

Построение минерально-компонентной модели нижнемеловых пород-коллекторов Западной Сибири на базе спектрального гамма-каротажа с применением адаптивных алгоритмов

Научный руководитель – Белохин Василий Сергеевич

Николаев Алексей Валерьевич

Студент (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Геологический факультет, Кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Москва, Россия

E-mail: doclexa1@mail.ru

Развитие методов скважинной ядерной геофизики, в частности спектрометрического гамма-каротажа (СГК), позволяет определять распределение естественных радиоактивных элементов (К, Th, U) по разрезу скважины и использовать эти данные для оценки минерально-компонентного состава пород. Однако при применении традиционных алгоритмов построения минерально-компонентной модели (МКМ) возникает проблема появления физически некорректных (отрицательных) значений компонент, что снижает достоверность интерпретации.

Цель работы — повышение информативности скважинной ядерной геофизики путём разработки адаптивного алгоритма машинного обучения для построения МКМ по данным многоканального СГК в комплексе радиоактивных методов ГИС.

Объект исследования — Ван-Еганское месторождение в пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, характеризующееся сложным строением, широким этажом нефтегазоносности и литологической неоднородностью коллекторов.

Методика МКМ основана на системе петрофизических уравнений, связывающих измеренные концентрации К, Th, U и плотность пород с массовыми или объёмными долями компонент. Для петрофизической настройки использована коллекция из 304 образцов керна, по которым выполнены петрографические, петрофизические и ядерно-физические исследования. На основе переопределённой системы уравнений методом наименьших квадратов определены содержания радиоактивных элементов в отдельных минеральных компонентах.

На первом этапе реализовано прямое решение системы уравнений с фиксированной матрицей параметров, однако до 20% расчётных значений оказались отрицательными вследствие погрешностей лабораторных и каротажных измерений и влияния внешних факторов.

Для устранения данной проблемы применён адаптивный алгоритм оптимизации на основе генетического алгоритма. Каждая конфигурация матрицы содержаний элементов рассматривается как «особь» популяции, а качество решения оценивается функцией приспособленности, минимизирующей долю отрицательных значений и выбросов.

Алгоритм реализован на Python с использованием библиотек numpy, pandas и dear. Параметры: популяция 150 особей, до 800 поколений, вероятность кроссовера 0.8, мутации 0.15, предусмотрен механизм элитизма и ранней остановки.

Применение генетического алгоритма позволило сократить время расчёта одной скважины с 4 часов до 50 секунд, снизить долю некорректных значений до ~5% и уменьшить выбросы содержания глины в коллекторах до ~4%. Полученная модель является физически обоснованной и геологически интерпретируемой.

Разработанный подход обеспечивает устойчивое автоматизированное построение МКМ и может быть масштабирован на большие массивы скважинных данных, что делает его

перспективным инструментом цифровой интерпретации ГИС на сложных нефтегазовых объектах.