Prime
LOG ANALYSIS SOFTWARE

ПОСТРОЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ДАННЫМ ИНГК-С В СИСТЕМЕ ПРАЙМ

Докладчик: Морозова Елена Анатольевна, ведущий методист, к.т.н.

GEOTEC

Интерпретации данных ИНГК-С в системе ПРАЙМ

Исходные данные и характеристика объекта исследования

- Разрез представлен чистыми и промежуточными литологическими разностями, частично сульфатизированными и содержащими различные включения (пирит, уголь);
- Стандартный комплекс ГИС, РК, СГК, АК, ГГК-ЛП;
- Результаты лабораторных исследований литолого-физических свойств горных пород по образцам керна стандартного размера и шлама, химический и минеральный состав по микро/макро РФА, РСА ГП и глинистой фракции;
- Рассчитанные массовые доли 18 элементов (H, C, O, F, Na, Mg, Al, B, GD, Si, S, P, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe).

Поставленная задача

Восстановление минералогической объемной модели и расчет компонентного состава горных пород по данным ИНГК-С.

Способы решения

- Использование петрофизических уравнений;
- Применение искусственного интеллекта.

Метод 1. Решение системы петрофизических уравнений

Постановка задачи

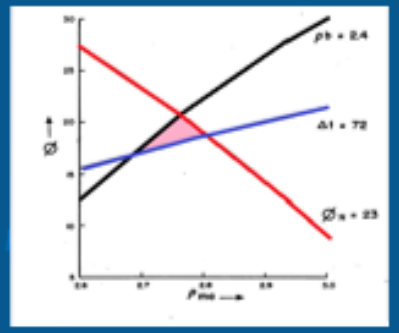
Уравнения

$$\begin{cases} F_j(x_1, x_2, \dots x_n) = 0,\ j = 1,2,\dots, m \\ E_j(x_1, x_2, \dots x_n) = 0,\ j = 1,2,\dots, k \\ C_j(x_1, x_2, \dots x_n) \geq 0,\ j = 1,2,\dots, p \end{cases}$$

+

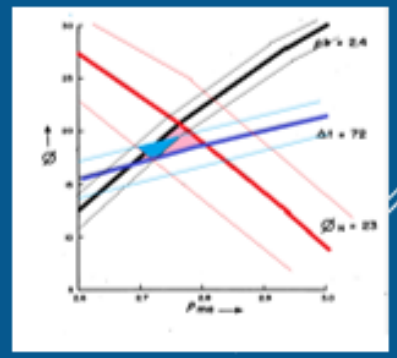
Ограничения

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{m} F_j^2(x_1, x_2, \dots x_n) \to \min \\ |E_j(x_1, x_2, \dots x_n)| \leq \varepsilon_1,\ j = 1,2,\dots, k \\ C_j(x_1, x_2, \dots x_n) \geq -\varepsilon_2,\ j = 1,2,\dots, p \end{cases}$$



Поиск решения

Сужение диапазона неопределенности +минимизация погрешности

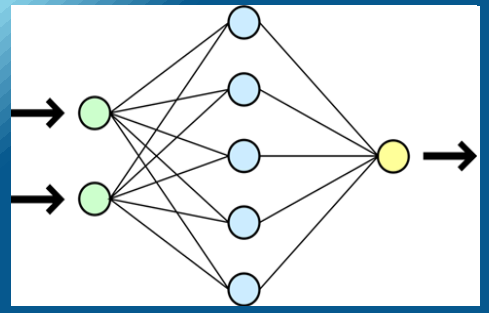


- Использование полного комплекса ГИС, включая «новые» методы;
- Использование и хранение линейных, произвольных (нелинейных) и авторских уравнений связи и ограничений;
- Поинтервальная сквозная интерпретация с разными настройками при большом количестве неизвестных и ограниченном комплексе ГИС;
- Задание погрешностей методов ГИС и ограничений диапазонов значений рассчитываемых компонент;

- Упрощенный способ задания дополнительных условий и выбора режимов обработки;
- Создание и дальнейшее использование шаблонов моделей в виде базы знаний;
- Автоматический подбор петрофизических параметров в коридоре значений;
- Хранение различных вариантов интерпретации;
- Контроль качества найденных результатов путем вычисления теоретических кривых ;
- Графическая визуализация качества результатов расчета «на лету» по шаблону кросс-плота;
- Экспресс корректировка результатов.

GEOTEC

Метод 2. Нейронные сети



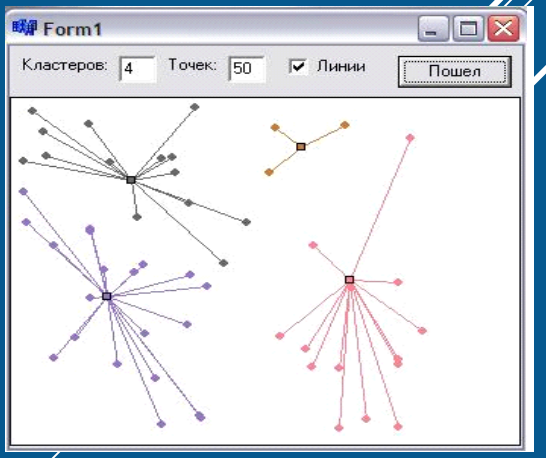
Воспроизведение сложной зависимости «черный ящик» без установления аналитического выражения;

- Алгоритмы обучения –модифицированные алгоритмы L-BFGS with regularization , Levenberg-Marquardt
- Настроечные параметры: максимальное число кластеров подача в виде готовой колонки или внутренней авторазбивки; тип сети - число промежуточных слоев нейронов, в первом и втором промежуточном слое (25), число последовательных точек с n * k (число входных кривых).

Кластеризация -задача разбиения заданной выборки объектов на подмножества, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Метод К-средних

- По заданному количество кластеров N, случайным образом выбираются центры;
- Перебираются все точки и каждая сопоставляется с тем центром, расстояние до которого минимально;
- По среднему арифметическому расстояния для каждой точки рассчитываются новые центры кластеров и так по циклу до тех пор, пока не будет перемещений точек между кластерами



GEOTEC

Алгоритм решения поставленной задачи

- Предварительный этап обработки
  - Загрузка исходных данных с преобразованием по словарю для стандартизации имен, построение планшета по шаблону;
  - Оценка качества входной информации и данных ГИС. Увязка по глубине;
  - Определение минерального состава глинистой фракции по СГК и керну;
  - Построение минералогической модели и расчет компонентов горных пород по комплексу ГИС;
  - Оценка результатов, уточнение модели, настройка на керновые данные. Построение литологической колонки;

- Построение минералогической модели по ИНГК-С

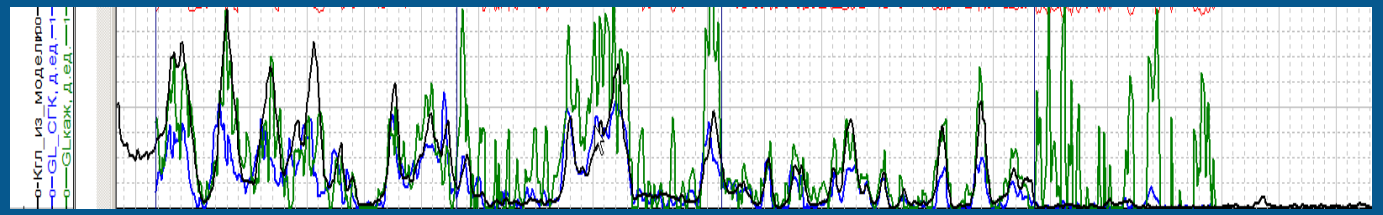
  Метод 1. Составление и решение системы петрофизических уравнений для массовых долей 16 элементов по химическим формулам с учетом заданных ограничений.

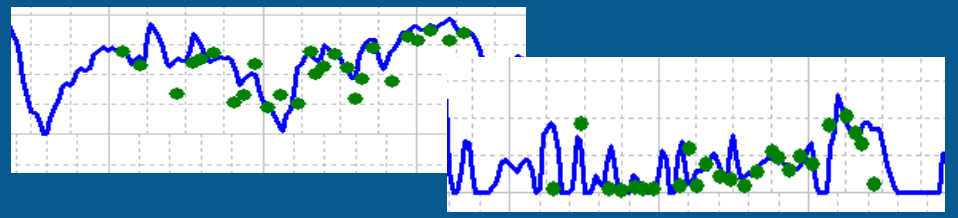
  Метод 2. Использование нейронных сетей для обучения модели с «учителем». На вход подаются массовые доли элементов и эталонные кривые минералов из минералогической модели по ГИС (или кривые ГИС), на выходе восстановленные кривые массовых долей минералов (или методов ГИС);

- Сравнительный анализ полученных результатов.

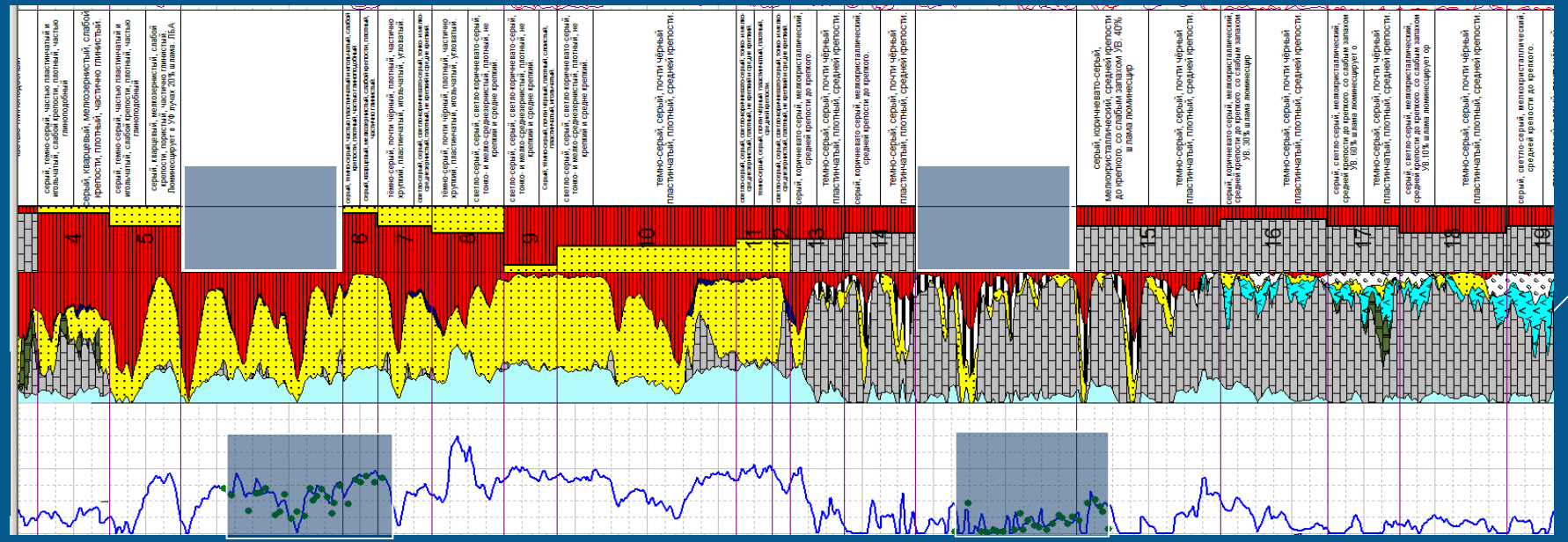
Оценка качества входной информации на подготовительном этапе

- Неоднозначная оценка минерального состава глин в некоторых горизонтах - расчет по СГК не согласуется с данными керна по РСА, результат после корректировки



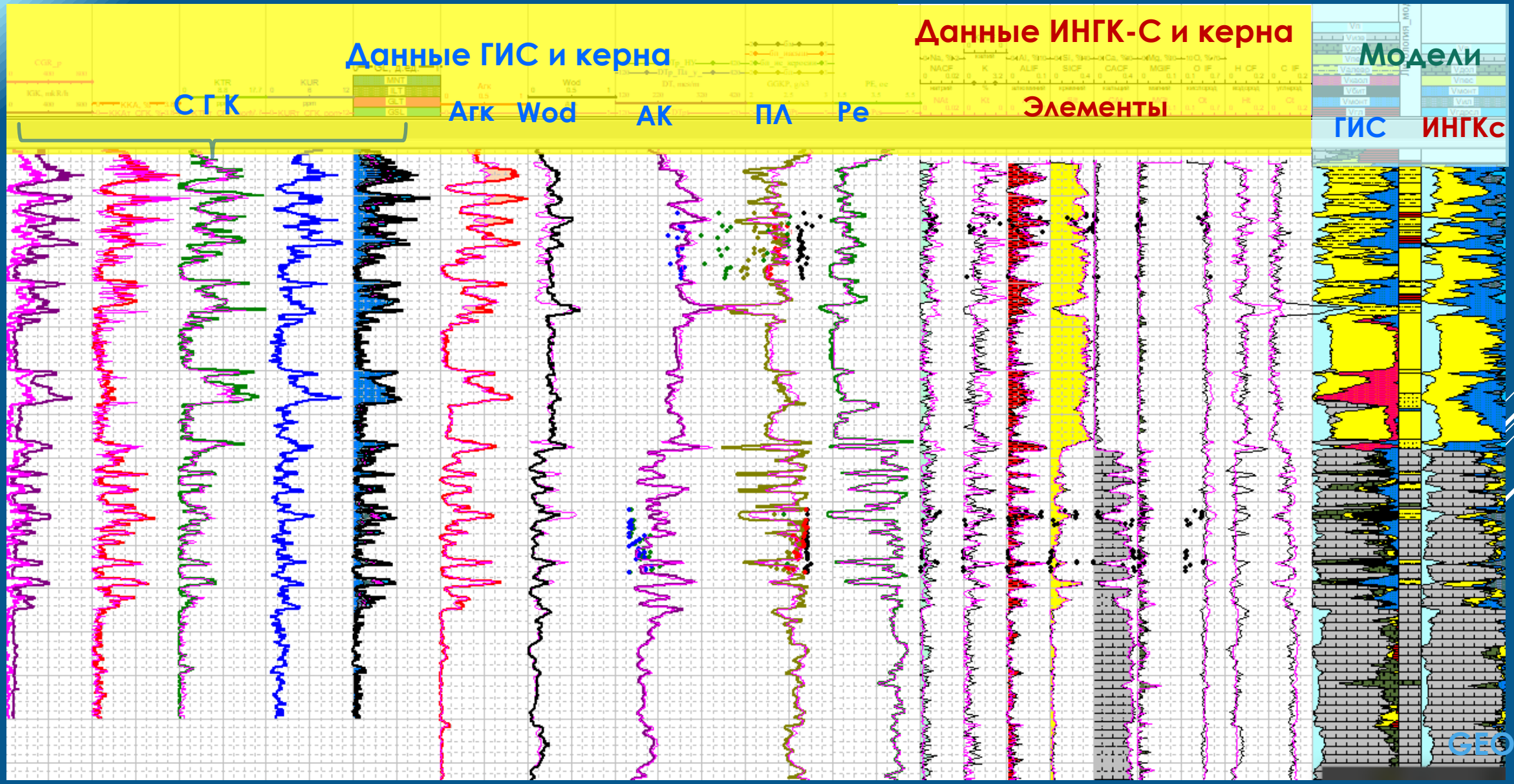


- Описание шлама и керна не согласованы между собой и в некоторых интервалах с моделью по ГИС



GEOTEC

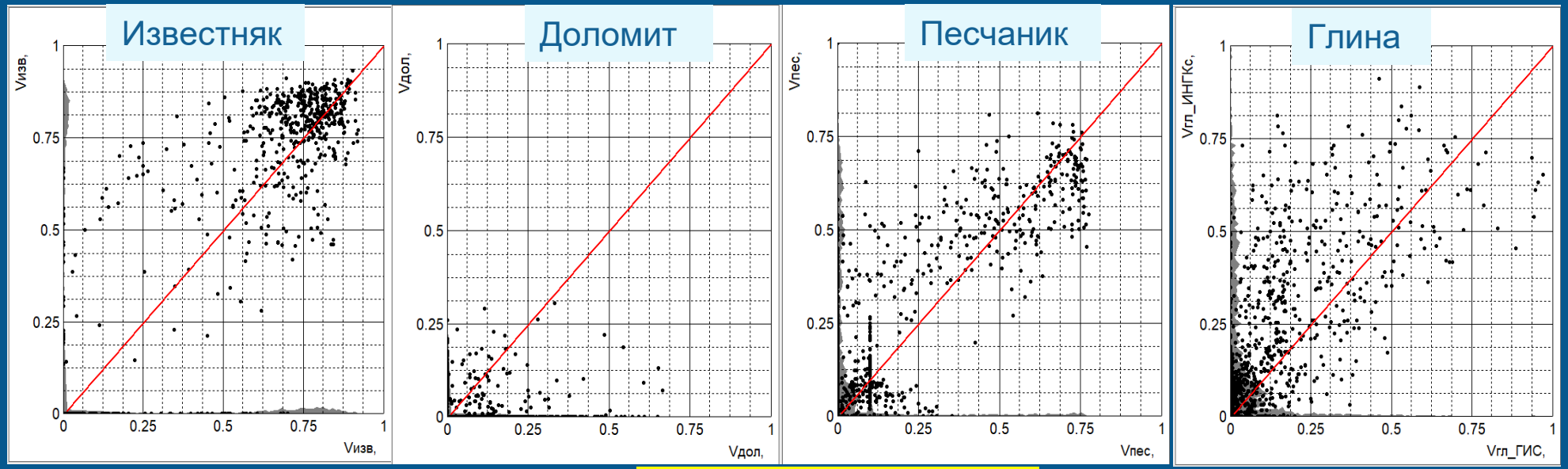
Метод 1. Результат решения системы петрофизических уравнений



GEOTEC

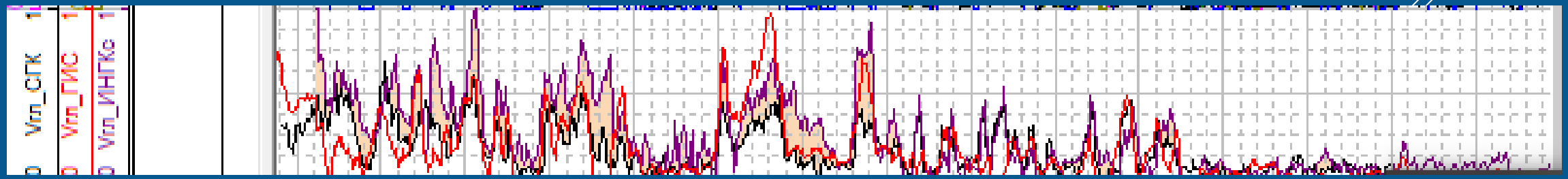
Метод1.Сравнение долей минералов из моделей по ГИС и ИНГКс

Из модели по ИНГК-С



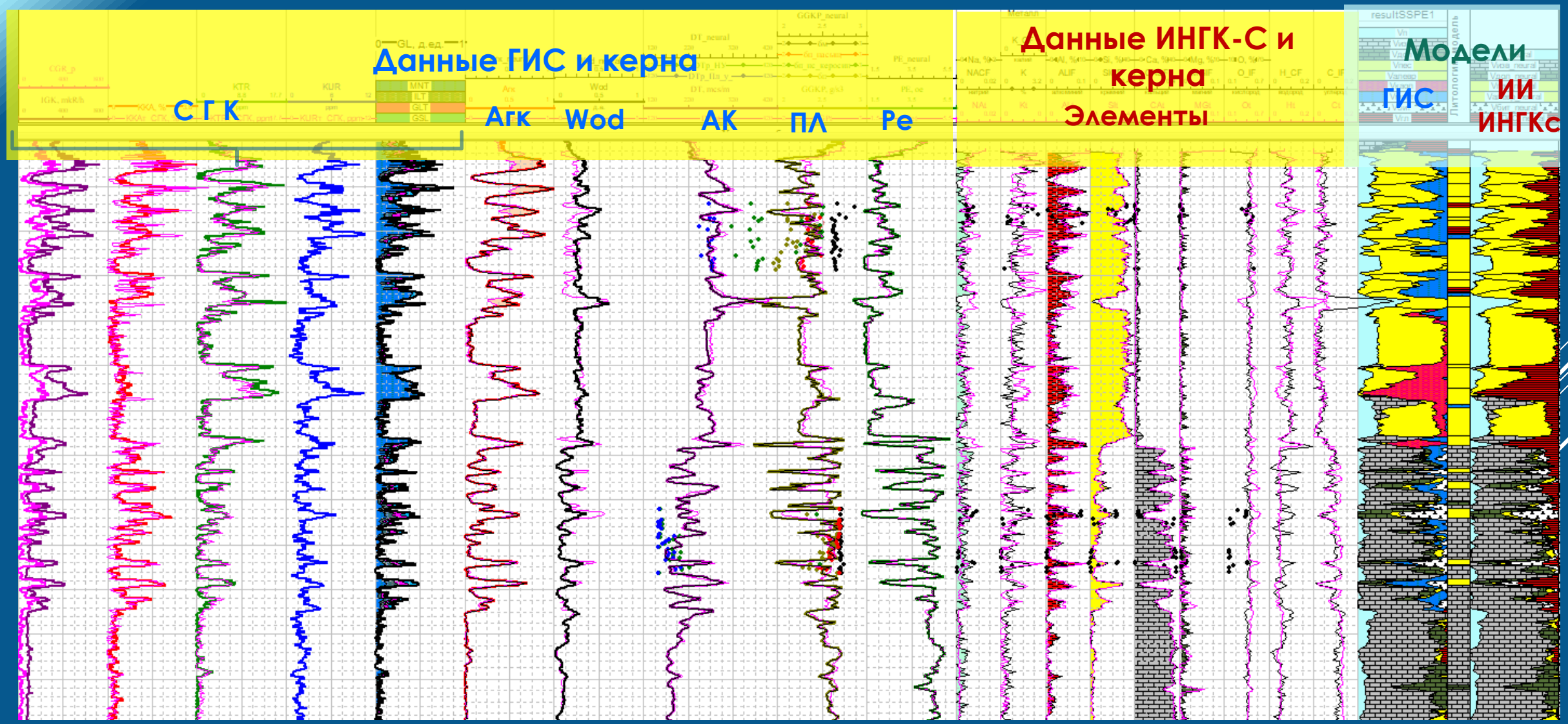
Из модели по ГИС

Глинистость



GEOTEC

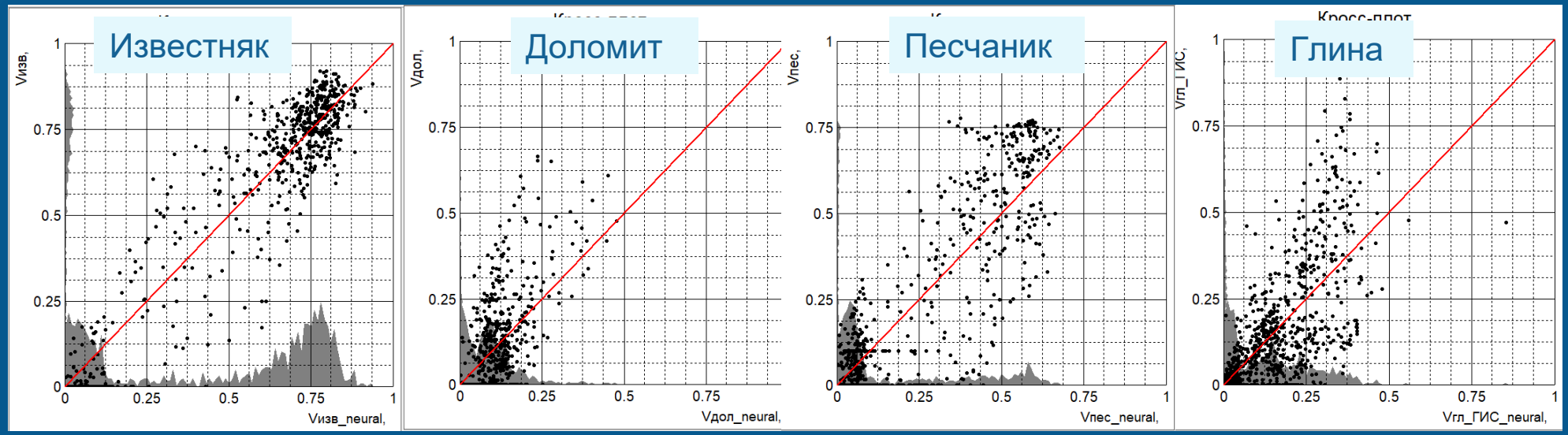
Метод 2. Настройка нейронной сети



GEOTEC

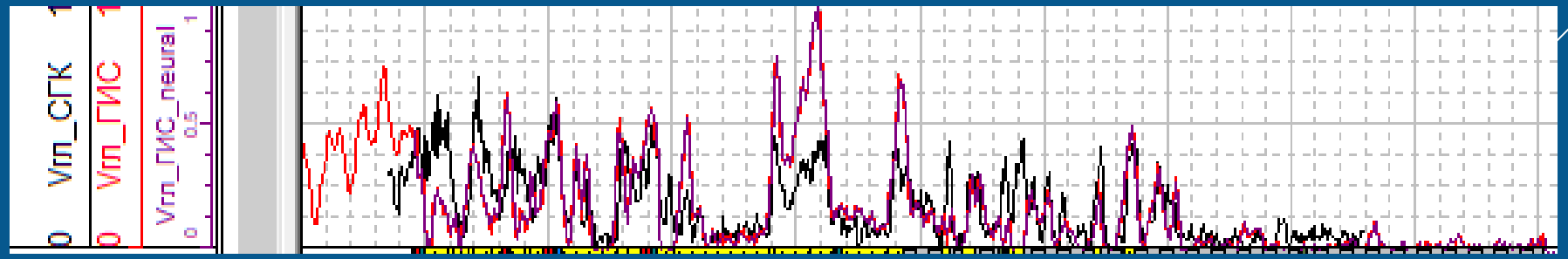
Метод 2.Сравнение долей минералов из моделей по ИИ и ИНГКс

Из модели по ГИС



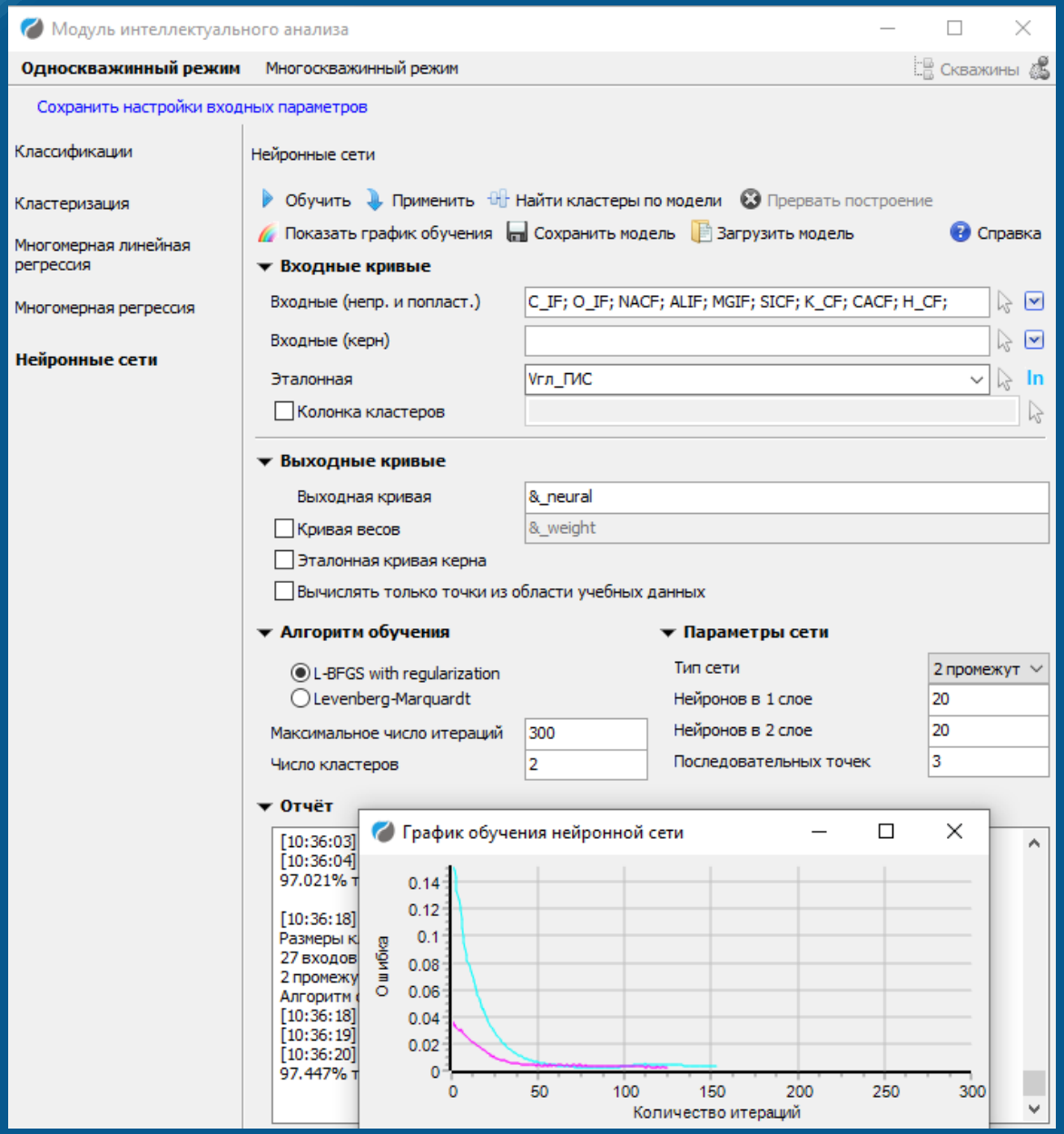
Из модели нейронных сетей по ИНГК-С

Глинистость



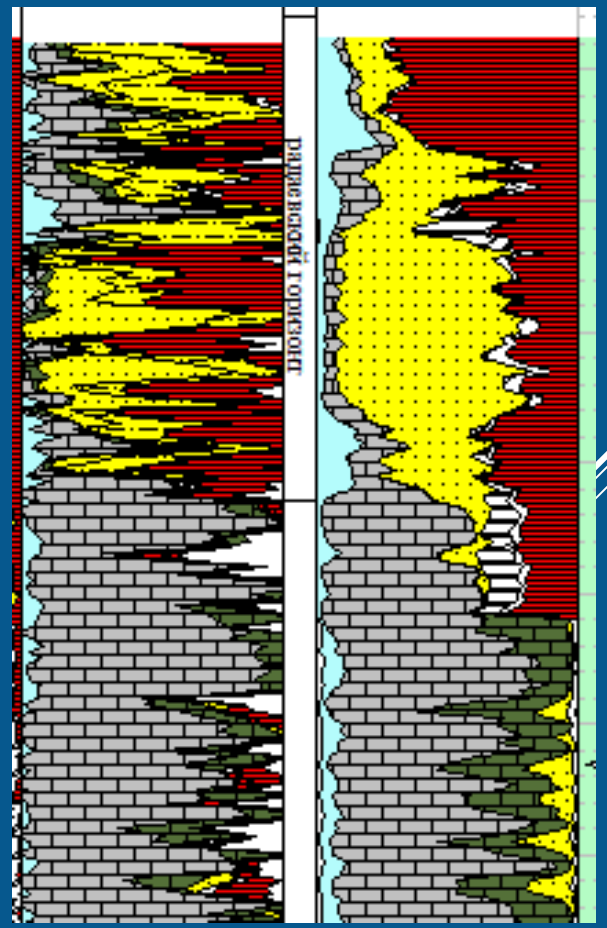
GEOTEC

Метод 2. Результат использования нейронных сетей



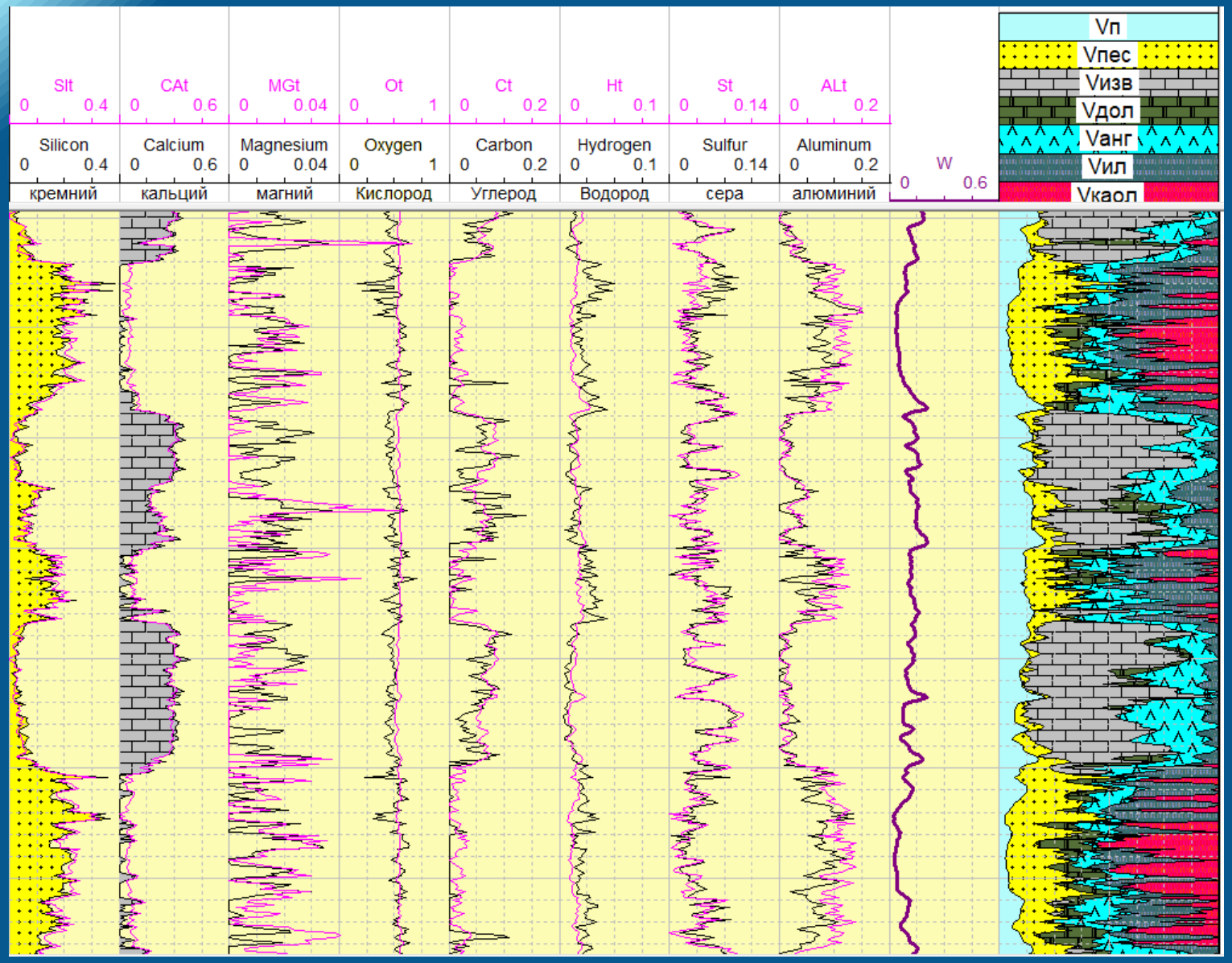
Слева скважина с похожим разрезом,
50% точек из области учебных данных

Модель по ИИ Модель по ГИС



GEOTEC

Фрагмент модели «слепой» скважины



Минералы горных пород подобраны по наилучшему совпадению исходных и теоретических кривых

GEOTEC

Основные выводы

- Построение минералогической модели по данным ИНГК-С в системе ПРАЙМ решается двумя способами – аналитическим через систему петрофизических уравнений (модуль SSPE) и с использованием нейронных сетей (ИИ);
- Метод ИНГК-С позволяет построить минералогическую модель разреза с оценкой основных литотипов горных пород и глинистых минералов (без привличения СГК) по рассчитанным элементам в условиях низкой минерализации ПЖ и Пл воды;
- Для идентификации «особых» минералов (ангидрит, пирит, алевролит и т.д.) требуется добавление уточняющих авторских условий для элементов и ограничений диапазона поиска решений;
- Модуль SSPE позволяет не только уточнять коэффициенты, но и выявить ошибочные данные расчетов;
- Искусственный интеллект может применяться как для восстановления теоретических кривых ГИС, по которым строится минералогическая модель, так и напрямую для расчета компонентов модели. Результат будет определяться обучающей выборкой и подобием рабочего материала;
- В некоторых случаях требуется поэтапное решение задачи с разделением объекта на группы (силикаты, карбонаты, глины и т.д.).

Все актуальные новости на нашем телеграмм канале



Спасибо за внимание!

телефон: +7 (347) 225 911 0
e-mail: support@geotec.ru