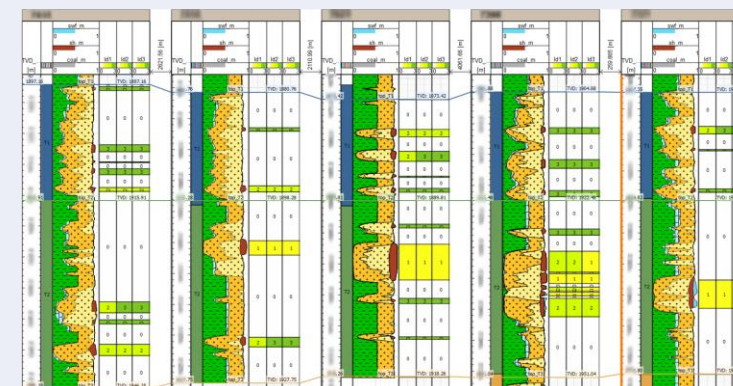
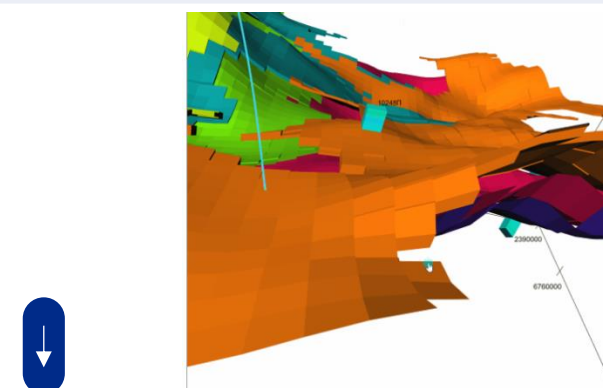
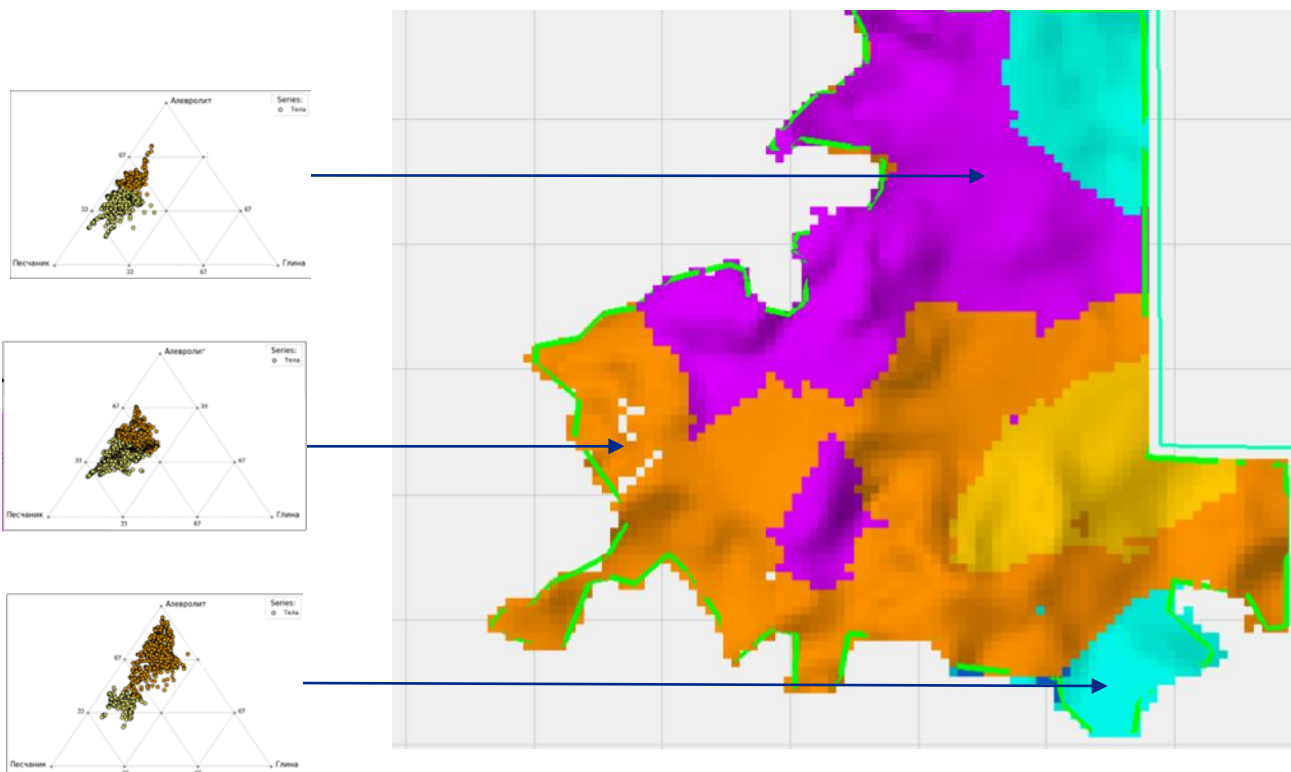
Класс 3

- xx тел
- $K_{пр} < 10$ мД
- $K_{п} < 17.1\%$
- $6 < \text{Объем} < 29$ млн. м^3



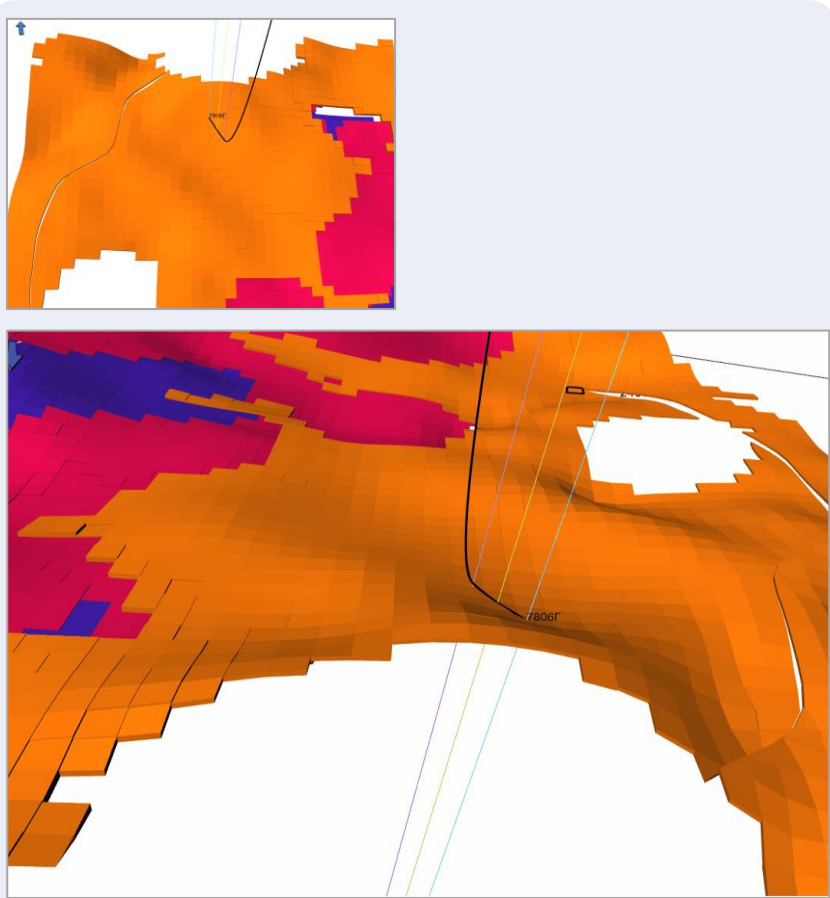
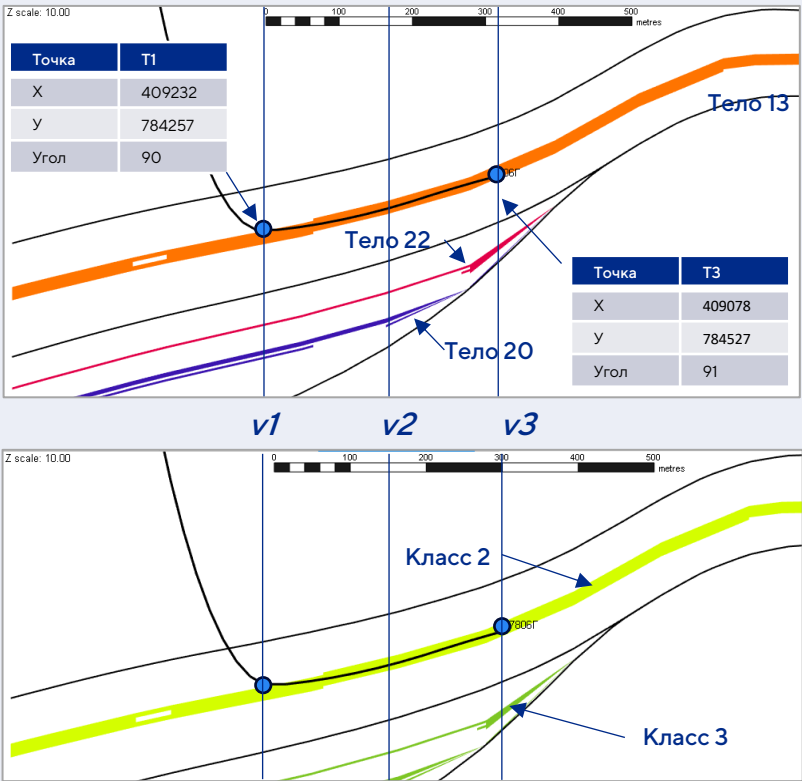
Выделение тел, образованных в различных фациальных обстановках

и характеризующихся различным фракционным составом и отсортированностью

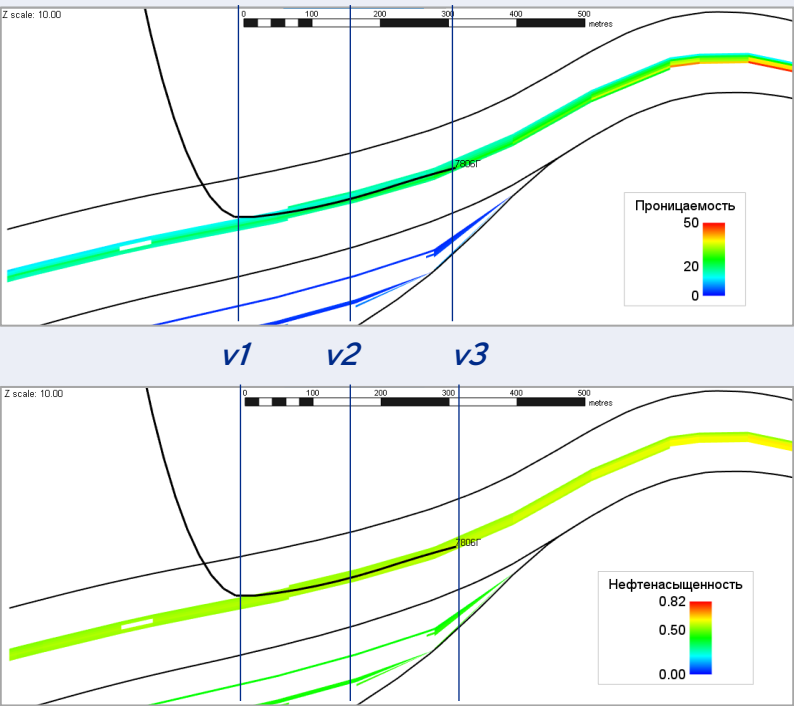


Потенциальный участок для бурения горизонтального ствола на примере куста № XX

Прогноз свойств из модели скв. XXX

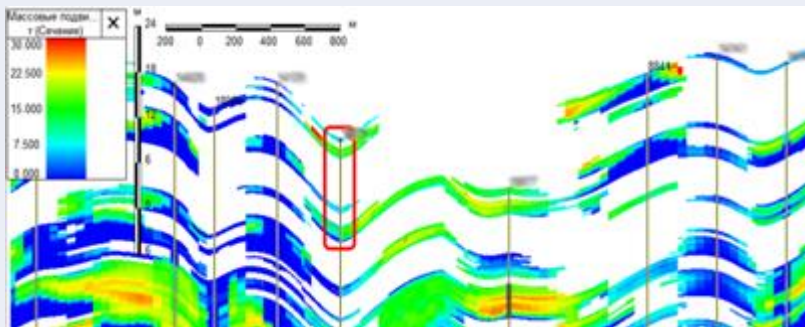
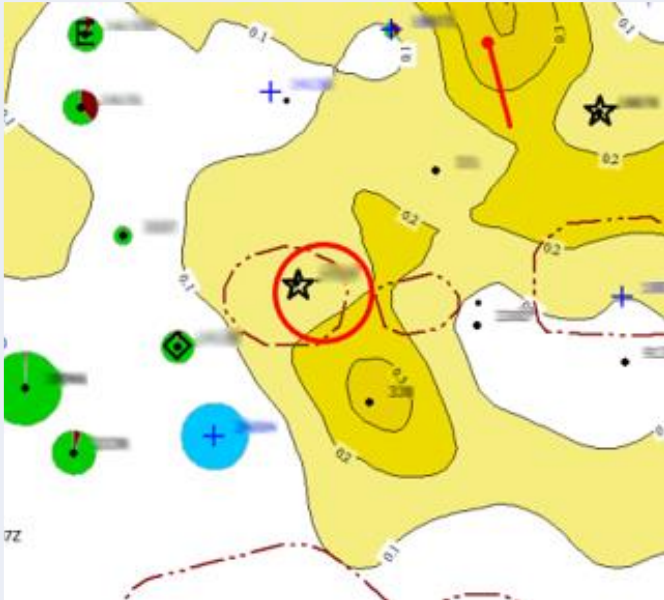


Прогноз свойств из модели

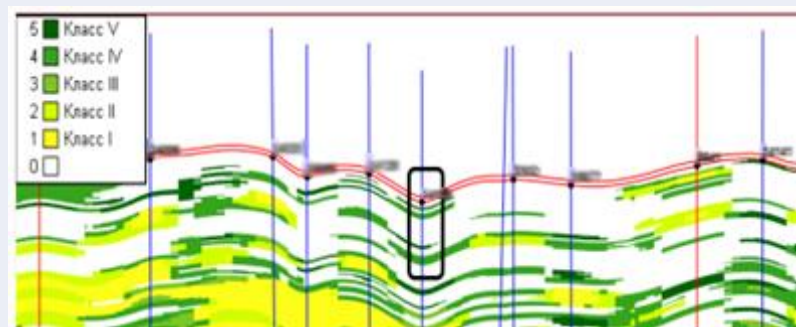
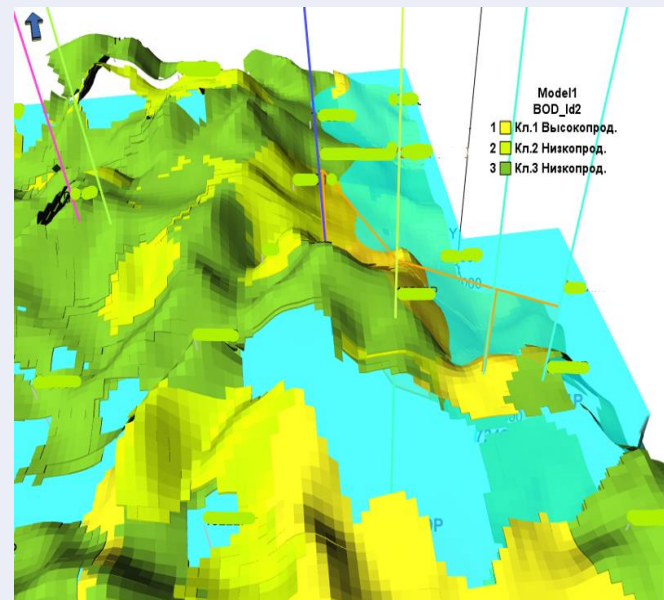


Подбор ГТМ: перевод скважин под нагнетание; ГРП, ОПЗ, дострел и т.д.

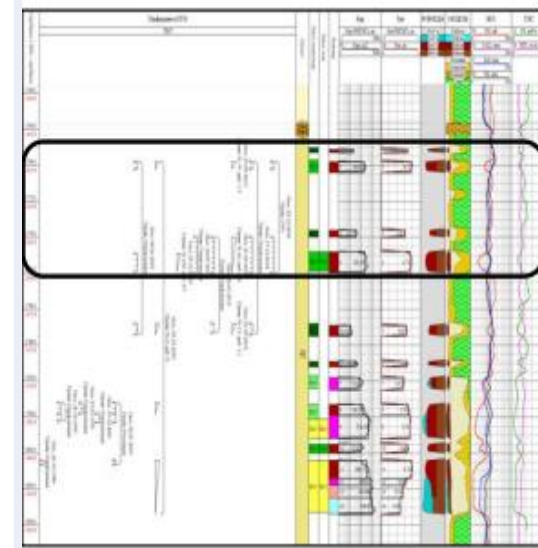
Остаточные извлекаемые запасы



Распределение неоднородности пласта



Интерпретация ГИС по технологии TABC



Повышение успешности ГТМ на 70 %

Патенты и свидетельства



Методика TABC

Методика автоматизированного восстановления свойств пород в терригенном разрезе по данным ГИС в системе Gintel

- ✓ Одобрена ЭТС ГКЗ Минприроды
- ✓ Включена в Библиотеку технологий и ПО ГКЗ Минприроды



Российские уникальные технологии ESKS в ПО Gintel превосходят зарубежные аналоги!

Выводы

01 Полная геологическая информация

Применение углубленной интерпретации данных ГИС обеспечивает получение более полной геологической информации о строении, геомеханических параметрах, флюидальном насыщении и фильтрационных свойствах пласта, оценку потенциальной обводнённости добываемой нефти.

01

02 Точность выполнения моделирования геологического строения пласта

Наличие обширной базы данных, созданной на основе переинтерпретации стандартных ГИС, позволяет с высокой точностью выполнять моделирование геологического строения пласта, распределения насыщенности и фактических запасов нефти.

02

03 Высокая эффективность

Практическое применение данной методики с использованием технологий искусственного интеллекта на реальных месторождениях показала свою высокую эффективность. При этом происходит постоянное совершенствование в части цифровизации и применения нейронных сетей, расширение области использования.

03

04 Снижение геологических рисков

Снижение геологических рисков состоит в уменьшении уровня неоднозначности решений при планировании и реализации разработки, мероприятий для поддержания уровней добычи, выработки запасов.

04

05 Научно доказанный метод

Выполненная работа является полноценным научным трудом, рекомендуется для изучения специалистами НГДО, применения в работе полученных выводов, результатов, наработок.

05

Применение технологии существенно снижает непроизводительные затраты, повышает эффективность ГТМ. По результатам исследований и моделирования предлагаются мероприятия (бурение, БВС, ГРП, дострел, перевод под нагнетание, приобщение и т.д.) с расчётом прогнозного дебита жидкости/нефти, обводнённости по интервалам вскрытия.

ALMA

+7 (966) 050-49-56
alma@almaservices.ru



almaservices.ru

Спасибо за внимание!