



Presentation to

Minex 2008 Master Class

Alexander Polonyankin, Senior Resource Geologist
SRK Consulting (Russia)

03 октября 2008

Создание компьютерных 3D моделей

- Необходимо начать с анализа качества первичных данных
 - Определить возможность дальнейшего создания модели и уровень достоверности получаемого результата
- Что мы будем моделировать?
 - Какую информацию необходимо иметь в базе данных?
- Определить параметры для моделирования
 - Предварительный расчет *cut-off* для определения контуров рудных тел
- Извлечь композиты по определенным параметрам, создать контура и каркасы рудных тел
- Геостатистический анализ и заполнение блочной модели параметрами качества
- Контроль заполнения блочной модели
- Классификация ресурсов/запасов

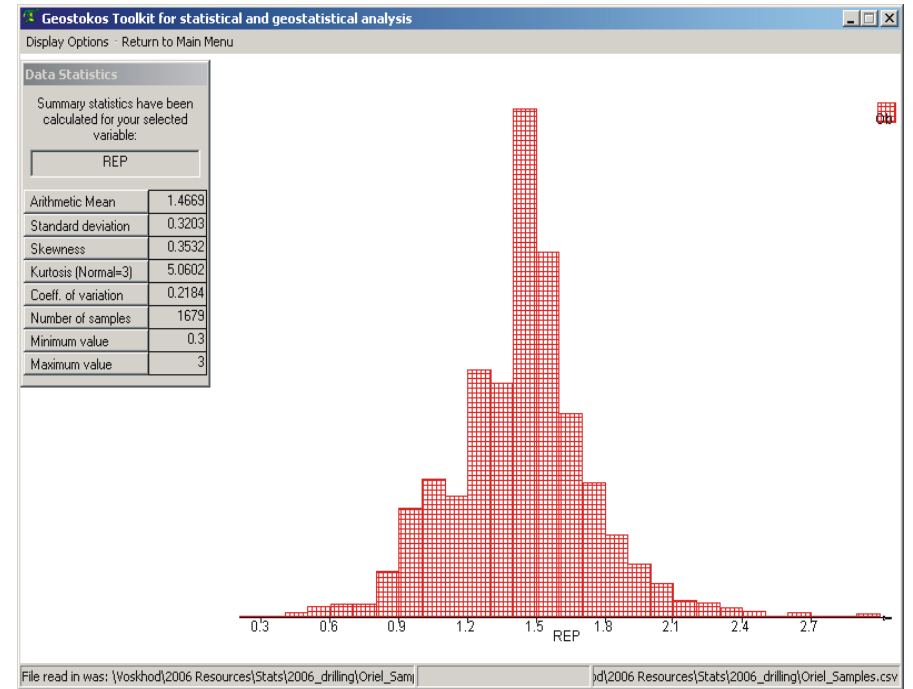
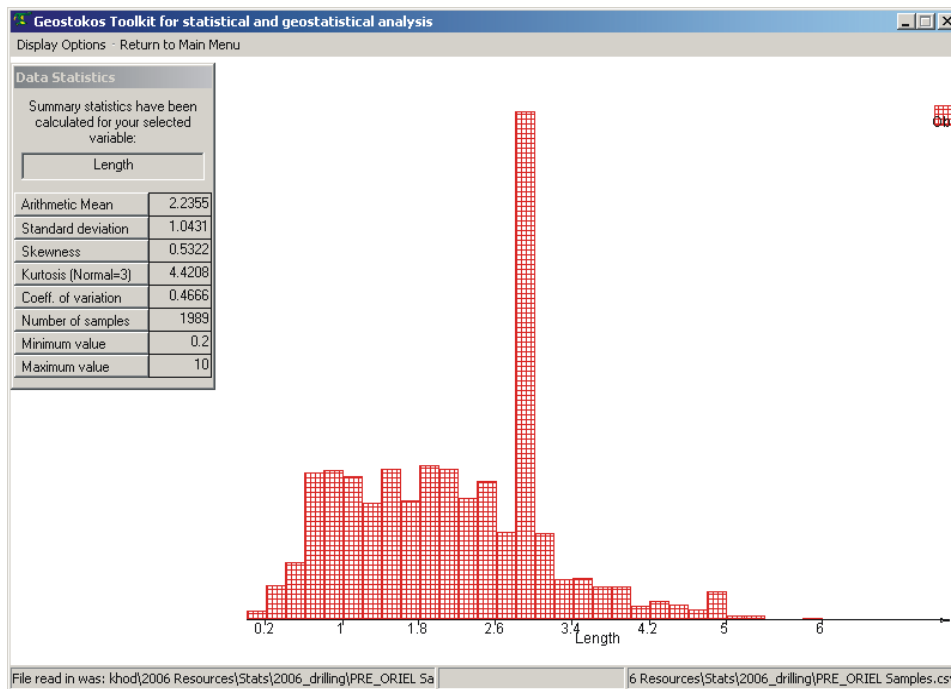
Контроль качества данных

- **Контроль качества результатов анализов**

- Керновые или шламовые пробы – зависимость от прошлых результатов лабораторных исследований
- Метод опробования и его достоверность
- Способы подготовки проб и риски засорения
- Методы анализа, используемые лабораториями
- Перекрестная проверка исходных результатов анализа
- Метод определения объемного веса руды и пород, представительность
- Извлечение керна по рудным пересечениям

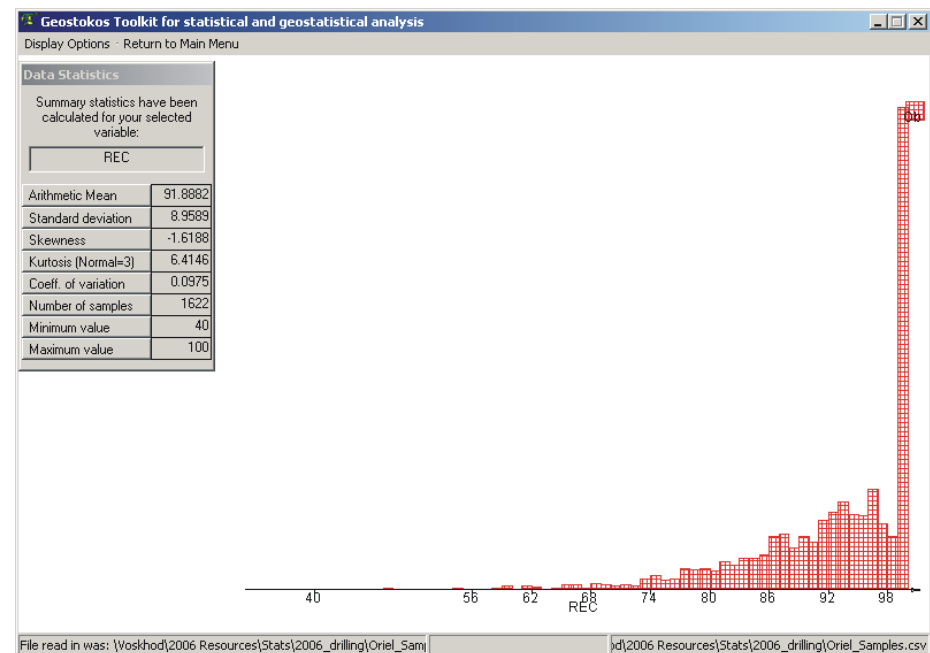
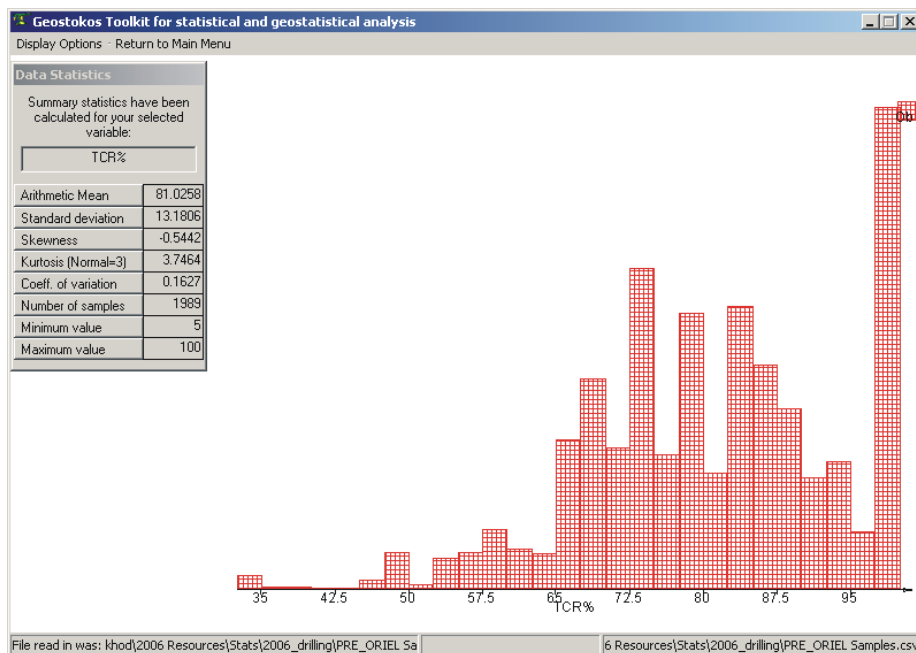
Достоверность данных

- Длины проб разных буровых компаний



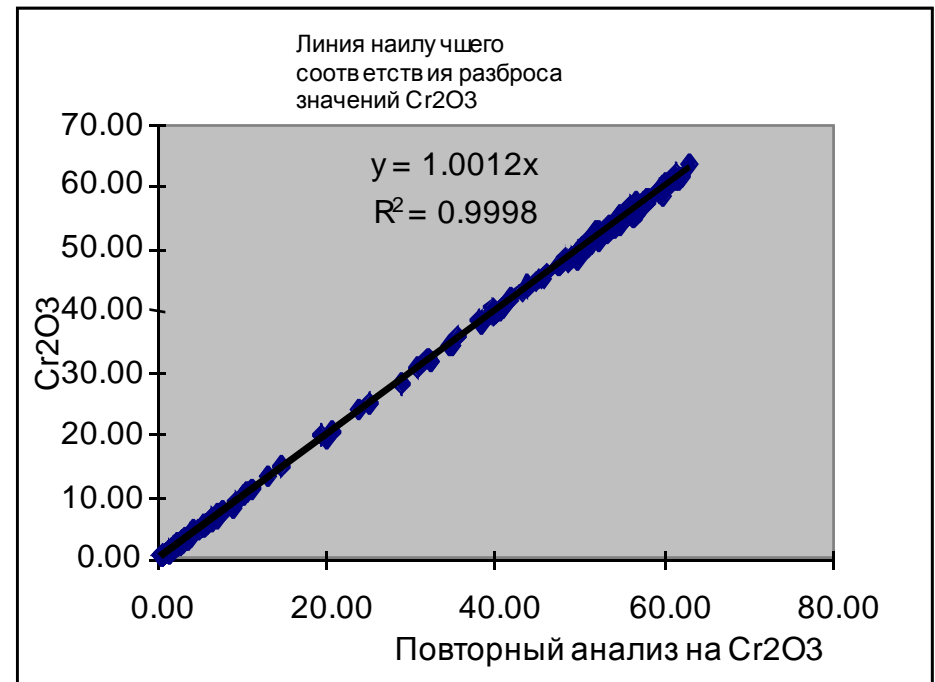
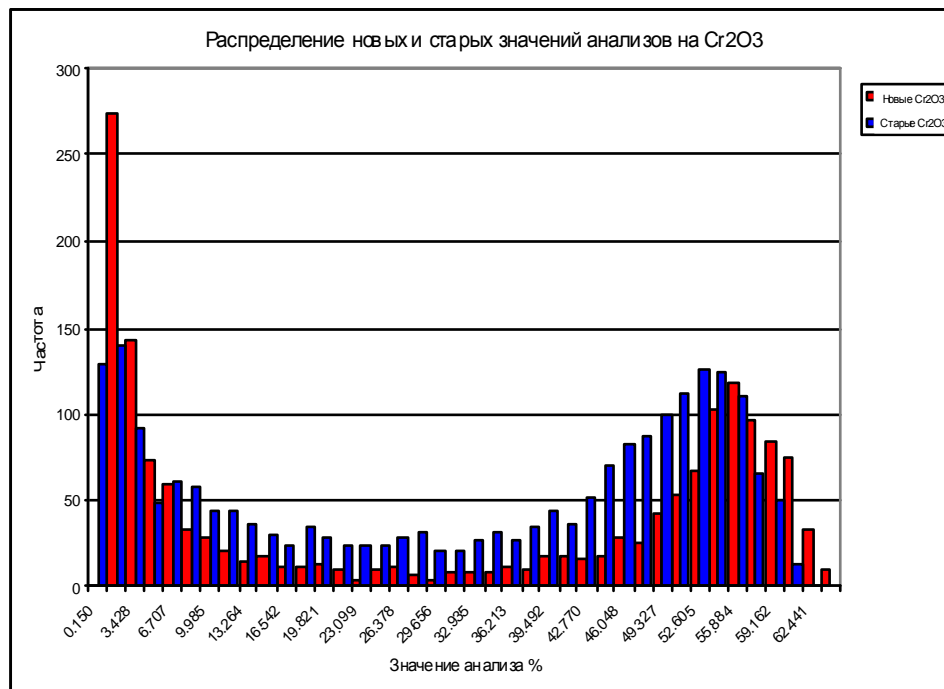
Достоверность данных

- Статистический анализ выхода керна по разным этапам геолого-разведочных работ
 - Старая разведка
 - Новая разведка



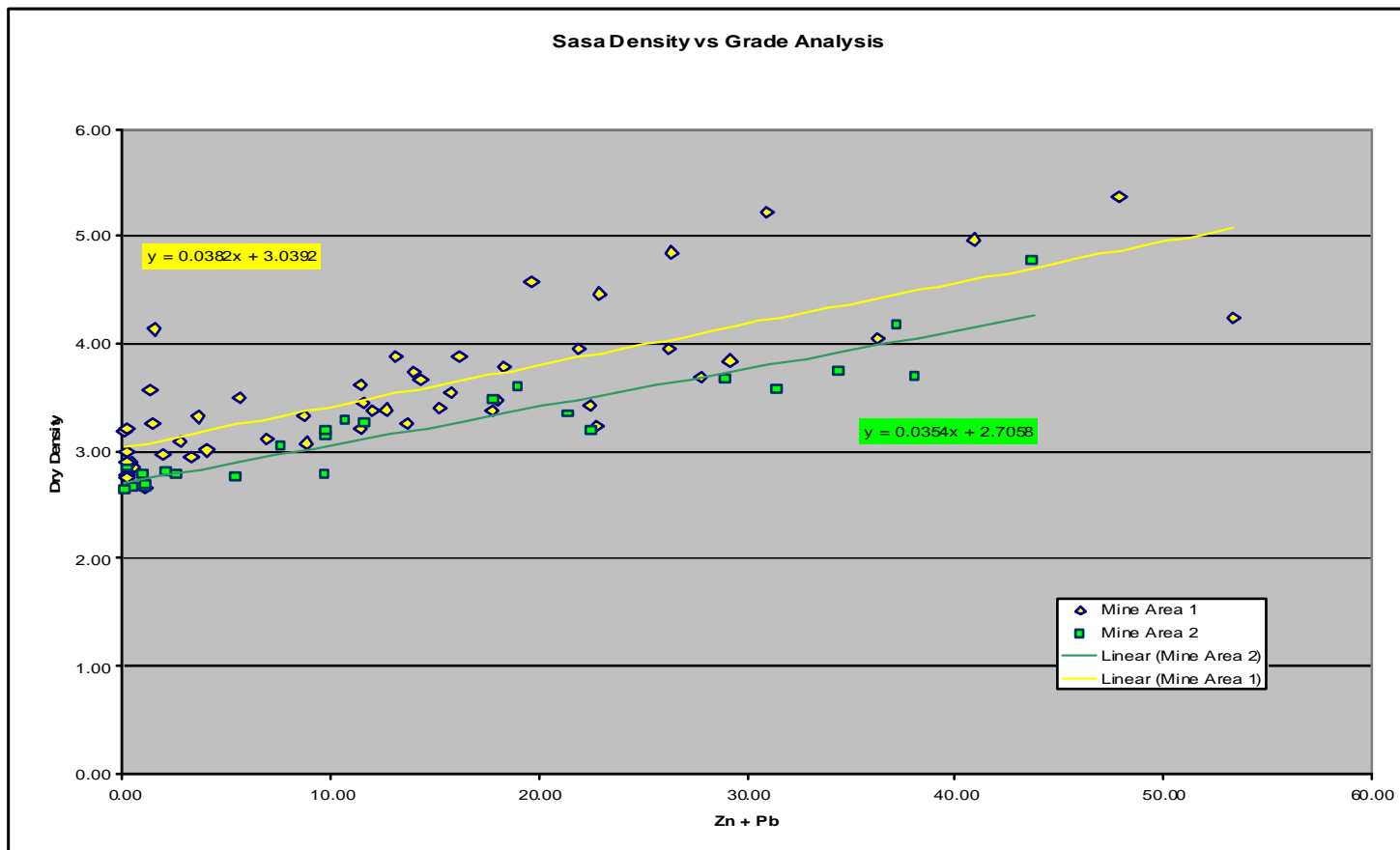
Достоверность данных

- Статистический анализ сравнения результатов анализов старых и новых данных
- Кросс-анализ сравнения результатов внутреннего и внешнего контроля лаборатории



Достоверность данных

- Определение корреляционной зависимости объемного веса руды от содержания



Достоверность данных

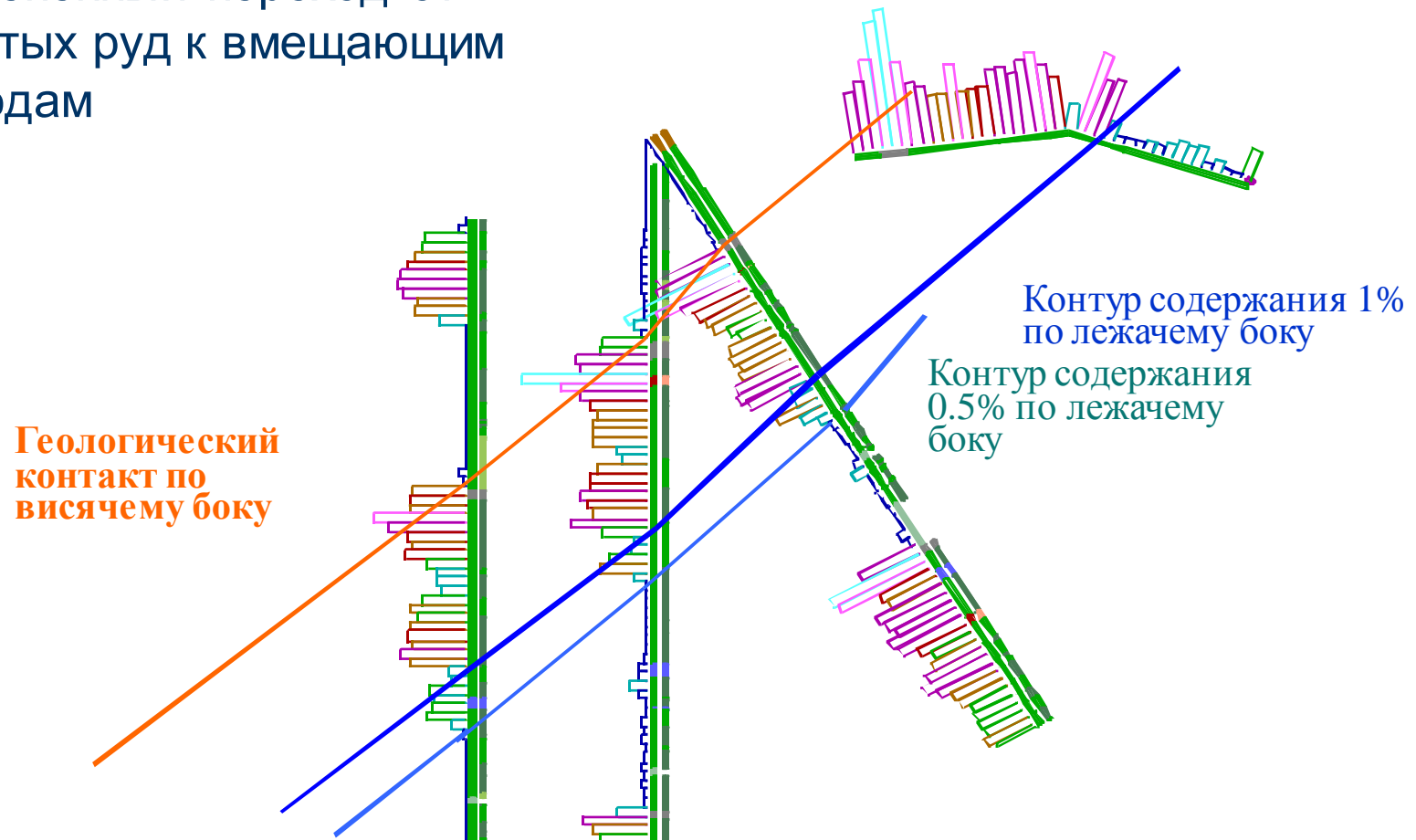
- Когда нужно остановить подсчет ресурсов и вернуться к буровым работам?
- Что делать если данные не удовлетворяют требованиям?
 - Определить какие первичные данные и материал сохранились (керна, дубликаты) - составление каталога данных может облегчить понимание
 - Провести повторный анализ сохранившихся дубликатов проб (керновых, передробленных, истертых)
 - Пробурить новые дублирующие скважины для заверки нескольких профилей (обязательное требование для подготовки Feasibility study)
 - Худший вариант – начать все заново!

Что нужно моделировать?

- Определить геологический контроль оруденения
 - В базе данных нужны только *collar, survey & assay*? Или нужна литология, тип минерализации, зоны окисления и выветривания?
- Какие границы рудных тел?
 - Четкие геологические
 - Определены по данным опробования
- Необходимо определить непрерывность областей распределения данных – это более важно, чем непрерывность содержаний
 - Выделить статистически разные популяции данных
- Провести урезку “ураганных” содержаний
- Отцифровка всех имеющихся первичных геологических разрезов и планов и привязка их в реальных координатах позволяет лучше понять геологическое строение месторождения

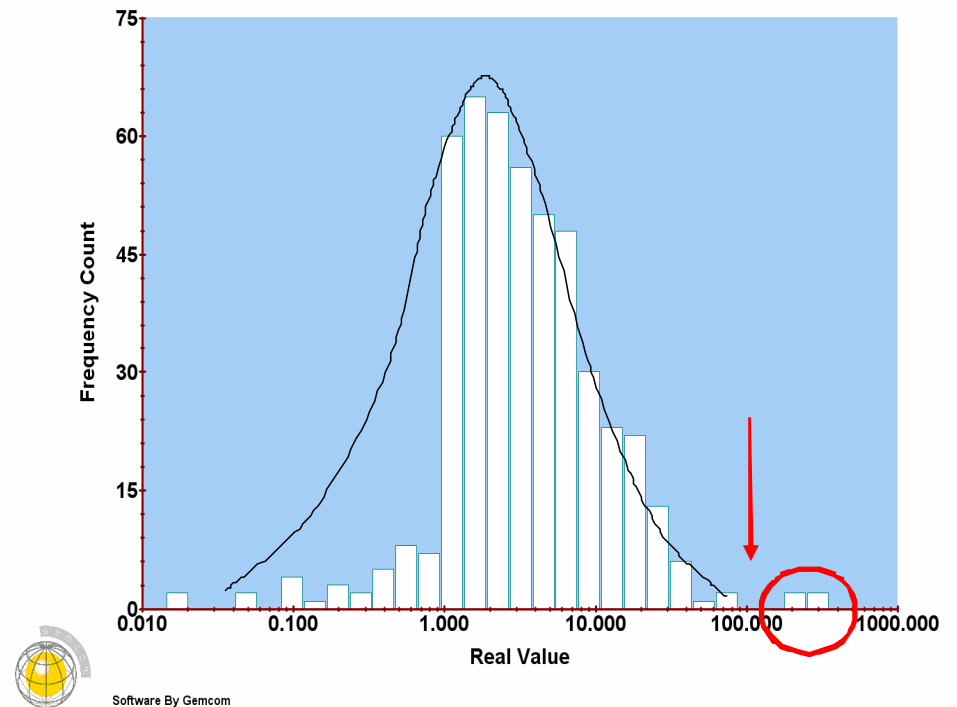
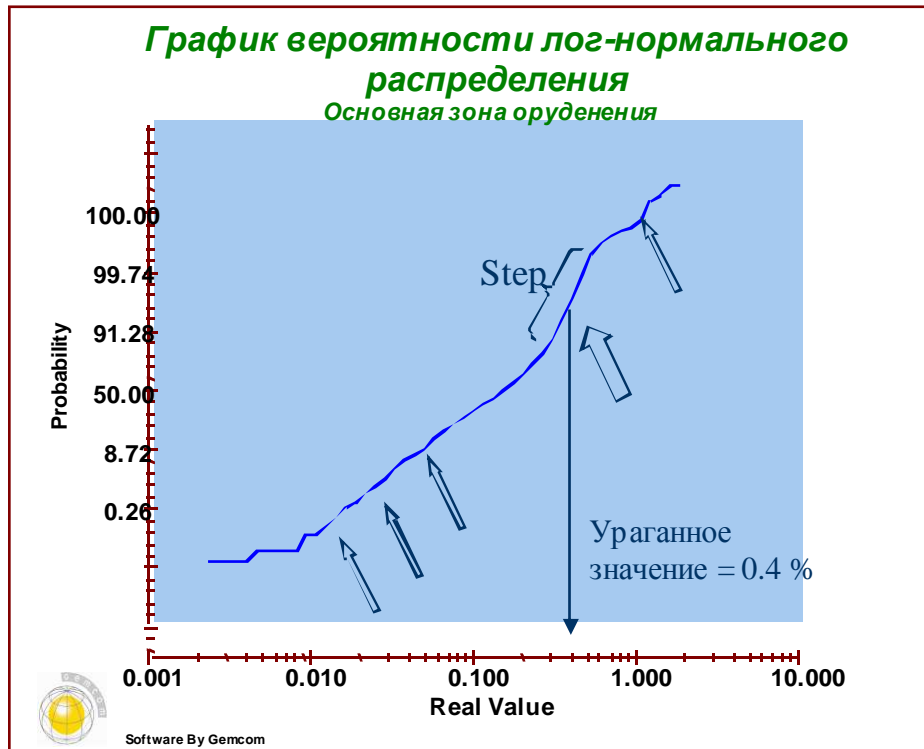
Что нужно моделировать?

- Геологический контакт или постепенный переход от богатых руд к вмещающим породам



Параметры моделирования

- Определение ураганных значений

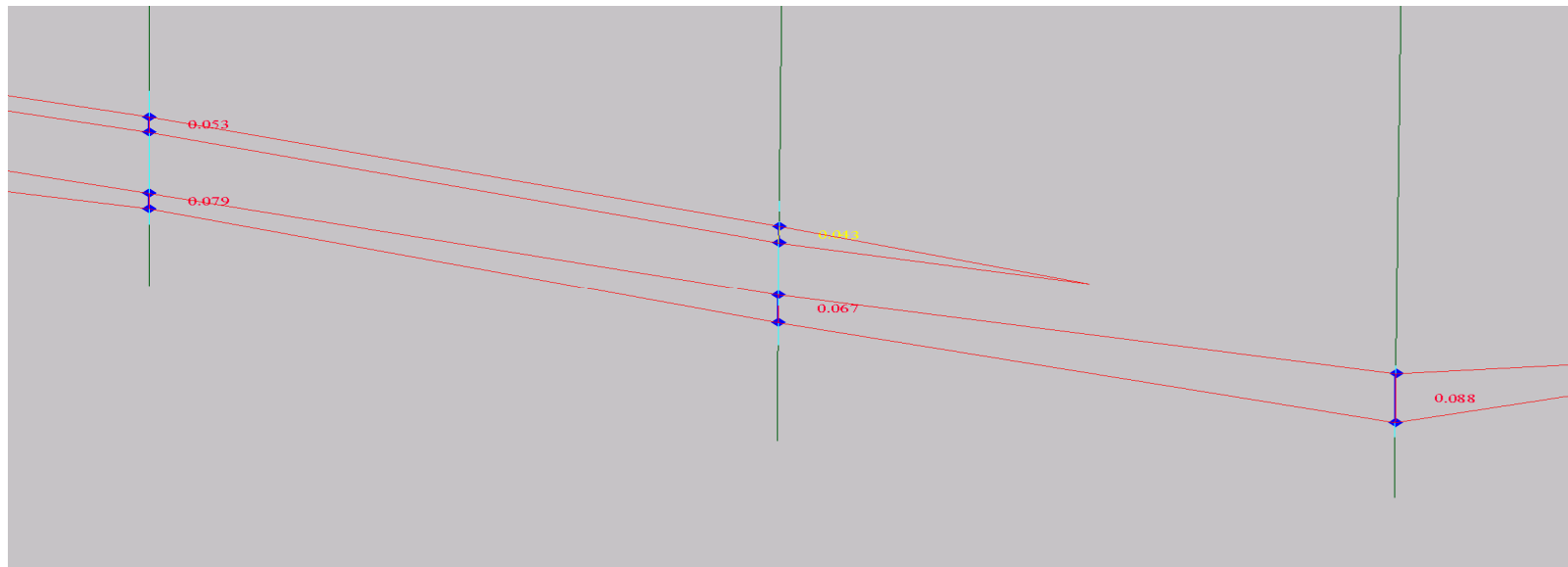


Параметры моделирования

- Оценить экономически обоснованное бортовое содержание
 - Рассмотреть различные области затрат
 - Приповерхностные / глубокие горизонты
 - Добыча без рыхления / необходимость во взрывных работах
 - Простые или труднообогатимые типы руд
 - Себестоимость добычи на тонну
 - Открытая добыча 0.5 – 2 \$/т
 - Подземная добыча 5 – 50 \$/т
 - Административные расходы и расходы на переработку
 - Рассмотрите вероятную технологическую схему и затраты на аналогичных предприятиях - затраты могут составить 2 – 25 \$/т
- Бортвое содержание =
$$\frac{\text{Затраты}}{\text{Доход}}$$

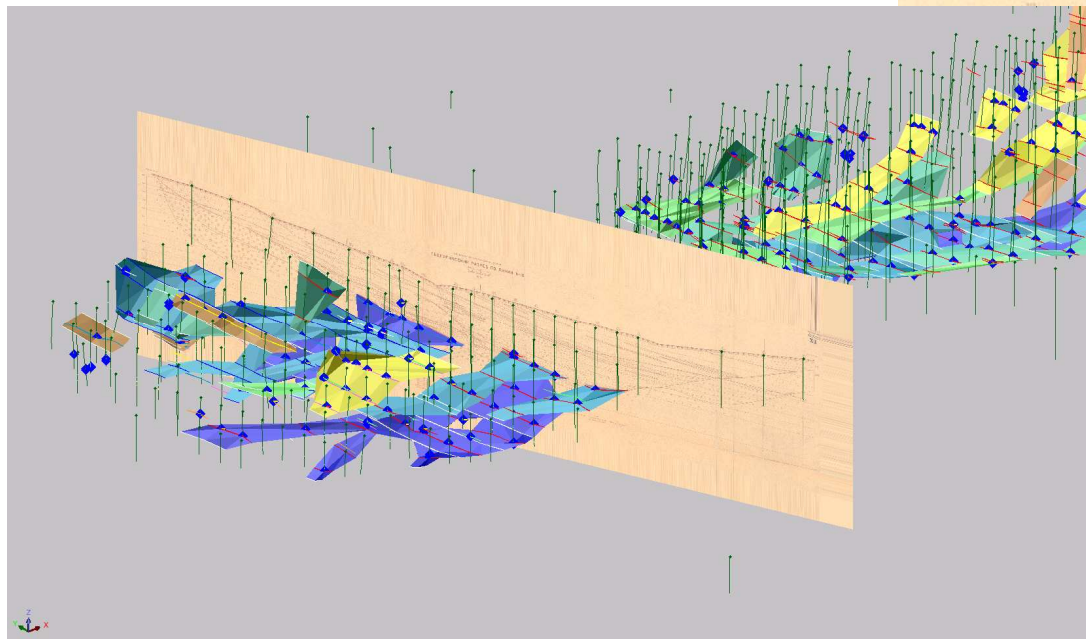
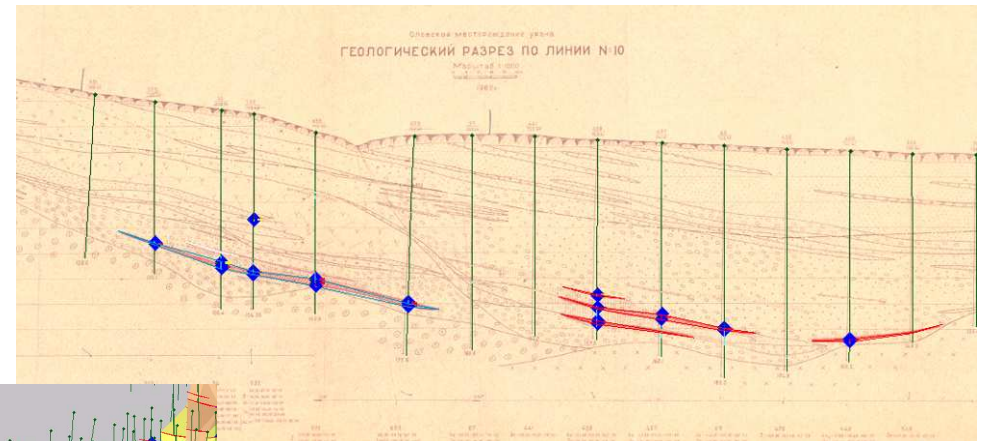
Параметры моделирования

- Предполагаемый метод добычи
 - Минимальная мощность рудного тела
 - Возможность селективной отработки – максимальная мощность пустых пород, включаемая в рудный контур
- Извлечь композиты удовлетворяющие заранее определенным параметрам



Параметры моделирования

- Привязка геологических разрезов
 - Помогает понять геологическое строение
 - Позволяет провести дополнительную проверку базы данных
- Провести переувязку кондиционных пересечений и создать каркасы рудных тел



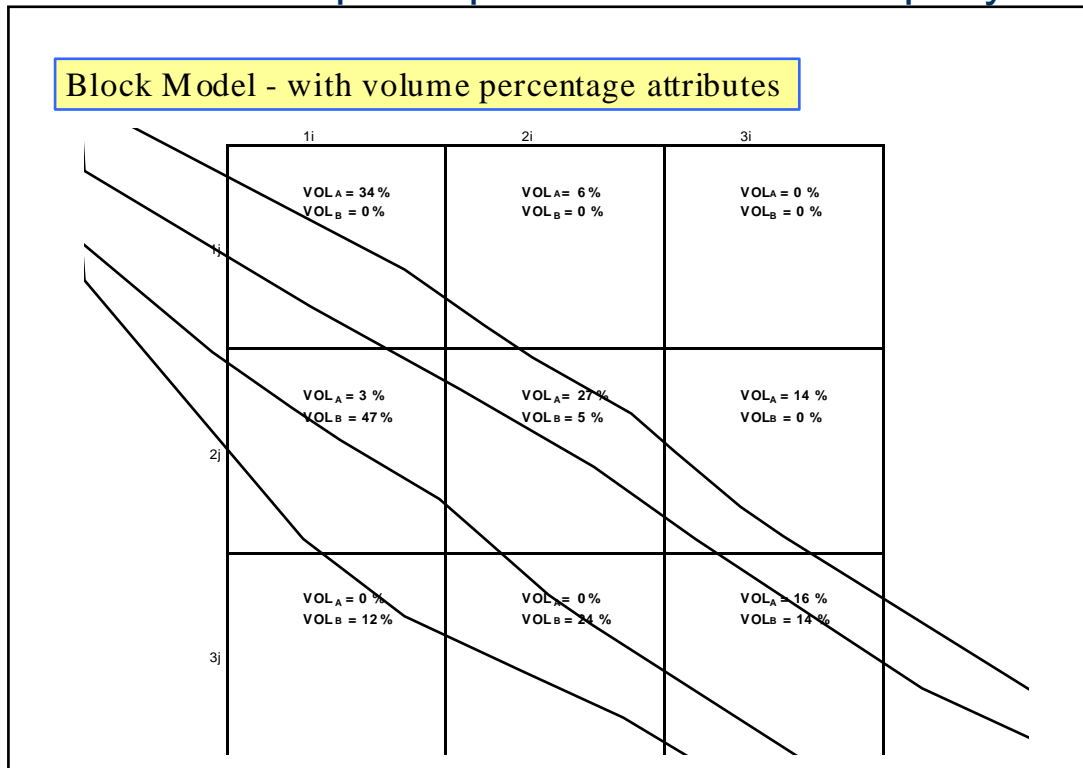
Блочное моделирование

- Необходимо подумать о длине композитов
 - Длина композита равная средней длине проб иногда дает очень высокую вариативность
 - Длина пробы может быть слишком мала – 10 см
- Длина композита должна отражать внутреннюю неоднородность рудного тела
 - Завышенная длина композита сгладит и усреднит содержания
- При моделировании маломощных рудных жил лучше использовать один композит на всю мощность рудного тела

Блочное моделирование

- Размер блока

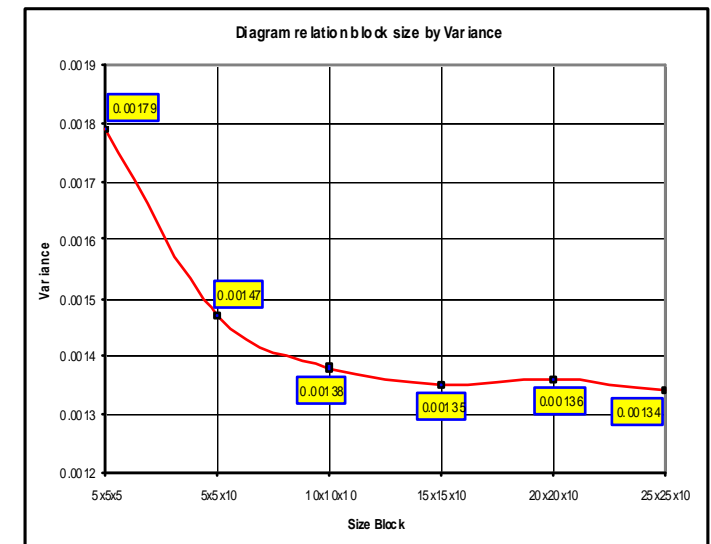
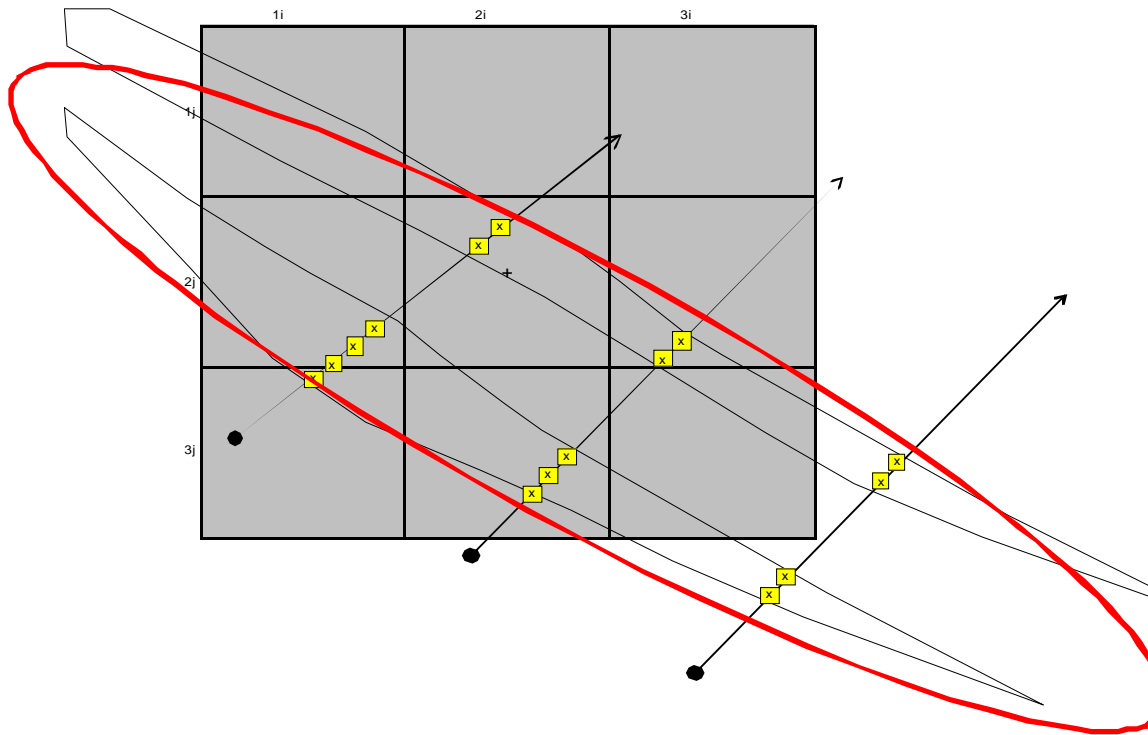
- Размер блока помимо плотности разведочной сети зависит от параметров рудных тел и планируемого метода добычи
- Для открытых горных работ можно использовать, как правило, больший размер блока и ввести атрибут - % заполнения



Блочное моделирование

- Размер блока

- Для месторождений планируемых к подземной отработке, особенно жильных рудных тел малой мощности, лучше использовать размер блока близкий к их мощности
- Если мы хотим оценить и показать изменение контуров рудных тел при изменении бортового содержания, оценить методы селективной добычи, то лучше использовать размер блока сопоставимый с параметрами внутренней неоднородности (мощностью пустых пород, некондиционных прослоев)



Блочное моделирование

- Методы интерполяции содержаний

- Метод обратных взвешенных расстояний (ОВР)

Пробы оцениваются в пределах области поиска, применяя метод обратных взвешенных расстояний, определяемых до центра блока или до точек дискретизации блока, значения возводятся в степень “ n ”, которая варьирует в пределах от 1 до 5

Содержания подвергаются сглаживанию и смазыванию, если выбраны не правильные параметры поиска

- Ординарный Кригинг (ОК)

Интерполяция содержаний в блоке с использованием процесса кригинга очень схожа с интерполяцией, используемой при методе ОВР.

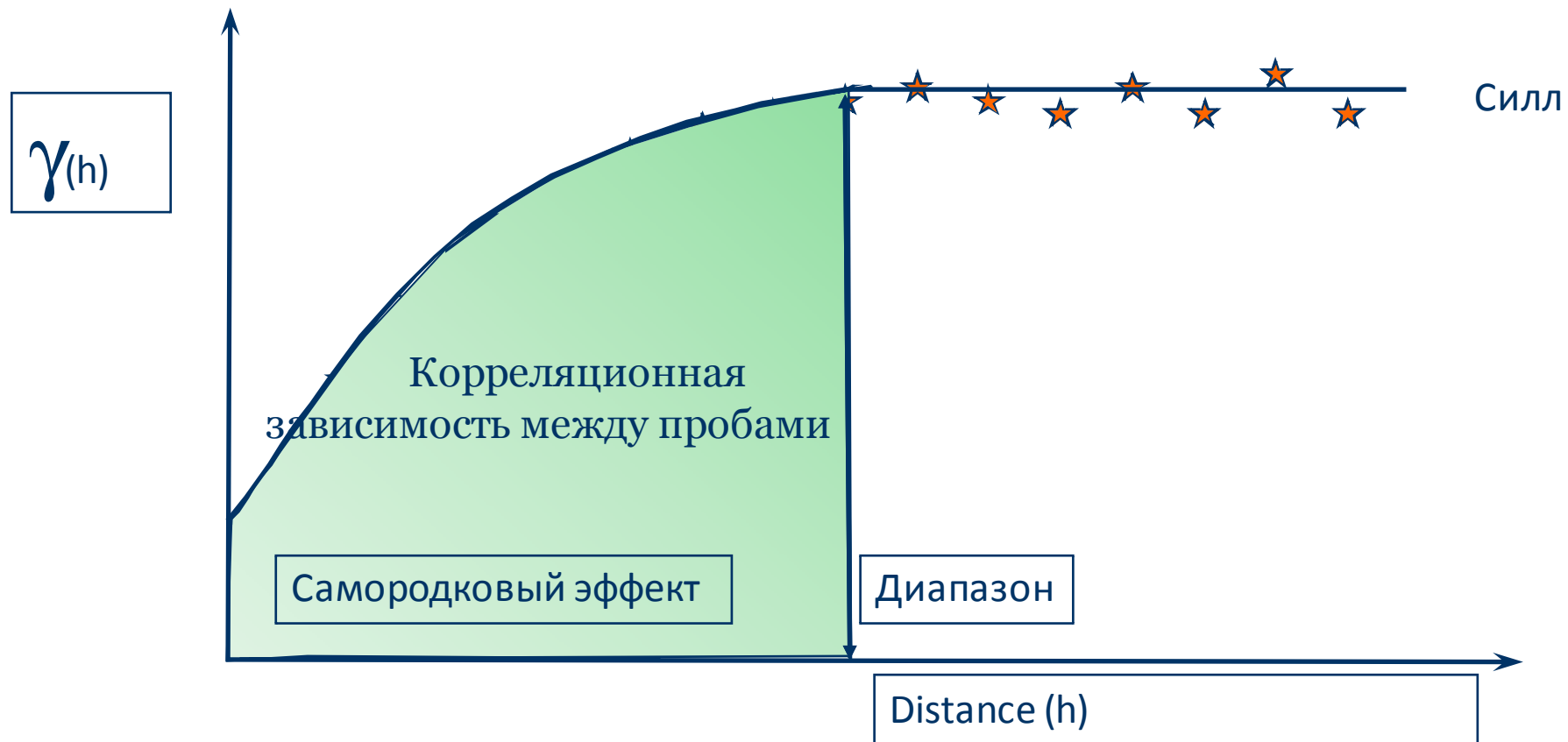
Пробы в поисковой области оцениваются при помощи коэффициентов кригинга, значения которых основаны на:

- Расстоянии от оцениваемой точки/блока
 - Пространственном взаимоотноении проб относительно друг друга и блока
 - Параметрах полувариограмм

Параметры полувариограмм основаны на моделировании полувариограмм (следующий слайд)

Блочное моделирование

- Как выглядит полувариограмма

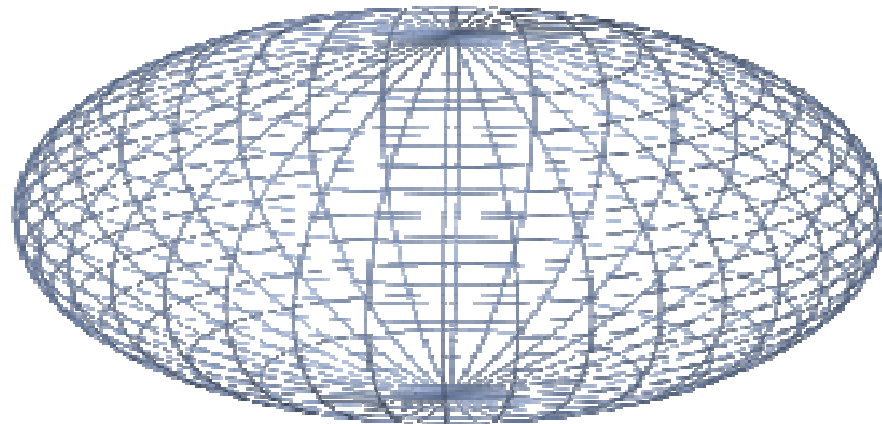
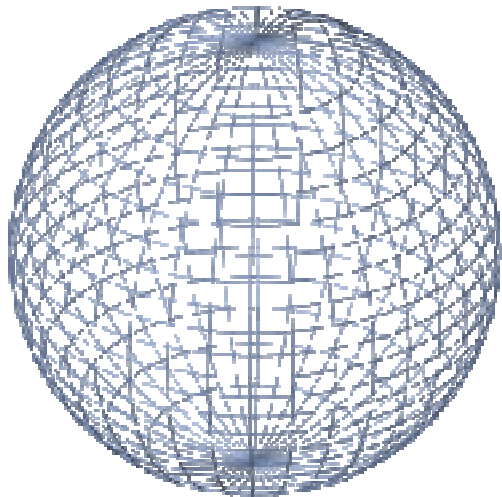


Блочное моделирование

- Когда используется метод ОВР
 - Если нет возможности отстроить вариограммы с распознаваемыми структурами, из которых можно получить достоверные параметры
 - В качестве проверки методов кригинга
 - $n = 2$ используется, если минерализация имеет умеренно выдержанную непрерывность (стратиформные месторождения цветных металлов)
 - $n = 3$ используется, если минерализация имеет низкую степень непрерывности (большинство месторождений золота)
 - $n = 4$ используется для месторождений с очень высокой степенью непрерывности минерализации (месторождения калийных солей)
 - $n = 5$ используется для оценки блока с более эффективным использованием данных о ближайшей пробе (метод «ближайшего соседа»)

Блочное моделирование

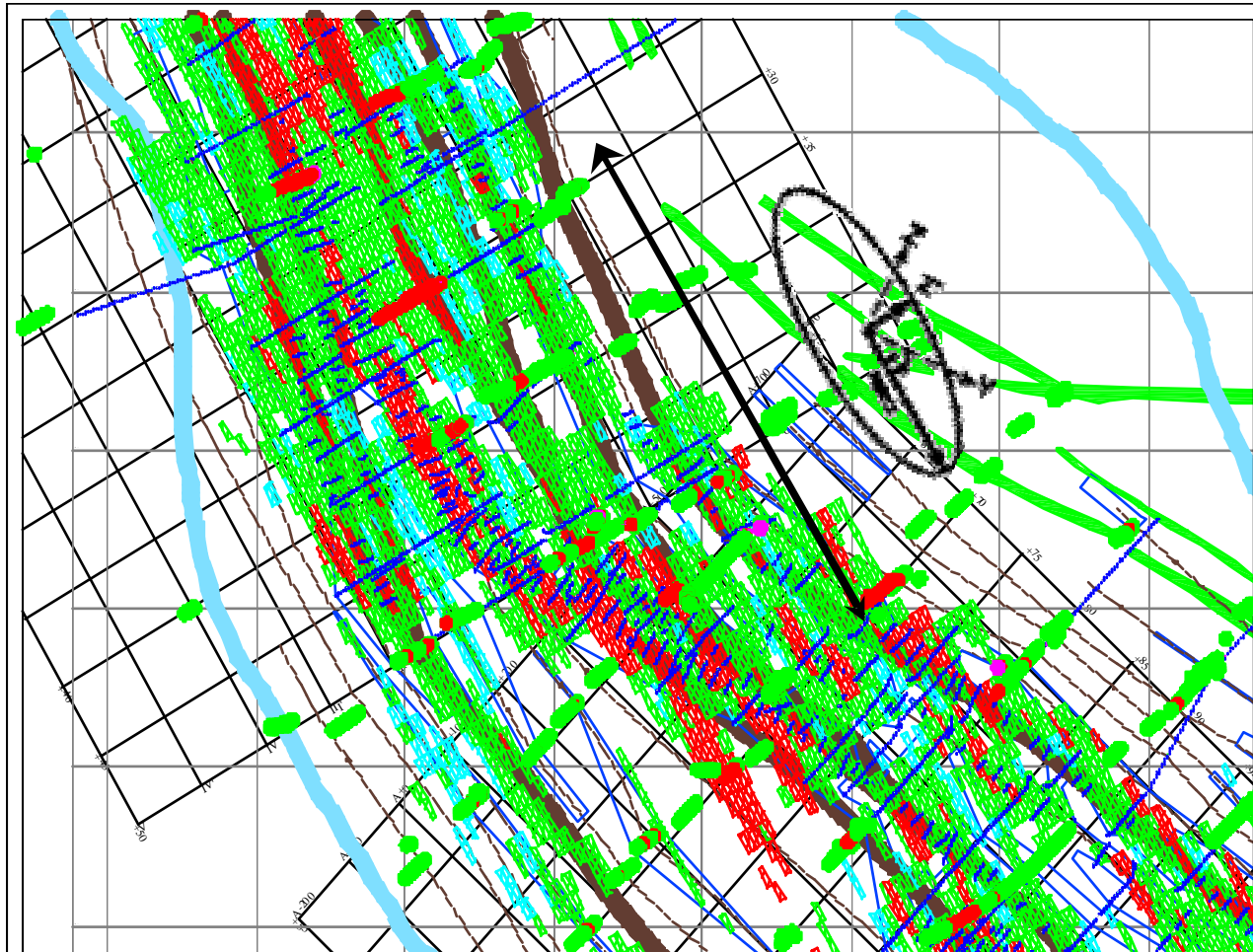
- Лучше использовать несколько прогонов для заполнения блочной модели (2-3, но не более 4 прогонов)
- Для предотвращения сглаживания содержаний иногда ограничивают количество проб на одной скважине, используемых для расчета
- При изменении пространственных параметров залегания рудных тел нужно использовать несколько поисковых эллипсоидов или использовать функцию выпрямления складок
- Поисковый эллипс
 - Изотропный
 - Анизотропный



Заверка блочных моделей

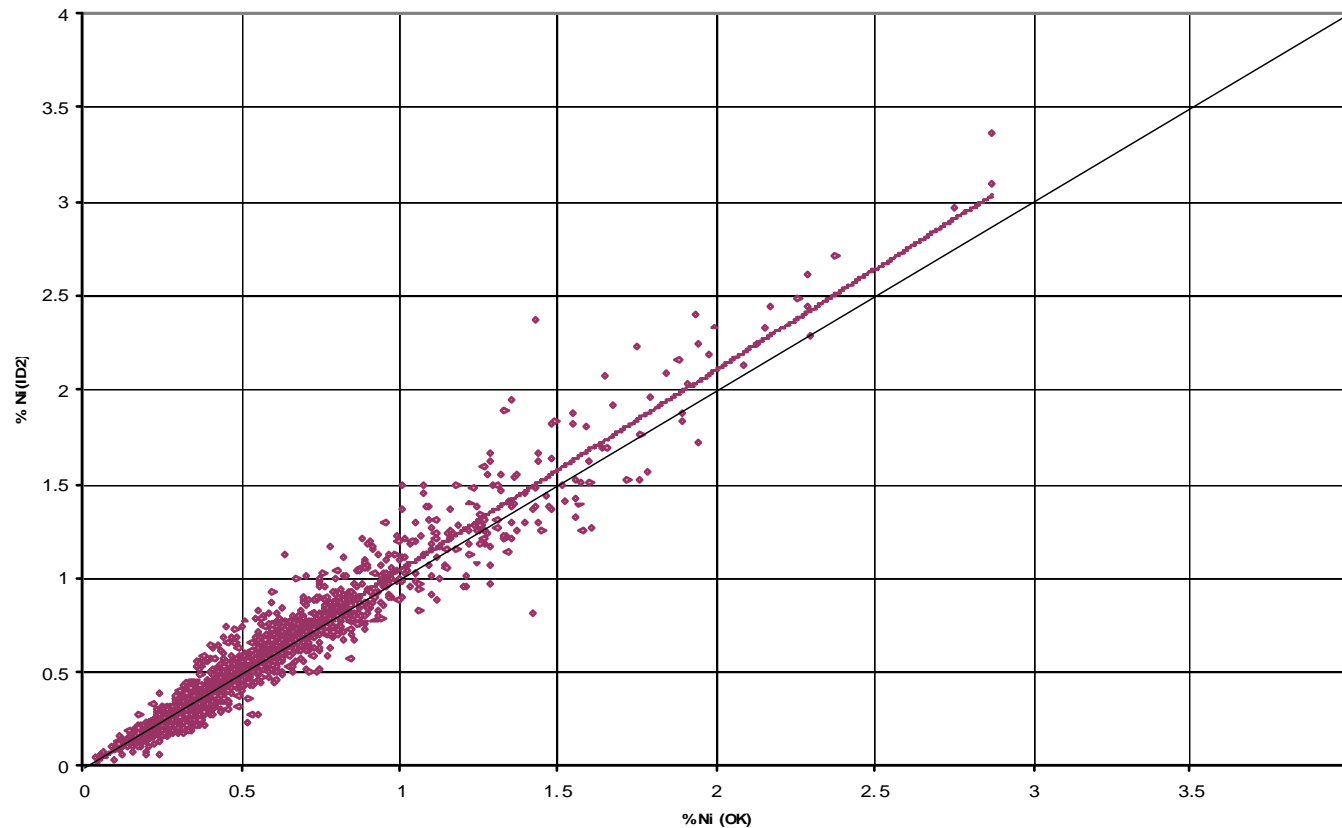
- Визуальные проверки
 - Убедиться, что всем блокам присвоены значения
 - Сравнить содержания по пробам с содержаниями по блокам
 - Сравнить статистику содержаний по блокам со статистикой по пробам
 - Сравнить модель обратных взвешенных расстояний с моделью кригинга
 - Провести кросс-анализ данных по блокам, заполненным методом ОВР и ОК

Заверка блочных моделей



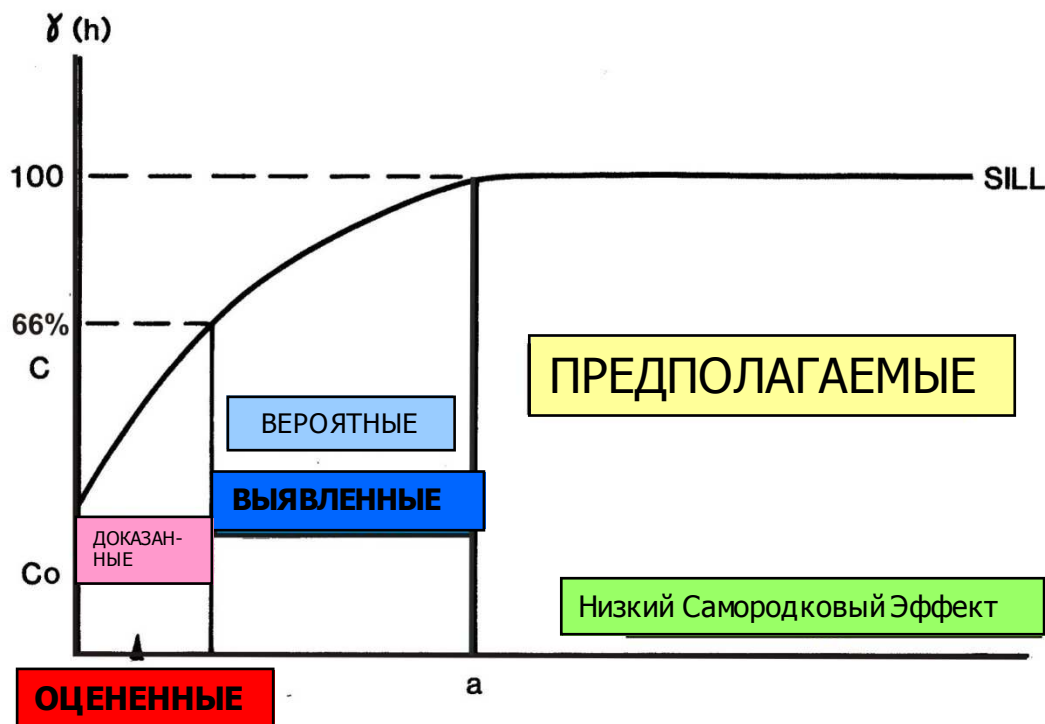
Заверка блочных моделей

- Кросс-анализ содержаний интерполированных методом Обратных Взвешенных Расстояний и методом Ординарного Кригинга



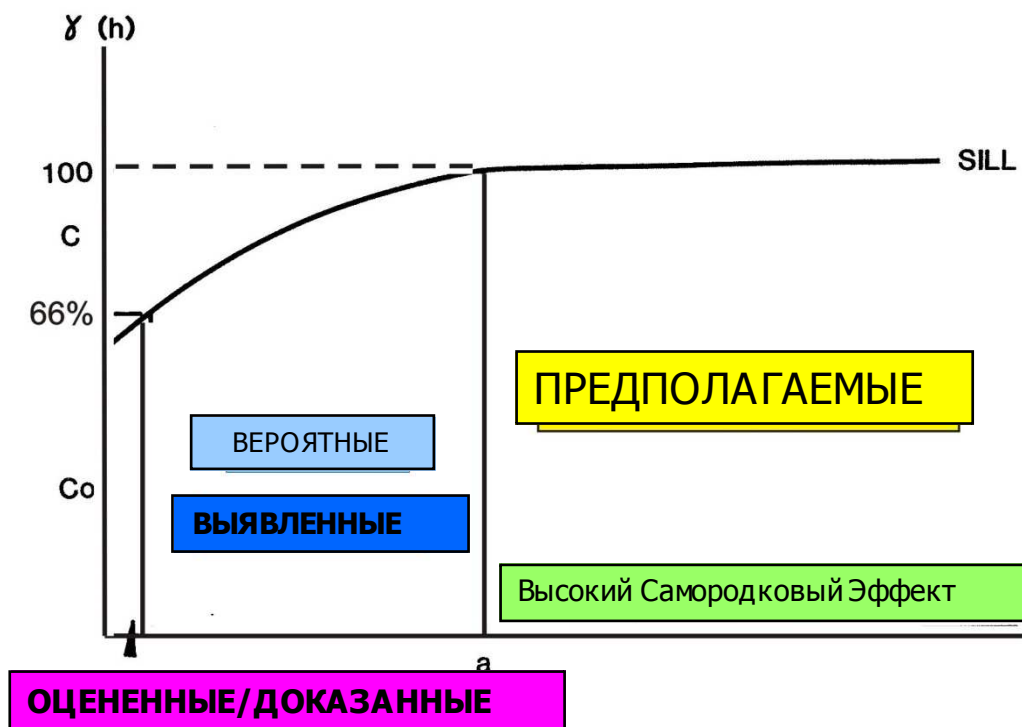
Классификация Минеральных Ресурсов

- В случае низкого “самородкового эффекта” (Co) относительно редкая сеть скважин может определять Оцененные Минеральные Ресурсы



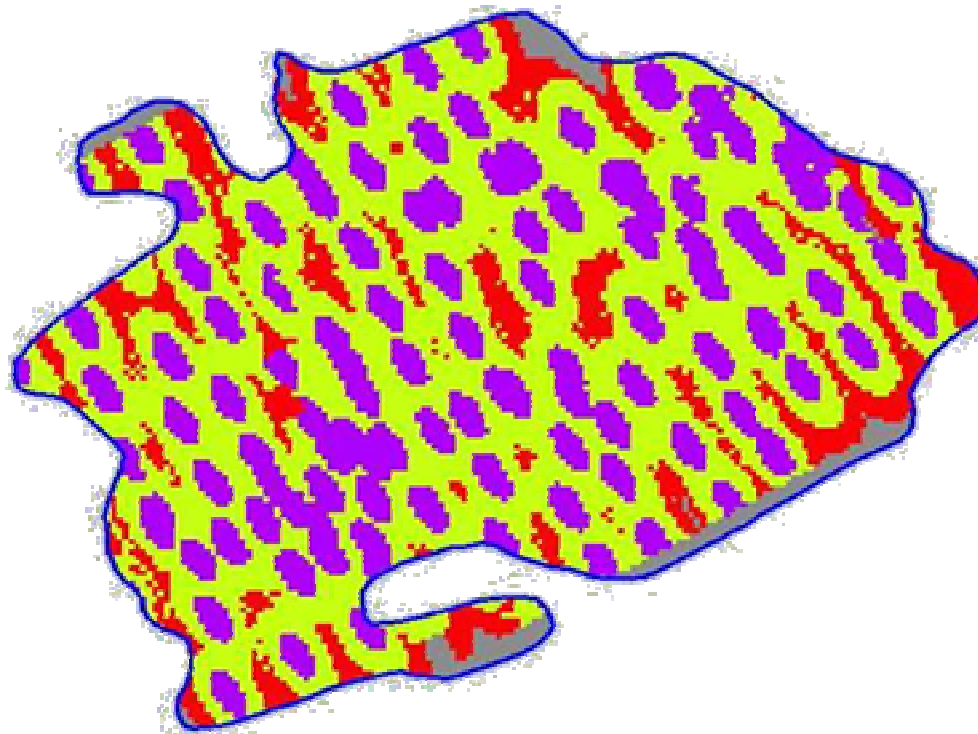
Классификация Минеральных Ресурсов

- Когда значение “самородкового эффекта” достигает 66%, определение Оцененных Минеральных Ресурсов далее невозможно, поскольку это требует нецелесообразной и чрезвычайно затратной плотности сети



Классификация Минеральных Ресурсов

- Пример: как не надо делать



Цветом обозначены следующие категории Ресурсов:

Фиолетовый – Оцененные, Желтый – Выявленные,
Красный - Предполагаемые

Спасибо за внимание!