



ООО «ГАЗПРОМНЕФТЬ НТЦ»
Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА БЛИЖАЙШИХ
СОСЕДЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ
ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

ФУКС О. М., БЕЛОЗЕРОВ Б. В.,
БОЧКОВ А. С., УШМАЕВ О. С.

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ», ГРЕЦИЯ, О. КРИТ
10 октября 2014

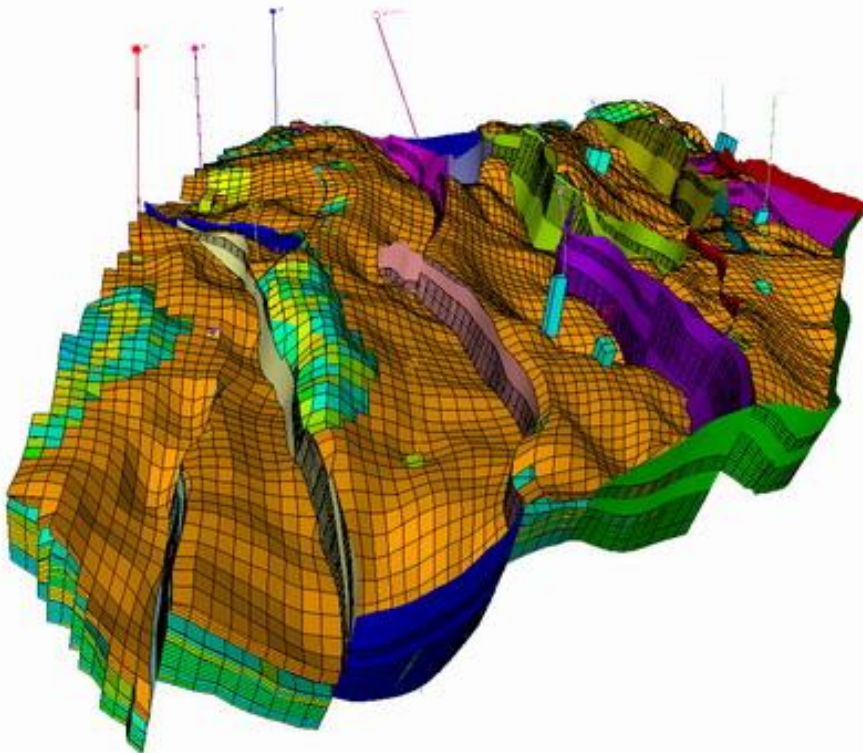
Задача геологии при разработке месторождений -
получить наиболее полное представление о геометрии пласта
и распространении его фильтрационных свойствах



Построение согласованной
геологической модели
месторождения

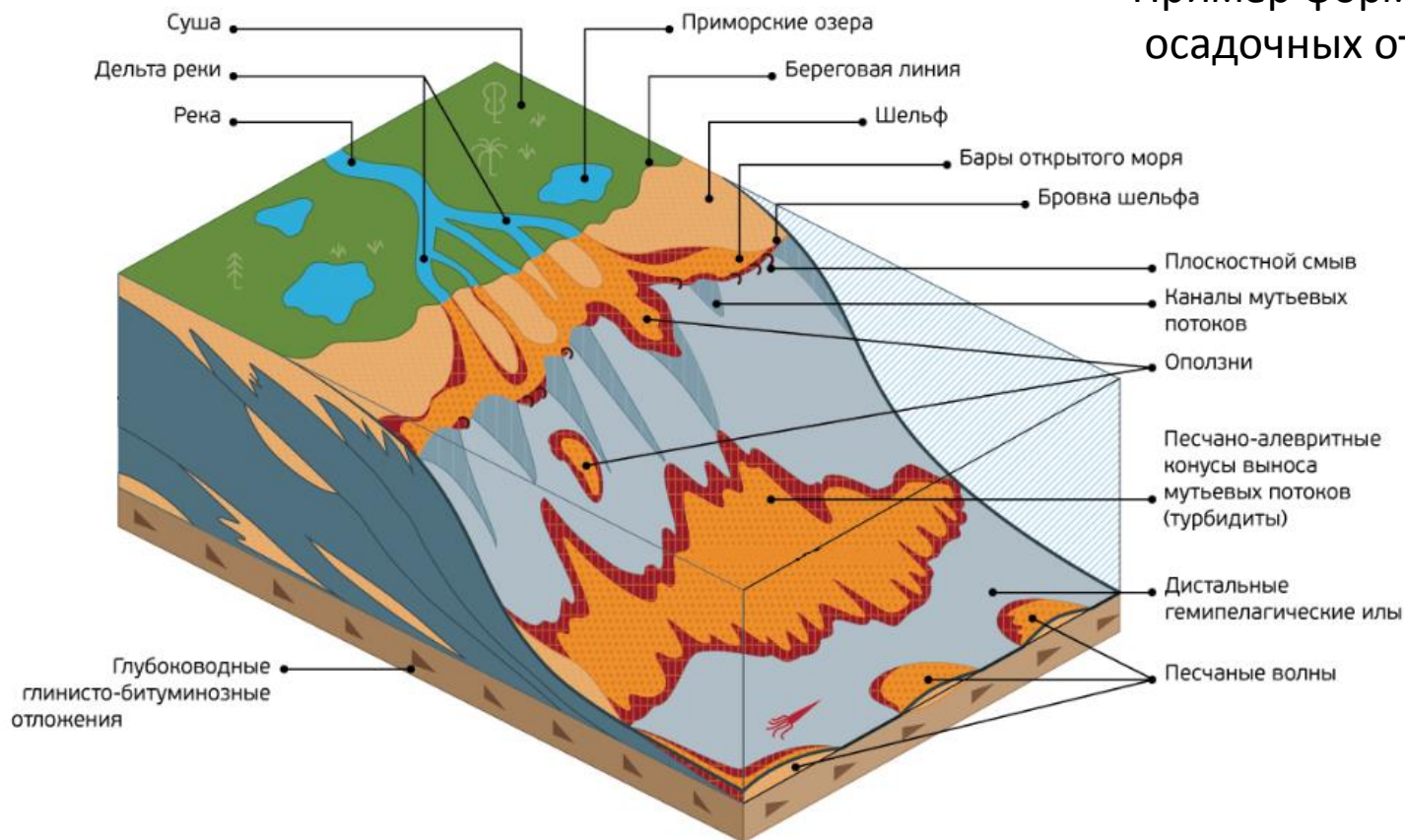


Проектирование
системы разработки

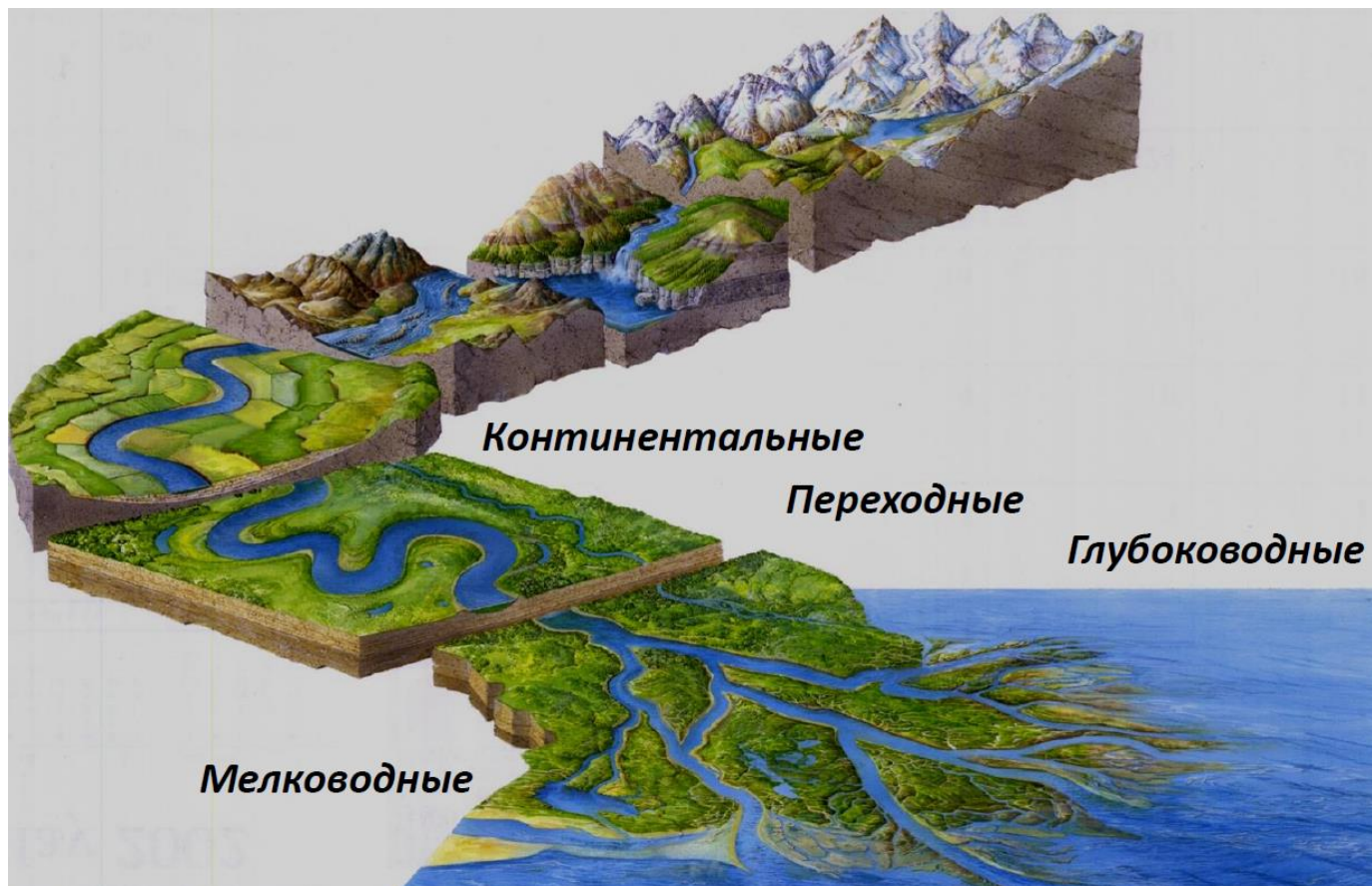


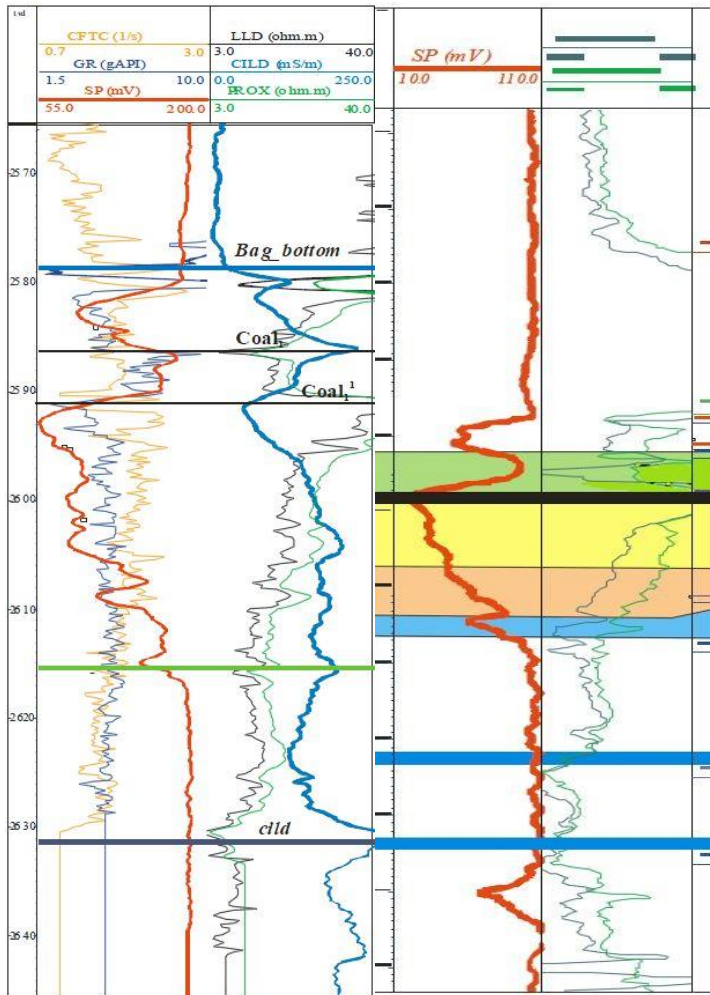
Фа́ция – комплекс горных пород, образующихся в определенных физико-географических условиях и характеризующихся специфическими особенностями

Пример формирования осадочных отложений



Типы фаций





Каротаж – метод исследования горных пород около скважины с помощью спуска-подъема в нее геофизического зонда

Каротажные методы:

- электрические
- ядерные
- термические
- сейсмоакустические
- магнитные

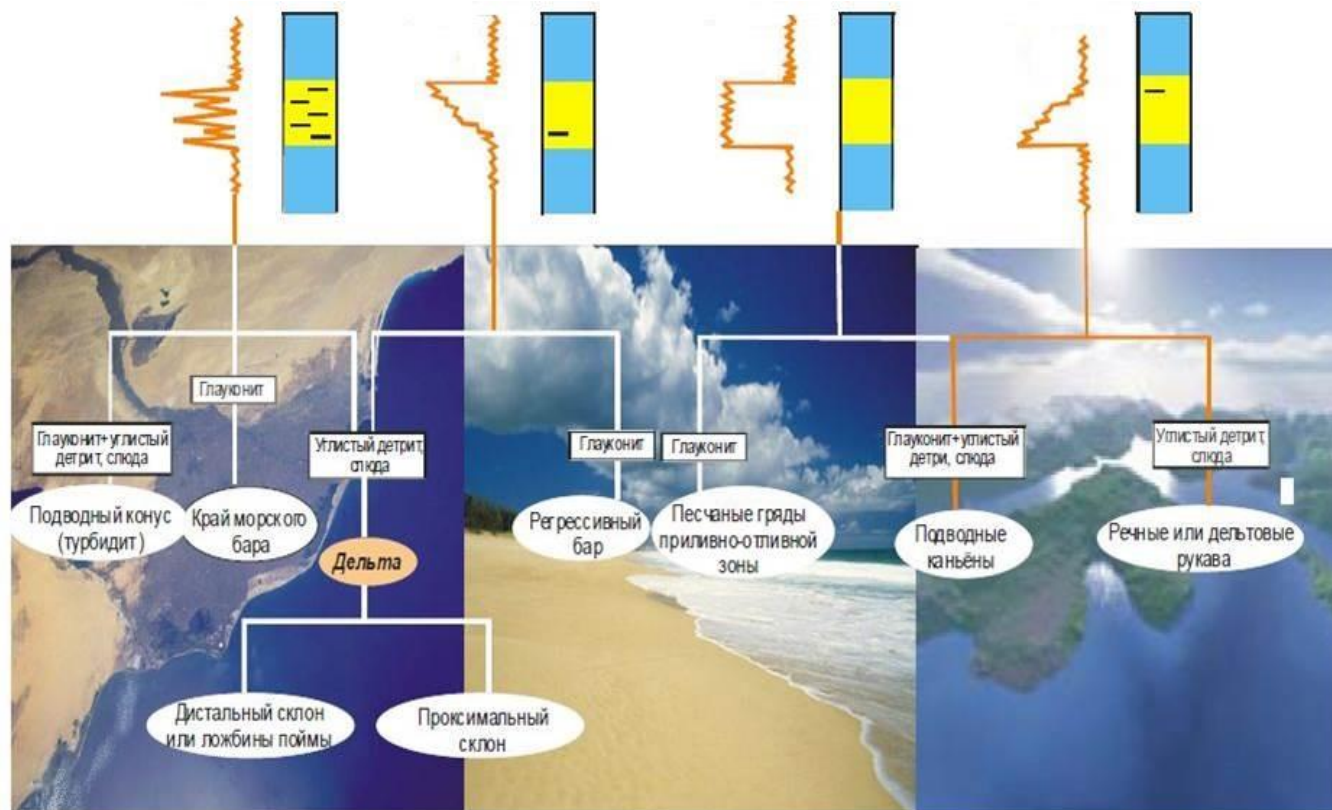
ФАЦИАЛЬНЫЕ ОБСТАНОВКИ И КАРОТАЖ

Различные формы каротажной кривой свидетельствуют о различных условиях осадконакопления и формирования коллектора



Метод идентификации условий осадконакопления по форме каротажа

Каротаж



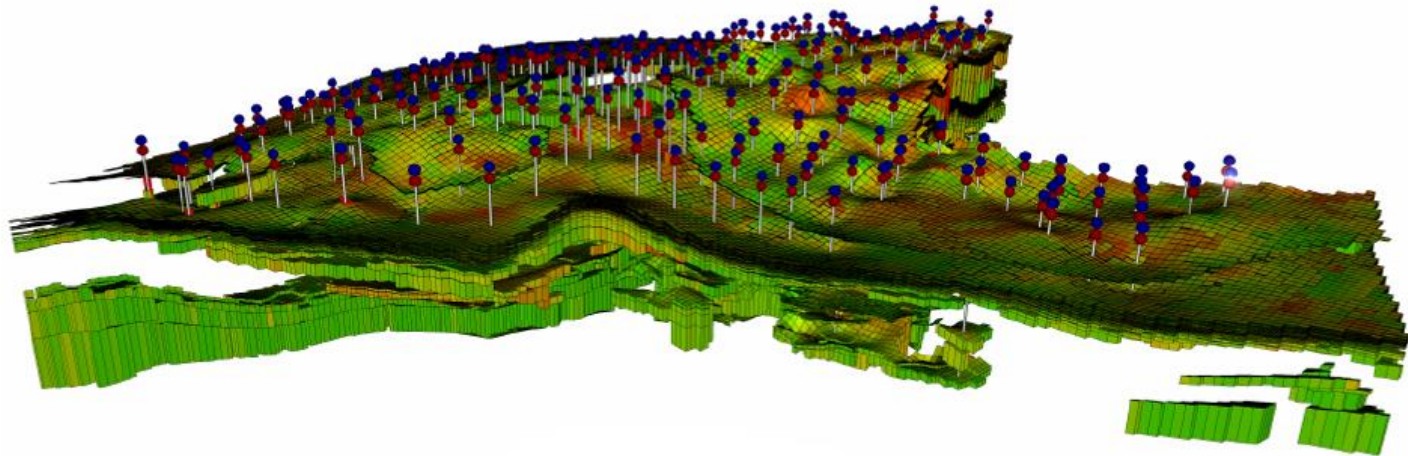
Обстановки осадконакопления



Автоматизация классификации скважин на основе каротажных данных и повышение эффективности работ по определению фациальной обстановки месторождения

Основные задачи:

- Оцифровка каротажных данных
- Классификация данных по типам фациальных обстановок



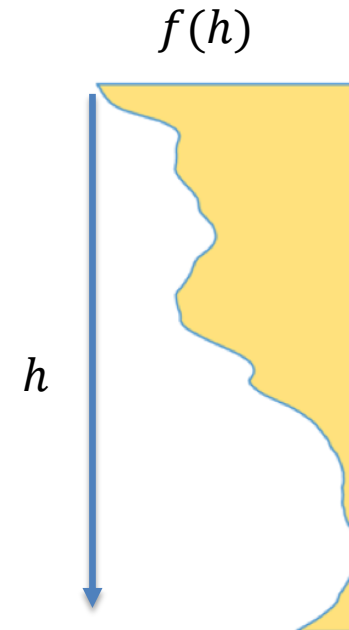
- Разложение кривых каротажа $f(h)$, $h \in [-\pi, \pi]$ в ряд Фурье в выделенном стратиграфическом интервале глубин

$$f(h) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \cos kx + b_k \sin kx) + \Delta_n(h) = S_n(h) + \Delta(h)$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(h) dh$$

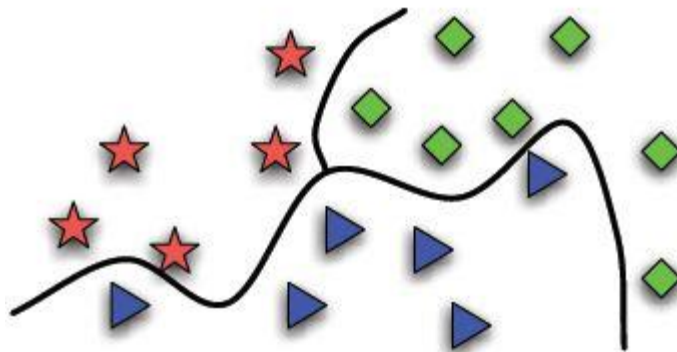
$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(h) \cos(nh) dh$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(h) \sin(nh) dh$$



КЛАССИФИКАЦИЯ: МЕТОД К ВЗВЕШЕННЫХ БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

Объекты
Каротажные
данные



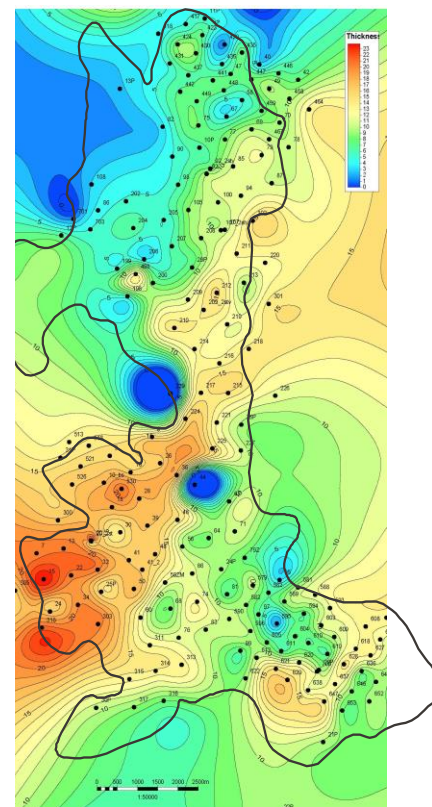
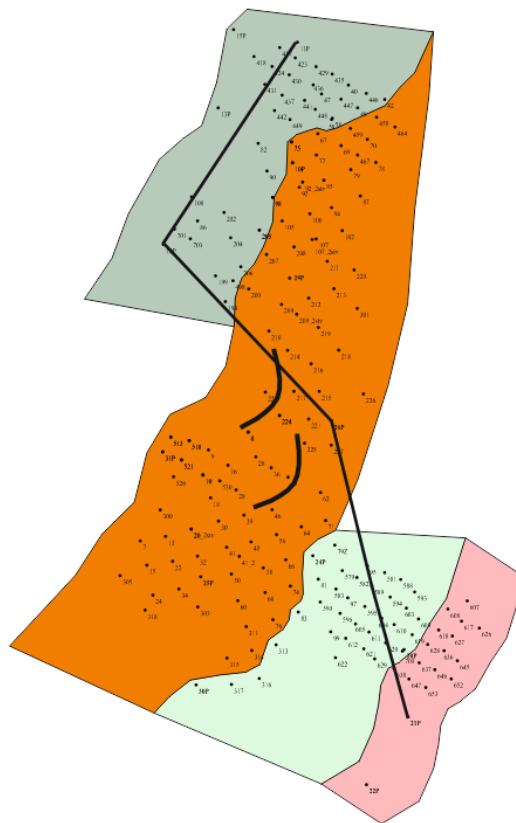
Классы
Обстановки
осадконакопления

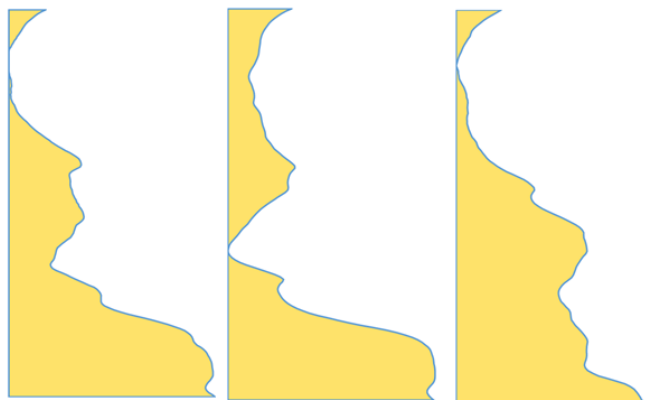
Признаки объектов - коэффициенты $\{a_k, b_k\}$
разложения функции каротажа в ряд Фурье

- Расстояние ρ между объектами u и v : $\rho(u, v) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (u_j - v_j)^2}$
- Вес i -го соседа объекта u на расстоянии R : $w(i, u) = \frac{1}{R^2}$

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ: ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Нормированный каротаж APS – данные по измерению естественных электрических потенциалов горных пород
 - Месторождение – 183 скважины
- Координаты расположения скважин на плоскости





Фация 1



Фация 2



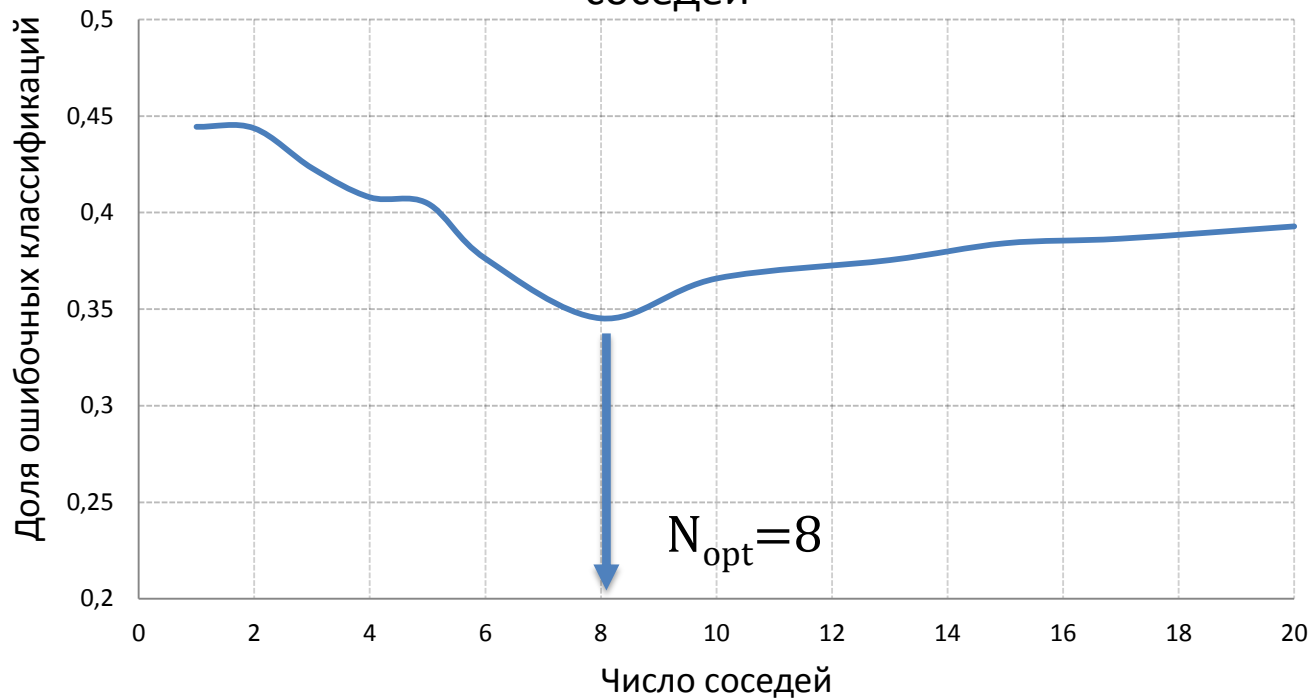
Фация 3



Фация 4

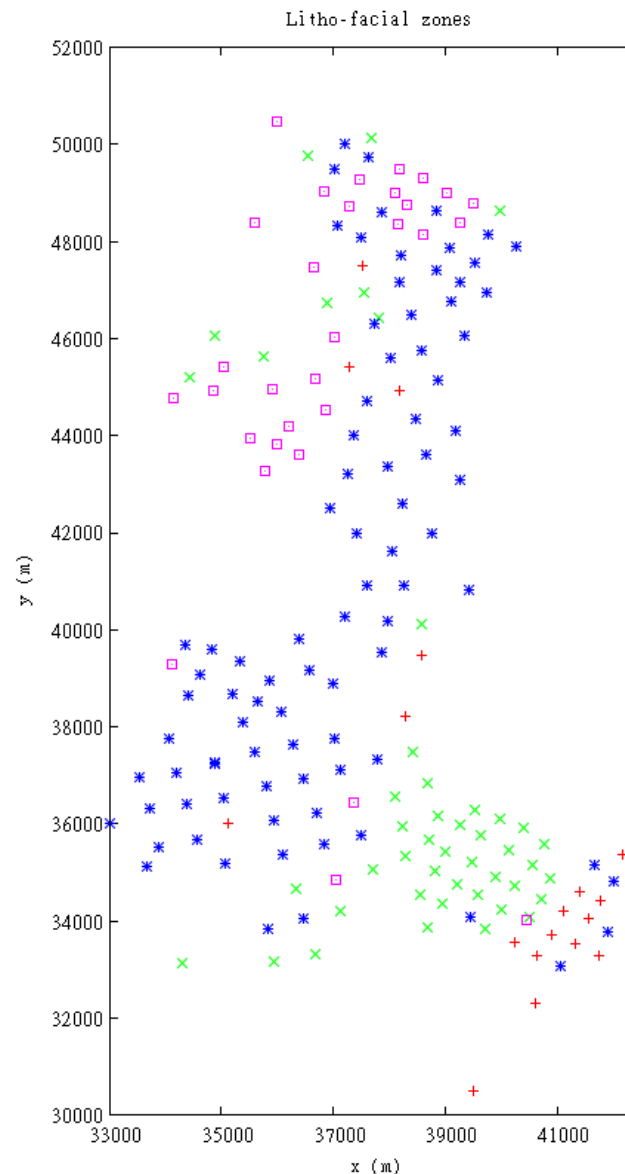
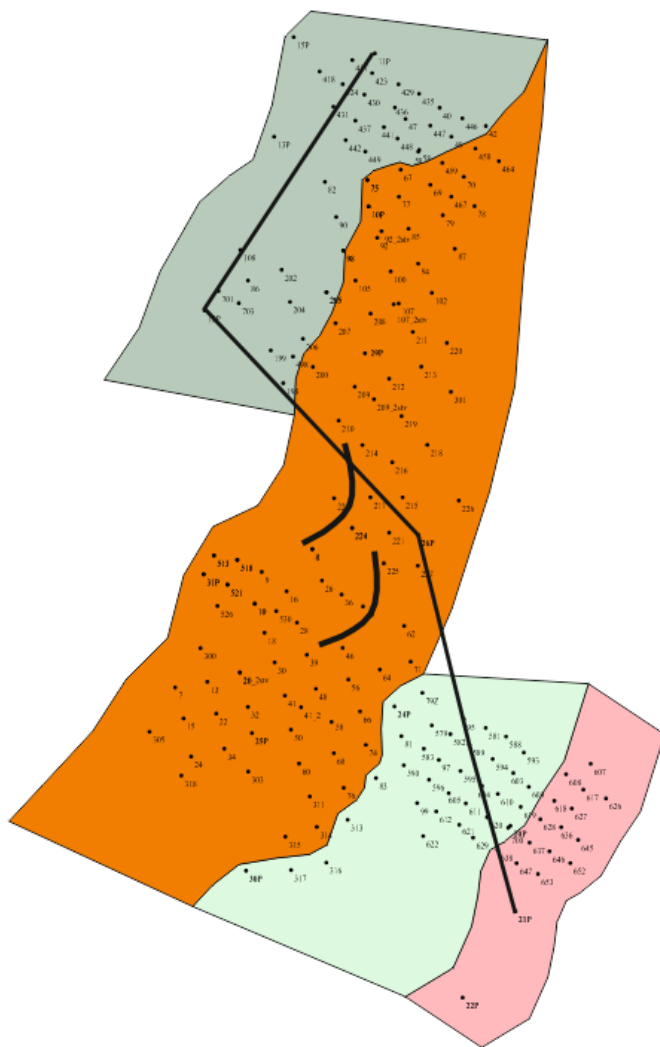
- 4 класса – разные литотипы
- Обучающая выборка ~30% от всех скважин
- Определение оптимального числа соседей по критерию скользящего контроля с исключением объектов по одному

Зависимость средней частоты ошибок от числа соседей



РЕЗУЛЬТАТЫ АЛГОРИТМА БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

- Точность на контрольной выборке $\approx 71\%$



- Формализована задача восстановления обстановки осадконакопления
- Выполнена оцифровка каротажных данных посредством спектрального метода разложения каротажа
- Показано возможное применение метода k взвешенных ближайших соседей для классификации фациальных обстановок
- В дальнейшем планируется применение более мощных и надежных алгоритмов классификации и кластеризации и реализация программного модуля распознавания в виде плагина к существующему пакету геологического моделирования

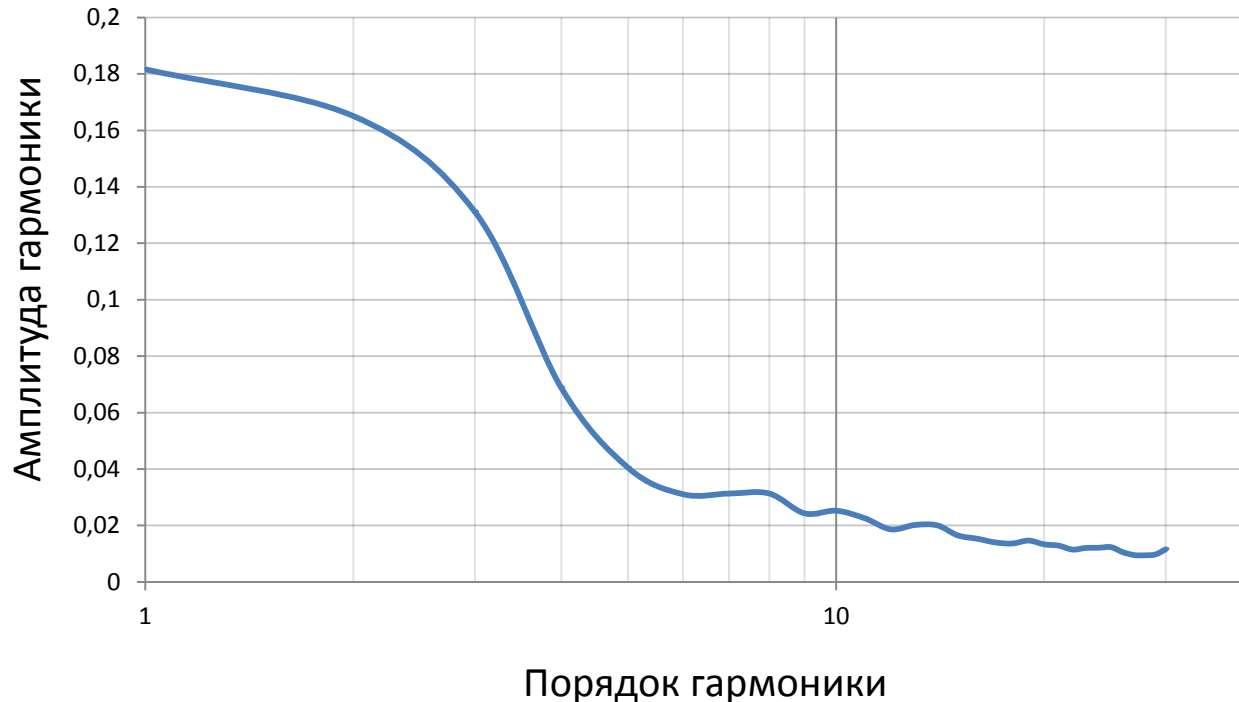
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



BACKUP SLIDES



Амплитудный спектр



Затухание энергии
гармоники с ростом
частоты

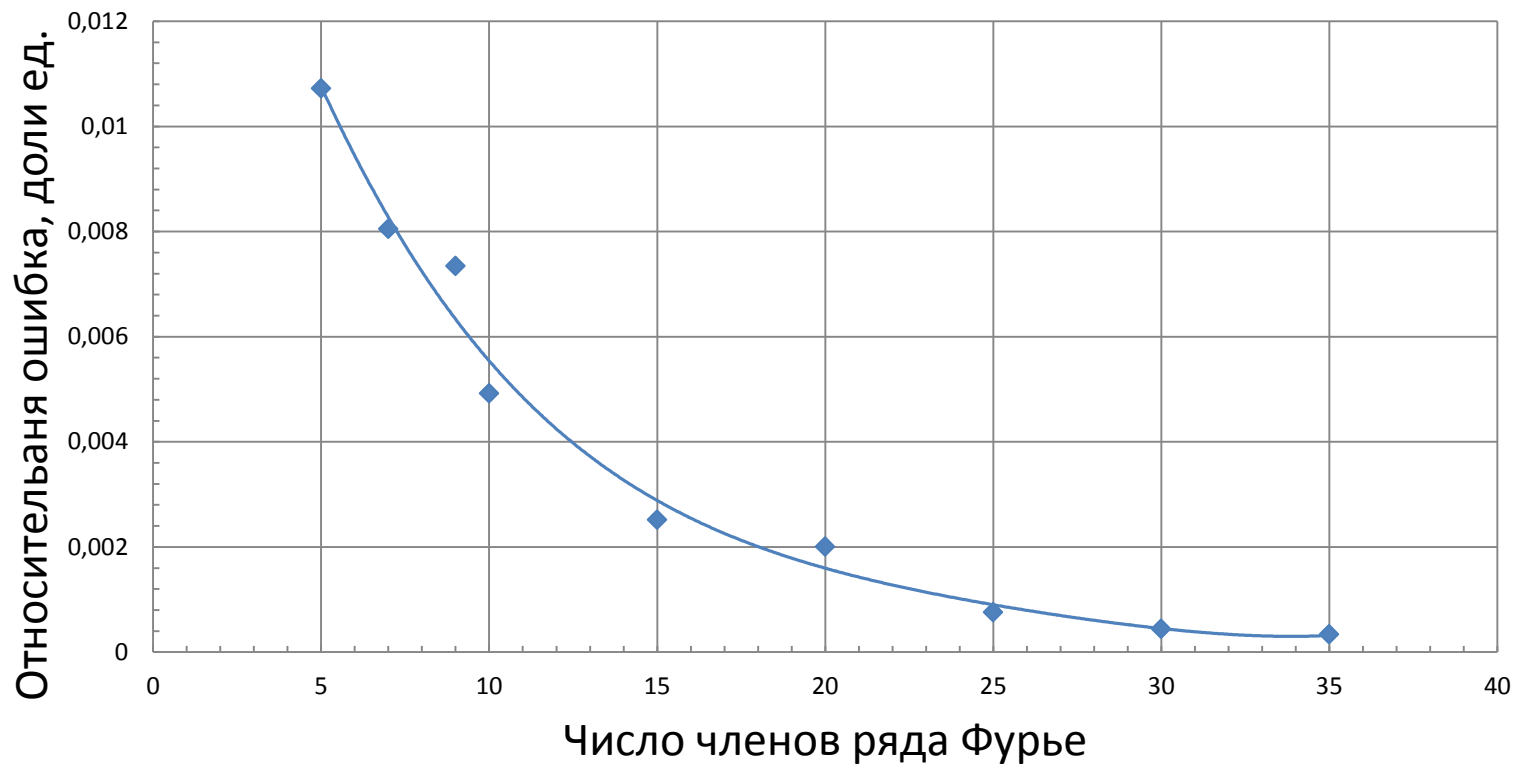


Достаточно брать
 n первых членов
ряда

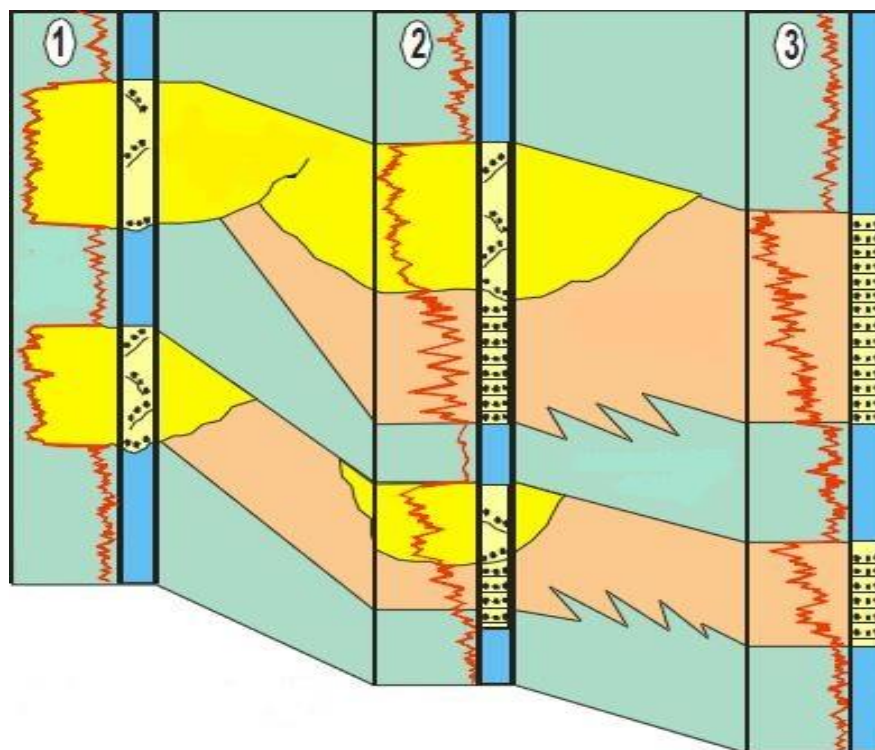
Ошибка восстановления картожа ε :

$$\varepsilon = \frac{\int_{-\pi}^{\pi} \Delta(h)^2 dh}{\int_{-\pi}^{\pi} f(h)^2 dh} = \frac{\int_{-\pi}^{\pi} (f(h) - S_n(h))^2 dh}{\int_{-\pi}^{\pi} f(h)^2 dh}$$

Относительная ошибка восстановления каротажа



Разложение кривых каротажа $f(h)$, $h \in [-\pi, \pi]$ в ряд Фурье в выделенном стратиграфическом интервале глубин



АКТУАЛЬНОСТЬ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА

Недостатки **вариограммного** подхода:

- Предположение об изотропности и стационарности случайного поля
- Существующие модели вариограмм не описывают все многообразие экспериментальных данных

Этих недостатков лишен **спектральный подход**, который эффективен при моделировании высокорасчлененных и низкопроницаемых коллекторов в условиях нестационарности и анизотропности геофизических полей

