МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДАТАМАЙН

Санкт-Петербург - 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 3
1 Характеристика системы Датамайн - Студио и основные приемы работы с ней. ... 6
1.1 Общие сведения ... 6
2.2 Главные новые возможности Датамайн-Студио (ДС): ... 7
2.2.1 Новый способ написания Макросов ... 8
2.2.2 Контекстные меню и команды "modal" ... 8
2.2.3 Аннотация линий ... 8
2.2.4 Вставка текста на экране ... 8
2.2.5 Улучшения в интерактивный подбор моделей вариограмм ... 9
2.2.6 Атрибуты линий, точек и каркасов ... 9
2.2.7 Групповой выбор точек и линий ... 9
2.2.8 Файл проекта (Project File) программы Датамайн - Студио ... 9
2.2.9 Временная директория для рабочих файлов ... 10
2.2.10 Пользовательский интерфейс для контроля информации на Экрана ... 10
2.2.11 Встроенный Визуализер (GVP) ... 10
2.2.12 Окно пользователя (Customization Window) ... 11
2.2.13 Настройка панели инструментов ... 11
2.2.14 Обеспечение функций OLE DB ... 12
2.3 Новые команды Датамайн-СТУДИО ... 12
2.4 Начало работы с системой Датамайн-Студио ... 14
2.4.1 Старт системы ... 15
2.4.2 Изучение интерфейса системы ... 15
2.4.3 Выбор файлов для работы ... 16
2.4.4 Выбор и запуск команд ... 16
2.4.5 Использование файлов помощи ... 17
2.4.6 Выход из системы ... 17
3 Подготовка геологической информации и ввод ее в компьютер ... 18
3.1 Требуемая информация ... 18
3.2 Необходимый персонал и оборудование ... 18
3.3 Ввод числовой/текстовой информации ... 18
3.4 Ввод графической информации ... 22
3.4.1 Работа с дигитайзером ... 22
3.4.2 Работа со сканером ... 23
3.5 Проверка введенной первичной информации ... 24
3.5.2 Ошибки ввода данных ... 24
3.6 Проверка, корректировка и первичная обработка введенной информации. ... 25
3.6.1 Объединение файлов координат, инклинометрии, опробования и геологических характеристик проб ... 25
3.6.2 Ввод текстовой информации в систему Датамайн ... 25
3.6.3 Обработка результатов кернового опробования ... 29
3.6.4 Бороздовые пробы поверхности ... 30
3.6.5 Бороздовые пробы подземных выработок ... 31
3.7 Первичная статистическая обработка данных, композирование ... 33
3.8 Корректировка «ураганных» проб ... 37
3.9 Декластеризация данных ... 38
3.10 Внесение исправлений и дополнений в существующие файлы опробования ... 39
4 Геостатистическое исследование месторождения. ... 40
4.1 Понятие о геостатистике и вариограмме ... 40
4.2 Расчет экспериментальных вариограмм ... 43
4.2.1 Анализ, контроль и группировка исходной информации ... 43
4.2.2 Вариограмма ... 45
4.2.3 Рекомендации по расчету экспериментальных вариограмм ... 48
4.2.4 Исследование экспериментальных вариограмм ... 51
4.3 Подбор моделей вариограмм ... 54
4.3.1 Введение ... 54
4.3.2 Основные типы моделей вариограмм ... 55
4.3.3 Подбор моделей к экспериментальным вариограммам ... 57

4.3.4 Приведение моделей к точечному виду (регуляризация) 58
4.3.5 Пространственная модель вариограммы 60
4.4 Проверка надежности вариограммных моделей 61
5 Создание каркасных моделей месторождений 62
5.1 Оконтуривание рудных тел и зон минерализации 62
5.2 Создание каркасных моделей пространственных объектов 65
5.2.1 Соединение контуров сложной формы 66
5.2.2 Создание выклиниваний рудных тел 67
5.2.3 Проверка вхождения кондиционных проб в каркас 67
5.2.4 «Капризы» программы триангулирования 68
5.2.5 Проверка каркасов и исправление ошибок 68
5.3 Каркасные модели поверхностей. 69
5.4 Манипуляции с каркасами. 70
6 Блочное моделирование месторождений 72
6.1 Структура блочных моделей 72
6.2 Прототип блочной модели 73
6.3 Заполнение каркасов ячейками 75
6.3.1 Модель рудных тел 75
6.3.2 Модель литологии 77
6.3.3 Заполнение контуров ячейками 78
6.3.4 «Обрезание» и объединение моделей 79
6.3.5 Поворот блочных моделей 79
6.3.6 Понятие о процессе UNFOLD 84
6.4 Интерполяция содержаний и других показателей качества руды 85
6.4.1 Процесс GRADE системы Датамайн 85
6.4.2 Процесс ESTIMA системы Датамайн 86
6.4.3 Метод многоугольников (ближайшей пробы) 91
6.4.4 Метод обратных расстояний 91
6.4.5 Обычный кригинг 91
6.4.6 Оценка панелей 94
6.4.7 Индикаторный кригинг 97
6.5 Оптимизация, обновление и пересчет блочных моделей при поступлении информации 98
6.5.1 Оптимизация моделей 98
6.5.2 Дополнение моделей новой информацией 100
7 Оценка рудных запасов 101
7.1 Процессы Датамайн для оценки запасов 101
7.1.1 Процесс MODRES 101
7.1.2 Процесс TRIVAL 103
7.1.3 Процесс TONGRAD 103
7.1.4 Процесс PANELEST 104
7.1.5 Процесс TABRES 104
7.2 Интерактивная оценка запасов в Окне проектирования Датамайн – Студио 105
7.2.1 Оценка по скважинам (блочной модели) 105
7.3 Оценка извлекаемых запасов 108
7.3.1 Понятие об извлекаемых запасах 108
7.3.2 Влияние геометрической базы геологической информации на извлекаемые запасы; эффект основания. 109
7.3.3 Информационный эффект оценки извлекаемых запасов. 112
7.3.4 Возможности Датамайн по оценке извлекаемых запасов 115
7.3.5 Процесс SMUHIS 118
7.3.6 Процесс SMUMOD 120
7.3.7 Процесс FFUNC 121
7.3.8 Оценка извлекаемых запасов без модели месторождения. 121
8 Работа с информацией в Окне проектирования Датамайн-Студио и создание графики 122
8.1 Основные приемы работы с информацией в Окне проектирования 122
8.1.1 Загрузка требуемой информации 122
8.1.2 Визуализер 123
8.1.3 Создание сечений 123
8.1.4 Установка расстояния проецирования 123
8.1.5 Масштаб изображения 123

8.1.6 Передвижение плоскости изображения 123
8.1.7 Сохранение текущей плоскости изображения 124
8.1.8 Создание легенды 124
8.1.9 Настройка изображения данных опробования 124
8.1.10 Изменение стиля сетки 125
8.1.11 Заполнение периметров штриховкой и вывод на экран аннотации 125
8.2 Создание и вывод графики в Окне проектирования 126
8.3 Графические процессы Датамайн 127
8.3.1 Введение 127
8.3.2 Создание прототипа плот-файла 128
8.3.3 Структура плот-файла 129
8.3.4 Подробнее о масштабировании чертежа 130
8.3.5 Компоновка нескольких изображений на одном чертеже 130
8.3.6 Основные графические процессы Датамайн 131
Заключение 132
Литература 132

Введение

Серьезные изменения, происходящие в экономике России и стран СНГ, вносят много нового в работу гоеологических и горнодобывающих предприятий. Измененяются формы собственности, иногда сокращаются объемы производства и услуг, повышаются требования к их качеству, увеличиваются производственные издержки в т.ч. - заработная плата персонала, особенно квалифицированных специалистов и т.п. При выходе горных предприятий на внешний рынок оказывается, что качество их продукции (по мировым стандартам) весьма низкое, и получаемые за нее доходы значительно меньше тех, которые получают аналогичные западные компании.

В этих условиях единственным выходом практически для каждой организации горногеологического профиля является увеличение эффективности производства, т.е. всемерное снижение издержек производства при одновременном повышении качества выпускаемой продукции.

Одним из мощных инструментов для этого является компьютеризация, позволяющая значительно увеличить оперативность и полноту использования всей имеющейся (геологической, экономической, экологической и т.д.) на предприятии информации, а также обеспечить качественно новый уровень принятия оптимальных и гибких управленческих, проектных и плановых решений.

На каждом предприятии имеется широкий круг задач, связанных с обработкой громадного количества информации, многократным повторением однообразных расчетов, требующих вывода большого числа графических материалов. Ниже приведен примерный перечень таких задач, которые можно эффективно выполнять на компьютерах.

Большинство предприятий самостоятельно ведет эксплуатационную разведку своих месторождений, а иногда и доразведку, в процессе которых можно полностью автоматизировать следующие расчеты:

- обработка данных любого опробования и составление геологических карт и разрезов;
- создание трехмерных (каркасных или блочных) моделей рудных тел, топографии, поверхностей тектонических нарушений и т.д.;
- исследование ковариационной геостатистической пространственной структуры анизотропных массивов;
- подсчет и погашение запасов с любыми заданными кондициями и ограничениями ;
- быстрый пересчет ранее полученных результатов при появлении новой информации о месторождении;
- автоматизированный съем данных каротажа с датчиков в поле, перенос их в базу данных по месторождению и расчет по ним необходимых параметров;

- расчет количества и качества руды в блоках и на участках месторождения, намеченных к отработке в процессе планирования;
- оптимизация рудопотоков предприятия по количеству и качеству (включая перегрузочные и усреднительные склады) для обеспечения заданного качества руды, поступающей на переработку.

Среди горных задач, наиболее подходящими для автоматизации являются:

- оптимизация конечных контуров и календарного плана развития карьера по выбранному критерию;
- детальное 3-х мерное проектирование развития отрытых и подземных горных работ с полуавтоматическим построением карьерных дорог и оценкой запасов месторождения, попадающих в контур отработки;
- многовариантное 3-х мерное планирование развития горных работ на любой период времени;
- проектирование буро-взрывных работ на карьерах и шахтах;
- составление календарных графиков добычи руды на период от смены до всего срока отработки залежи;
- геомеханические , вентиляционные, инженерно-строительные и др. сопутствующие расчеты;
- изготовление всех видов чертежей, сопровождающих указанные выше расчеты.

Практически все регулярно проводимые маркшейдерские работы могут быть сегодня выполнены на компьютерной технике, начиная от использования оптических приборов с автоматизированным съемом информации и кончая выдачей готовых маркшейдерских чертежей и планшетов.

В приведенный перечень можно также включить экономические, инженерно-технические, гидрогеологические и другие задачи, для решения которых имеется соответствующее программное обеспечение и достаточный мировой опыт.

Можно отметить, что многие указанные выше работы ранее выполнялись (и в ряде случаев выполняются до сих пор) специализированными проектными, геологическими и научно-исследовательскими организациями. Теперь в этом нет необходимости, и предприятие, освоив компьютерную технологию, может выполнять большинство расчетов самостоятельно, привлекая посторонних специалистов - экспертов (обычно из небольших консультационных компаний) только для решения самых сложных проблем, требующих высокого уровня узкоспециальных знаний.

Говоря о горных компьютерных технологиях, можно выделить 4 главных их преимущества:

ПОЛНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ВО ВСЕХ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧАХ, МАКСИМАЛЬНО ТОЧНЫЙ УЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ;

ВОЗМОЖНОСТЬ МНОГОВАРИАНТНЫХ РАСЧЕТОВ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ПОЛУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ДАЮЩИХ БОЛЬШОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ;

ВОЗМОЖНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РУДЫ;

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ЛЮБЫХ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.

При этом надо обязательно иметь в виду, что первоначальный ввод информации, создание точных моделей месторождений и сети существующих выработок требуют иногда больших затрат труда и времени, сопоставимого с обычными ручными расчетами. Однако, эти затраты сторицей окупаются на последующих этапах работы.

Сегодня для решения специфических горных задач на рынке предлагается более 1000 разнообразных компьютерных программ, пакетов и систем. Естесвенно, что в этих условиях

выбрать то, что наиболее подходит предприятию, очень трудно. Поэтому полезно прежде всего внимательно разобраться со своими потребностями , а также с предложениями различных продавцов.

Каждое предприятие уникально и имеет целый ряд специфических задач, учесть которые не может ни одна даже самая универсальная система. Таким образом, надеяться, что какая-то программа полностью решит все поставленные задачи - нереально.

В то же время практически все предприятия выполняют целый ряд стандартных расчетов, которые хорошо автоматизированы в коммерческих программных продуктах и могут быть эффективно использованы на большинстве карьеров и шахт.

Каждое предприятие само определяет набор применяемых программ. Одни предпочитают приобрести и использовать только одну развитую систему, другие - две или более того, а третьи вообще разрабатывают нужные программы собственными силами.

Предлагаемые на рынке программные продукты можно разделить на 3 класса:

-общедоступные программы
-недорогие коммерческие программы
-интегрированные системы.

Если пользователь, решив сэкономить деньги, будет ориентироваться на первые 2 вида программных продуктов, то он должен будет потратить достаточно времени на поиск нужных программ, а также быть готовым к тому, что придется использовать (создавать) много различных интерфейсов для передачи данных между программами, или постоянно редактировать эти данные перед использованием в следующей программе.

Большие интегрированные системы для персональных компьютеров и Рабочих Станций предлагаются сегодня более, чем 10 компаниями по достаточно высоким ценам. Однако, спрос на эти системы постоянно растет, что свидетельствует о той большой отдаче, которую дает их использование, особенно на больших предприятиях со сложными горно-геологическими условиями.

Среди наиболее распространенных в мире интегрированных систем можно назвать:

- "ДАТАМАЙН" - английской компании MICL (Датамайн Инт.),
- "ВУЛКАН" - австралийской компании KRJA Systems,
- “ДЖЕМКОМ” - канадской компании Gemcom Services Inc,
- "МЕДСИСТЕМ" -американской фирмы Mintec Inc,
- “МАЙНСКЕЙП” - австралийской компании Минком,
- “GDM” – французской компании BRGM и некоторые другие.

Постепенно переходят в класс интегрированных систем такие достаточно мощные пакеты программ, как СУРПАК, МИКРОМАЙН, ТЕЧБЕЙЗ, ГЕОСТАТ и ряд других.

МНПО «Полиметалл уже на протяжении 4-х лет осуществляет оценку минерального сырья и проектирование горных работ на подведомственных предприятиях с помощью современных компьютерных технологий. В частности, в Управлении минерально-сырьевых ресурсов разработана и действует ***«Система управления минеральными ресурсами при отработке месторождений»***, с помощью которой осуществляется управление и контроль за движением запасов полезных ископаемых.

Цель данной Методики – помочь геологическому персоналу Объединения более качественно работать в рамках этой Системы и в конечном счете - более эффективно использовать минерально-сырьевые ресурсы.

Поскольку МНПО «Полиметалл» уже достаточно давно эксплуатирует систему Датамайн – Студио, то изложение материала в Методике будет основано прежде всего на этой системе, а большинство примеров будет также рассматриваться на основе Датамайн.

В Методике рассматривается первый класс геологических задач, связанных *с компьютерным моделированием и оценкой геологических объектов*. Она рассчитана в первую очередь на геологов - практиков, которые имеют вузовскую подготовку по статистике и теории вероятностей. Ни в коей мере нельзя считать эту книгу «Пособием для Чайников», т.к. она адресована квалифицированным, опытным специалистам, которым не надо объяснять основы компьютерной грамотности и современную методологию оценки минерального сырья.

Методическое руководство состоят из 8 глав, введения и заключения. Материал в нем излагается в последовательности, соответствующей реальному процессу подготовки информации и проведения геостатистических исследований и расчетов. При этом достаточно подробно описаны все стадии этой цепи, чтобы начинающий пользователь испытывал как можно меньше дискомфорта в усвоении материала и повторении рекомендуемых технологических операций.

Автор не стремился дать полное теоретическое описание всех тонкостей используемых в расчетах процессов (например – геостатистики), которые искушенный читатель может найти в книгах и статьях, указанных в прилагаемой библиографии. Математический аппарат, приводимый в книге, очень ограничен и оставлен лишь там, где без него не обойтись. Полное описание всех процессов Датамайн читатель может найти в Документации этой системы, значительная часть которой уже переведена на русский язык.

Руководство подготовлено Капутиным Ю.Е., д.т.н.

1 Характеристика системы Датамайн - Студио и основные приемы работы с ней.

1.1 Общие сведения

Компьютерные продукты Датамайн в совокупности сегодня представляют собой наиболее мощную и гибкую систему в мире для моделирования рудных месторождений и проектирования горных работ. Система представляет собой реляционную базу данных (собственная разработка компании) и набор объединенных с ней модулей, которые пользователь может выбирать, исходя из специфики предприятия и решаемых задач.

Датамайн может успешно работать с любыми видами полезных ископаемых: рудами черных и цветных металлов, горно-химическим сырьем, драгоценными камнями, углем, нефтю, индустриальными минералами и т.д.

Система создана английской фирмой МИКЛ (Mineral Industries Computing Limited) в 1981 году, и к настоящему времени эксплуатируется сотнями крупнейших горных и геологических компаний мира.

Главный продукт системы – Датамайн-Студио создан на основе центрального Ядра, обеспечивающего гибкую, всеобъемлющую обработку и графический вывод информации, находящейся в реляционной Базе данных. Датамайн-Студио имеет новый стандартный интерфейс, позволяющий пользователям непосредственно обмениваться информацией с наиболее распространенными в мире компьютерными системами, а также писать макросы с помощью Javascript или VBScript в формате HTML. Эти макросы могут затем загружаться в систему для запуска и сопровождения желаемого пользователем набора процессов Датамайн.

В составе рабочих окон Датамайн-Студио имеется Окно проектирования, которое рассчитано, прежде всего, на интерактивную графику (показ и манипуляция точками, линиями, данными опробования, создание и редактирование каркасных моделей тел и поверхностей, интерактивное создание чертежей).

Система состоит из **Ядра** и отдельных **Модулей** для решения специальных задач. В состав Ядра входит большое число команд и процессов, которые имеют универсальное назначение:

- Манипуляция файлами Базы данных: ввод, вывод, редактирование, объединение, выборочное копирование, изменение системы координат и т.д. и т.п.
- Обработка данных методами классической статистики.
- Обработка результатов опробования: композирование, объединение, расчет вариограмм и т.д.
- Изготовление чертежей

Основные модули Датамайн-Студио:

- **Геостатистический анализ месторождений** включает инструменты для построения вариограмм, их анализа и интерактивной подгонки моделей. Также включает в себя перекрестную проверку выбранных моделей вариограмм (cross-validation), несколько видов трехмерного кригинга, оценку извлекаемых запасов и т.д.
- **Моделирование месторождений.** Этот модуль обеспечивает все возможности для построения, просмотра, оценки и редактирования блочных моделей месторождений. Интерполяция содержаний металлов и других показателей производится традиционными и геостатистическими методами.
- **Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей**. Включает в себя набор полуавтоматических и интерактивных трехмерных инструментов для создания, модификации, показа и оценки замкнутых и топографических каркасных моделей.

- **Моделирование складчатых структур** – технология расчета характеристик и моделирования геологических объектов со складчатой структурой с помощью их развертывания.
- **Маркшейдерские построения и расчеты**. Набор специализированных программ для маркшейдеров, автоматизирующий практически все вычисления, процесс создания и вывод необходимой графики.
- **Проектирование и планирование открытых горных работ**. Включает в себя полуавтоматические и интерактивные трехмерные инструменты для создания, модификации, показа проектов и планов открытых горных работ. Обеспечивает контроль углов откоса уступов и карьерных дорог при их проектировании.
- **Календарное планирование горных работ**. Содержит в себе инструменты, необходимые для многовариантной и эффективной разработки краткосрочных, среднесрочных или долгосрочных планов развития горных работ. План может содержать большое число разных рудопотоков, а также заданное количество целей и ограничений.
- **Оптимизация процесса усреднения руды**. С помощью этого модуля можно оптимизировать характеристики рудопотоков предприятия для заданных критериев качества руды и имеющихся горных ограничений.
- **Краткосрочное планирование открытых горных работ**. Включает в себя инструменты для проектирования размещения буровзрывных скважин в границах блоков на карьерах. Там же имеется программа, позволяющая планировать последовательность отработки этих блоков для получения рудопотоков требуемого качества.
- **Система управления запасами руды на складах** – позволяет оптимизировать рудопотоки на обогатительную фабрику.
- **Проектирование и планирование подземных горных работ.** Содержит полуавтоматические и интерактивные трехмерные инструменты для создания, модификации и показа проектов систем горных выработок на подземных рудниках.
- **Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках.**
- **Оптимизация размещения и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках методом плавающего конуса**. Этот модуль позволяет Вам быстро и легко определить геометрию и наилучшую позицию экономически целесообразных забоев в пределах рудного тела. Процесс работает по известному алгоритму плавающего конуса, используемому для оптимизации карьеров.
- **Трехмерный Стереонет**, предназначенный для анализа структуры месторождения (анализ данных простирания и падения различных систем трещин), и определения углов их пересечения с горными выработками на заданных участках.
- **Многомерная статистика** для анализа геохимической информации

По сравнению с установленной и уже частично освоенной на горных предприятиях МНПО «Полиметалл» системой Датамайн версии 5, Датамайн-Студио имеет следующие отличия и усовершенствования.

1.2 Главные новые возможности Датамайн-Студио (ДС):

- Все процессы и возможности интерактивной графической оболочки ГАЙД находятся теперь в новом окне – Окне проектирования (**Design Window).**
- Для управления проектом введен новый файл (**Project File),** который лучше оперирует с Вашими данными.
- Новый промышленный стандарт позволяет использовать для написания макросов в формате HTTM оболочки JavaScript или VBScript.
- Дополнено 12 новых процессов.
- Введено много усовершенствований в существующие команды.
- Имеется возможность выводить на экран аннотацию для линий и текстовые вставки.
- Визуализер **GVP** теперь встроен в основную программу
- Много улучшений и дополнительных удобств появилось в контекстном меню.
- Технология OLE-DB позволяет открывать нужные файлы с помощью технологии scripts и других соответствующих инструментов.

- Можно использовать в проектах имена файлов длиной до 20 символов.

1.2.1 Новый способ написания Макросов

Датамайн-Студио имеет новый индустриальный стандартный интерфейс, позволяющий писать Макросы (**scripts**) в виде документов HTML, которые могут быть использованы в качестве Макросов для выполнения последовательностей команд Датамайн. Кроме этого, Вы можете использовать написанные в старой системе обычные макросы и файлы с расширением «.cl», а также (при необходимости) создавать их.

Стандарт HTML может использоваться для создания как простых, так и очень сложных графических интерфейсов для автоматизации запуска и управления работой многих процессов. Он заменяет старую команду !SCREEN и дает пользователю массу новых возможностей.

Самый простой путь создания Макроса в новом формате – выбрать команду главного меню "**Tools | Start Script Recording**" и вручную выполнить набор требуемых операций. Но если Вы хотите добавить в Макрос собственный графический интерфейс, то должны изучить Руководство по написанию **scripts** файлов.

Опытные пользователи увидят, что использование COM интерфейса для всех команд Датамайн открывает им неограниченные возможности для интеграции Датамайн во все компьютерные системы их компаний. Теперь команды Датамайн могут быть запущены и выполнены из любого приложения, написанного на языках Access Basic, Sybase Power Builder, Borland Delphi, Visual Basic или C++.

1.2.2 Контекстные меню и команды "modal"

Когда ни одна из команд еще не выбрана, то нажатие правой кнопки мыши вызывает контекстное меню, содержащее ряд команд и возможностей, подходящих к содержанию открытого на экране окна. Если выбрана одна или несколько линий, то такое меню будет показывать процессы, связанные с редактированием линий. Эти меню позволяют выбрать и режим привязывания (точка, линия, сетка).

Доступна также опция отмены выбора линий, точек и т.п. и задания режима такого выбора, например, выбора их прямоугольным контуром на экране и т.п. Клавиши **Ctrl** и **Shift** позволяют дополнить выбранные объекты или переключаться между ними. Можно также указать способ выбора объекта прямоугольником: при полном его вхождении в периметр или просто при пересечении его. Эта функция доступна с помощью диалога "**Tools | Design Settings**".

Командами **Modal** называются такие команды , которые прекращают свое действие только когда нажата клавиша ESC или появляющаяся на экране кнопка с красным крестом.

1.2.3 Аннотация линий

Линии, загруженные в Окне проектирования теперь могут содержать аннотацию, показываемую на экране. Вы можете выбрать одно из следующих мест для такой аннотации:

- Центр линии
- Один из концов
- На заданном интервале вдоль линий
- Там, где линия пересекает определенный пользователем вектор
- У вершин ломаной линии

Вы также можете задавать размер текста, цвет и количество десятичных знаков. Аннотация может быть выключена, как и другие типы данных.

1.2.4 Вставка текста на экране

Вы можете вставить любой текст в Окно проектирования, а также задать размер текста и его цвет. Каждая такая аннотация может быть отредактирована, удалена, изменена в размерах или перемещена с помощью мыши.

Вы можете также добавить в Окно проектирования стрелки, установить их размеры, масштаб, развернуть стрелки и изменить их цвет. Текстовые вставки и стрелки могут быть выключены, как и другие типы данных.

1.2.5 Улучшения в интерактивный подбор моделей вариограмм

Наиболее значительные изменения внесены в интерактивный процесс VARFIT, где Вы можете установить и отредактировать с помощью курсора параметры вариограммной модели. Это делает процесс намного быстрее и удобнее. Основные улучшения перечислены ниже:

- Интерактивный подбор моделей с помощью мыши.
- Показ параметров модели на графическом экране.
- Авто масштабирование границ изображения и интервала сетки, когда дополняется (или удаляется) новая вариограмма.
- Выбор мышью вариограмм для показа или скрытия.
- Автоматический выбор вариограмм в перпендикулярных направлениях.
- Выбор мышью осей модели.
- Показ (по требованию) количества пар и дисперсии проб.
- Удаление точек вариограммы, имеющих недостаточное число пар.
- Улучшенное управление легендой, включая аннотации.
- Легенда включает параметр «БОРТ» для индикаторных вариограмм.
- Переключение между типами сетки.
- Введено новое окно для системных сообщений.
- Улучшен дизайн меню.
- Улучшен online help.
- Максимальное число вариограмм во входном файле увеличено до 500.

1.2.6 Атрибуты линий, точек и каркасов

Теперь Вы можете контролировать, какие поля атрибут будут записываться в выходной файл. Выберите команду "**Format | Attribute Fields Output**" и Вы окажетесь в диалоге, который позволит Вам отредактировать поля выходного файла.

1.2.7 Групповой выбор точек и линий

Много выбранных линий теперь могут быть одновременно использованы в командах:

- smooth-string (сгладить линию)
- reduce-points (сократить число точек)
- condition-string (установить параметры: длину отрезков и углы между ними)
- move-string (передвинуть линию)
- translate-string (скопировать линию в заданное место)
- copy-string (копировать линию)
- rotate-string (повернуть линию)
- erase-string (удалить линию)
- project to Wareframe (спроецировать линию на каркас)

Установленная по умолчанию команда в окне проектирования – выбрать линию. Другими словами, если не выбрана другая команда, то нажав левую кнопку Вы выберете линию. Вы можете выбрать много линий, нажав клавишу **Ctrl** или **Shift.** Клавиша **Ctrl** переключает выбор.

Вы можете выбирать точки или линии по одной или все, которые содержатся в обозначенном прямоугольнике (линия может входить в него полностью или частично). Это же относится и к точкам.

1.2.8 Файл проекта (Project File) программы Датамайн - Студио

Программа создает этот файл, чтобы эффективно организовать Вашу Базу данных. Он в частности освобождает Вас от необходимости держать все рабочие файлы в одной директории, и Вы можете использовать в проекте любые подходящие данные из любых других директорий Вашего компьютера

Файл проекта имеет бинарный формат; он содержит не только информацию о всех файлах Базы Данных. Например, он хранит всю историческую информацию о ранее запущенных командах и процессах. Но более важная особенность его – то, что он запоминает пути к данным в посторонних Базах Данных, откуда поступила информация для какого-то процесса. Используя этот файл, Вы можете обновить Ваши данные без нового прохождения всех стадий импортирования.

Даже, если Вы не имеете доступа к таблицам в коллективных базах данных, способность работать с внешними источниками информации – очень полезна. Например, Файл будет запоминать, откуда Вы загрузили «.DXF» файл или вид модели, полученной из других горных компьютерных систем. Для обновления данных достаточно выбрать опцию "Refresh data".

1.2.9 Временная директория для рабочих файлов

Все временные рабочие файлы (с именами, начинающимися с "**_wk**") могут быть помещены в специальную директорию с помощью переменной окружения TEMP_FILE_PATH. Например, добавление линии “temp_file_path = "d:\temp\" приведет к тому, что все временные файлы будут размещаться в указанной директории. Это создает удобства для пользователей, работающих в сети.

1.2.10 Пользовательский интерфейс для контроля информации на Экране

Настройка Customization и Output окон контролируется опциями меню "**Window | Customization Window"** и "**Window | Output Window**".

- Нажатие клавиш **Shift+Escape** включает полноэкранный режим
- Нажатие правой клавиши на фоне Датамайн Студио вызовет появление меню, которое используется для настройки индивидуальных окон или иконок инструментов.

Вы можете также **настроить размер текста**, показываемого в Окне SCREEN. Для этого необходимо ввести переменную окружения

SCREEN_FONT_MAX_SIZE=20

Это позволит в данном случае установить размер используемого шрифта равный 20. Большинство переменных окружения записываются отдельной строкой в файл **Program Files\datamine\ Environ\local.env.** Более подробные сведения о всех возможных переменных окружения см. в разделе HELP – **Miscellaneous\Environment Variables.**

Для перемещения информации в окне Проектирования Вы можете использовать клавиши с соответствующими стрелками.

Для прекращения действия той или другой команды можно использовать клавишу ESCAPE.

Для изменения максимального количества точек в линии используется переменная окружения

MAXIMUM_POINTS_PER_STRING = 4000

Для изменения цвета графического экрана с черного на белый необходимо выполнить следующие действия:

- Из директории Program Files\datamine\DmStudio.140\Helpfile скопируйте файл guide-white-back.aim в директорию Program Files\datamine\Custom и переименуйте его в guide.aim.
- Из директории Program Files\datamine\ Environ скопируйте файл colour-white-back.env в директорию Program Files\datamine\Custom и переименуйте его в colour.env.

Для обратного изменения цвета графического экрана с белого на черный необходимо выполнить следующие действия:

- Из директории Program Files\datamine\DmStudio.140\Helpfile скопируйте файл guide-black-back.aim в директорию Program Files\datamine\Custom и переименуйте его в guide.aim.
- Из директории Program Files\datamine\ Environ скопируйте файл colour-black-back.env в директорию Program Files\datamine\Custom и переименуйте его в colour.env.

Когда Вы в следующий раз запустите Датамайн, окно проектирования будет нужного Вам цвета.

1.2.11 Встроенный Визуализер (GVP)

Окно визуализера обеспечивает интерактивное 3-х мерное изображение данных в окне проектирования. Он позволяет независимо контролировать все детали объектов, поворачивая

и панорамируя их, а также изменяя масштаб. Визуализер теперь встроен в основную программу и работает более эффективно. Это особенно заметно при работе с большими базами данных.

Изменения изображения достигаются движением мыши с нажатой левой кнопкой и одной из клавиш клавиатуры.

Левая кнопка мыши	Поворот объекта вокруг центральной точки
Левая кнопка + Ctrl	Уменьшение/увеличение масштаба объекта
Левая кнопка + Alt	Панорамирование объекта.
Стрелки	Повороты в разные стороны

Нажатие правой кнопки в окне визуализера вызовет меню, с помощью которого можно менять различные аспекты и характеристики изображения, например – прозрачность загруженных объектов.

Файлы (replay), сохраняющие изображения (кадры) визуализера могут быть созданы заданием переменной окружения:

GVP_SAVE_FILE = "filename"

Таким образом, мы создаем отдельные копии GVP как автономные приложения, чтобы сохранять и просматривать их позже. Если Вы хотите, то Датамайн-Студио может использовать и автономную версию GVP (как в старом Гайде) путем введения переменной окружения

GVP_EMBED = NO

Окно визуализера использует стандарт OpenGL, чтобы создавать изображения, поэтому пользователи должны проверить у поставщика их компьютеров, чтобы в их системах присутствовал акселератор OpenGL для более быстрой и комфортной работы визуализера.

1.2.12 Окно пользователя (Customization Window)

Файл "tab" - это другой способ выбора команд Датамайн. Название команд представлено здесь в виде дерева, отсюда название - "tab file". Для показа и выбора команд также использованы стандарты HTML и JavaScript. Дополнительными файлами такого типа являются script файлы, которые вызываются командой "**Tools | Run script**". Если Вы имеете HTML файл, который хотите загрузить в Датамайн, то дополните его имя в окружение, как показано ниже:

1. Создайте директорию, назвав ее "**Custom**", поблизости от директории **DMStudio.140**, где инсталлирована система (ДС). Обычно это делают так: "**C:\Program files\Datamine\Custom**". Скопируйте Ваш script файл и любые, связанные с ним файлы в эту директорию. Использование этой директории будет предохранять Ваши файлы от перезаписывания при будущих переустановках ДС.
2. Разместите файл "**scriptmenus.tab**" в директории "**C:\Program files\Datamine\DmStudio.140\helpfile**"
3. Откройте этот файл в текстовом редакторе, например – **notepad,** и дополните 2 строки в конец файла, чтобы описать Ваш HTML файл:
   3.1 START_TAB HTML:MyTab,../Custom/MyScriptFile.htm
   3.2 END_TAB HTML:

В результате будет создан дополнительный ярлык, названный "**MyTab**" и в него загрузится файл "**MyScriptFile.htm**"

1.2.13 Настройка панели инструментов

Многие команды имеют свои кнопки на экране. Вы можете создать удобную для Вас панель инструментов и дополнить Ваши собственные команды; см. "**Tools | Customize**". Команды, которые Вы добавляете, могут быть или стандартными командами или именами script файлов с расширением **.htm**. Эти файлы должны быть в рабочей директории или в одной из директорий, указанных в системной переменной **PATH.**

1.2.14 Обеспечение функций OLE DB

Технология OLE DB является индустриальным стандартом – системным программным интерфейсом для данных. Он заменяет ODBC и спроектирован как для собственных, так и для внешних баз данных.

Этот интерфейс позволяет использовать файлы Датамайн непосредственно в других программах, поддерживающих этот стандарт. Например, такие файлы могут быть загружены в Базы данных, подобные Oracle или SQL-Server без прохождения всех стадий экспортирования.

Это означает также, что файлы Датамайн могут быть напрямую использованы такими программами как Seagate Crystal Reports и похожими, поэтому Вы можете автоматически быстро вставить информацию из Датамайн в свой окончательный доклад, который затем может быть отправлен в нужные Вам инстанции.

1.3 Новые команды Датамайн-Студио (ДС)

BHCOUNT

Эта команда создана для последующей обработки выходных файлов, созданных процессом интерполяции ESTIMA. Для нее на входе требуется входной файл проб и файл выходной модели из процесса ESTIMA. Команда создает новый файл модели, включающий поле, в котором содержится информация о количестве скважин, используемых в оценке каждой ячейки модели. Это впоследствии может помочь в присвоении ячейкам модели категории запасов.

CHECKIT

Этот процесс выполняет следующие операции с файлом линий:

- Удаляет дублирующие точки за исключением первой и последней точек;
- Удаляет дублирующие линии
- Записывает исправленную информацию в новый файл

COGTRI

Этот процесс рассчитывает центр тяжести и ориентацию каждого треугольника в каркасной модели. Выходной файл треугольников будет содержать поля: координаты XYZ центра тяжести каждого треугольника и координаты XYZ его трех вершин. Полученная координата Z центров тяжести может быть затем использована для раскраски каркаса разными цветами в зависимости от величины этой координаты.

Процесс может также создавать файл точек, содержащий поля координат XYZ центров тяжести каждого треугольника, вертикального угла и его ориентации, а также – символ поворота. Этот файл может быть использован как входной в процессе StereoNet Viewer.

CONPOL

Этот процесс создает выпуклый многоугольник вокруг множества точек в плоскости X,Y. Чтобы исключить большие пространства внутри многоугольника, которые не имеют точечных данных, может быть задана максимальная длина отрезка (стороны) периметра, который в этом случае будет точно оконтуривать точки, превращаясь в вогнутый многоугольник.

Этот периметр можно также раздвинуть на заданное расстояние от точек. Новый периметр, который записывается в выходной файл, имеет значение PVALUE = 1, а его координата ZP будет равна 0.

DECLUST

Процесс декластеризует множество данных опробования. Обычная практика – отбирать больше проб в богатых зонах, чтобы повысить достоверность опробования. Однако, когда пробы размещены не по регулярной сети, то использование всего множества проб в оценке дает смещенную оценку среднего содержания, дисперсии и гистограммы. Декластеризация – это процесс подбора проб для всего объекта, которые дают представительное множество образцов для несмещенной оценки. Процесс использует наложение на данные регулярной 3-х мерной сетки и подбор для каждой ячейки единственной пробы. При запуске DECLUST можно выбрать один из 4-х методов для выбора этой пробы. На выходе создается таблица со статистическими параметрами для каждого числового поля в выходном файле проб.

DEFPARM

Процесс служит для создания и редактирования параметров файлов, задающих входные данные для процессов XVALID (кросс-валидейшен) и ESTIMA (интерполяция). Если файл параметров не существует, то будет открыт процесс AED и созданы требуемые поля для ввода новых данных. Если файл имеется, то будет открыт процесс AED для возможного редактирования или добавления данных. На выходе процесса создаются (или модернизируются) 3 файла: SRCPARM (параметры пространства поиска), ESTPARM (параметры оценки) и VMODPARM (параметры вариограммы).

EXTRA

Этот процесс делает более легким преобразование любого файла базы данных. Он заменяет популярный процесс GENTRA и позволяет Вам использовать алгебраические выражения для расчета значений новых полей из существующих. Он также сохраняет все возможности и функции процесса GENTRA и добавляет несколько новых, а также позволяет использовать логические выражения IF(если) ... ELSEIF(?) ... ELSE(иначе) ... END для обусловленных преобразований.

Процесс имеет графический интерфейс, который обеспечивает легкий доступ ко всем его возможностям. Заданные Вами преобразования перед использованием проверяются построчно, и о всех ошибках сообщается пользователю.

PANELEST

Процесс оценивает среднее содержания и дисперсию для 2-х и 3-х мерных панелей. Панели определяются, как множество замкнутых линий или как множество 2-х и 3-х мерных разделенных в пространстве точек, представляющих площади или объемы. За один раз можно оценить много панелей. Вы можете выбрать один из 3-х методов интерполяции: ближайшей пробы (БП), Обратных расстояний (ОР) или кригинг. Кроме того, процесс позволит Вам оценить содержание и дисперсию кригинга для:

- Любого периметра (без необходимости создавать блочную модель)
- Любого подмножества ячеек блочной модели.

QUANTILE

Эта команда выполняет квантильный анализ данных опробования. Процесс разбивает все множество проб на квантили и рассчитывает статистику для каждого квантиля. Квантиль – это подмножество сортированных по возрастанию данных, разделенных на классы с равным числом проб. Виды квантилей: квартиль (4 подмножества), десиль (10 подмножеств) и персентиль (100 подмножеств). Число подмножеств (или бинов) определяется параметром QUANTIL1. Верхний бин может в свою очередь разбит на вторичные бины параметром QUANTIL2.

Результаты сохраняются в файле и показываются в выходном окне. Они также могут быть записаны в системный файл.

TONGRAD

Эта команда рассчитывает объем руды, тоннаж и содержание (до 10 полей) по блочной модели. Результаты могут быть классифицированы по 3-м уровням ключевых полей. Выход может быть сохранен в формате Датамайн или в формате CSV для последующего ввода в EXCEL.

WFTREND

Когда из точек создается каркас поверхности командой make-the-dtm в Окне проектирования или командой create-dtm (SURTRI), то часто бывает полезным экстраполировать ее за пределы имеющегося множества точек. Например, для того, чтобы увеличить поверхность пласта или тектонической зоны до пересечения с топографией или удлинить пласт на расстояние радиуса влияния проб.

Процесс расширяет каркас поверхности за пределы границы данных на определенное расстояние продолжая установленный тренд. Входными данными служит множество точек. Границы определяются автоматически, а за их пределами используется тренд.

XVALID

Процесс помогает выбрать параметры для оценки содержаний с помощью использования метода перекрестной проверки (кросс-валидейшен). Он создан вместо процесса PTK3DA, сохраняет все его возможности и добавляет много новых. Процесс также имеет все интерполяционные возможности команды ESTIMA и прибавляет к ним несколько дополнительных. Интерактивные возможности пользователя серьезно улучшены, поэтому Вы можете выполнить полный комплекс исследований, не выходя из процесса.

Входной файл – файл проб, который в дальнейшем будет использован в процессе интерполяции содержаний. Для кригинга можно использовать (для сравнения и оценки) несколько моделей вариограмм. Для метода IPD можно использовать несколько вариантов показателей степени.

Входные данные в процесс XVALID (3 файла параметров) похожи на такие же данные в процессе ESTIMA.

Метод кросс-валидейшен в процессе работы последовательно удаляет каждую пробу и оценивает содержание в этой точке с помощью оставшихся данных. Создается таблица реальных значений и их оценок. Затем производится детальный статистический анализ этой таблицы. Далее изменяется один или более параметров оценки, и процесс повторяется, а полученные результаты анализируются. Поэтому процесс является интерактивным, требующим нескольких запусков для получения лучшего множества входных параметров.

Новые команды в Окне проектирования:

move-plane-forward – Передвигает плоскость изображения вперед на то расстояние, которое было указано для этой команды в прошлый раз. Краткая команда - **'mpf'**

move-plane-backward - Передвигает плоскость изображения назад на то расстояние, которое было указано для этой команды в прошлый раз. Краткая команда - **'mpb'**

clip-outside-perimeter – Удаляет все линии внутри замкнутого контура. Краткая команда - **'cop'**

assign-fill-codes-dhleft – Создает легенду для левой стороны скважины. Краткая команда - **'lg'**

assign-fill-codes-dhright - Создает легенду для правой стороны скважины. Краткая команда - **'rg'**

change-legend-position – Изменяет положение легенды на экране. Краткая команда - **'cpo'**

legend-dhleft-switch – Показывает легенду для левой стороны скважины на панели легенды. Краткая команда - **'slg'**

legend-dhright-switch - Показывает легенду для правой стороны скважины на панели легенды. Краткая команда - **'srg'**

link-quad – Соединяет 2 заданных сегмента линии. Краткая команда - **'lq'**

layer-settings – Определяет установки для верхнего слоя. Краткая команда - **'ovs'**

define-layer-1 - Определяет фильтр для верхнего слоя. Краткая команда - **'ovd'**

1.4 Начало работы с системой Датамайн-Студио

Для того, чтобы использовать этот очень краткий вводный курс, Вы должны убедиться, что имеете версию программы **Datamine Studio** не ниже 1.0. Для проверки этого выберите команду **Help | About Datamine Studio** и прочитайте приведенную там информацию.

Желательно, чтобы Вы имели также инсталлированный Учебник (Tutorial) по этой системе с учебными примерами файлов. Этот учебник при инсталляции по умолчанию устанавливается в директорию **C:\Database\Tutorial.**

Имейте в виду, что, скорее всего, не все процессы Датамайн инсталлированы на Вашем компьютере. Если в процессе работы или обучения Вы попытаетесь запустить закрытый для Вас процесс, то получите соответствующее сообщение системы.

Вы можете изучать Учебник, начиная с любого урока, но рекомендуется все же соблюдать приведенную в нем последовательность. Учебник содержит все требуемые учебные файлы. Когда система попросит Вас ввести имя файла, созданного во время другого урока, то Вы должны добавить в начале имени сохраненного файла символ "_". Например, если Вам надо ввести файл проб holes, то Вы должны набрать его имя, как _holes. Перечень всех учебных файлов дан в списке File Index.

Этот начальный Курс охватывает следующие шаги в освоении Датамайн-Студио:

- Старт системы
- Выбор файлов для работы
- Просмотр содержимого файлов
- Редактирование файлов
- Выбор и запуск команд
- Вызов online помощи
- Выход из системы

Другие функции Датамайн-Студио будут рассмотрены позже в соответствующих разделах Методики.

1.4.1 Старт системы

Выберите программу **Datamine Studio** в списке программ **Windows** или щелкните на соответствующей иконке на Вашем экране.

В появившемся окне выберите имя уже созданного проекта или создайте новый проект в нужной директории с требуемым именем. Если эта директория уже содержит файлы Датамайн, то они будут автоматически включены в проект.

Можно также непосредственно запустить Файл с расширением «.dmd» нужного проекта из Проводника Windows, Нортон Командер или другого приложения.

1.4.2 Изучение интерфейса системы

Панель названия проекта **(Title Bar)** расположена наверху каждого рабочего окна и содержит информацию о названии Окна и об Имени открытого проекта (в квадратных скобках)

Панель Меню **(Menu Bar)** дает Вам доступ ко всем командам Датамайн.

Кнопки инструментов **(Toolbars)** сгруппированы по функциям и обеспечивают быстрый доступ к часто используемым командам. При первом запуске системы на экран выводится стандартный набор кнопок, который Вы можете изменить и настроить для своих нужд с помощью команды **Tools | Customize menu.** Вы можете поместить панели с кнопками в любом месте экрана, а также сделать их неподвижными (вдоль любой границы экрана) или перемещаемыми.

Выбор файлов для работы осуществляется с помощью Окна Базы Данных **(Database Browser)**, которое можно открыть кнопкой **Browse Database.**

Окно команд **(Command Browser)** предоставляет Вам возможность для выбора всех процессов и команд системы аналогично Панели Меню и Кнопкам инструментов, но в другом формате. Оно оставлено в системе для того, чтобы обеспечить совместимость с более ранними версиями Датамайн. РЕКОМЕНДУЕТСЯ для выбора команд и процессов в Датамайн-Студио пользоваться Панелью Меню и Кнопками инструментов.

Окно команд является частью Окна Настройки **(Customization Window)** системы. При первом запуске Датамайн это окно скрыто. Если Вы хотите его открыть, то просто щелкните правой кнопкой на пустом экране после загрузки системы и затем в появившемся Меню выберите команду «**Customization Window».**

Окно вывода информации **(Output Window)** служит для информации пользователя о статусе запущенных процессов и результатах расчетов. Текст в этом окне может быть скопирован или вырезан для переноса в другую программу, или отправлен на принтер. Обычно это окно – плавающее, но может быть закреплено на экране следующим образом:

- Щелкните правой кнопкой на серой рамке окна и выберите нужную опцию в появившемся меню (закрыть окно, сделать его плавающим или закрепить).
- Когда окно закреплено, Вы можете при нажатой левой кнопке (курсор должен помещаться на верхней границе окна) передвинуть его к любой границе экрана и изменить его размеры.

Окно Проектирования (Design Window) служит для интерактивных графических работ, выполняемых пользователем. Запомните, что команды проектирования выполняются только тогда, когда Окно Проектирования активно, т.е. когда его верхняя часть имеет темно-синий цвет. Для того, чтобы сделать это Окно активным, щелкните в его пределах левой кнопкой мыши.

Окно визуализера **(Visualizer Window)** служит для показа в 3-х мерном виде (режим rendering) любых объектов (или их частей), имеющихся в Окне Проектирования. Вы можете с помощью мыши развернуть или передвинуть это изображение, а также изменить его масштаб.

Окно вывода Графики **(Graphics Window)** служит для показа созданных плот-файлов (чертежей).

Панель состояния системы **(Status Bar)** размещается внизу экрана и служит для вывода сообщений о статусе системы и различных подсказок пользователю.

1.4.3 Выбор файлов для работы

Файлы (или таблицы) в Базе Данных хранятся в бинарном формате, что экономит дисковое пространство и увеличивает скорость обработки информации. Чтобы увидеть содержимое Базы Данных необходимо выбрать кнопку на экране **Browse Database** или соответствующую команду Меню.

Файлы Базы данных сгруппированы по их типам. Чтобы посмотреть содержимое каждой группы, необходимо щелкнуть на кнопке этой группы, например – «Скважинные пробы» (**Downhole Sample)** или «Все файлы» **(All).**

Информация о файле Базы Данных (Характеристика полей и число записей) будет показана в правой части окна, если Вы выделите нужный файл с помощью мыши.

Эта информация будет выглядеть следующим образом.

ИМЯ ФАЙЛА (NAME)	1-8 символов
ТИП (TYPE)	N - числовой, A – буквенно-числовой
СОХРАНЯТЬ (STORED)	Y – означает, что величины будут сохранены в каждой записи. N - означает, что это поле содержит постоянную величину, которая сохранена в заголовке таблицы как значение по умолчанию.
ПО УМОЛЧАНИЮ (DEFAULT)	Значение по умолчанию для этого поля.

В нижней части экрана будет показана дополнительная информация об этом файле:

- Каким процессом и когда он был создан
- Число записей в файле
- Директория, где файл размещен

Чтобы увидеть содержимое Файла, щелкните 2 раза на его имени в Базе данных. Заголовок таблицы и ее содержание будут показаны в Окне вывода информации. Для перехода к следующей странице выберите «**Continue**». Чтобы закончить просмотр, выберите «**Cancel**».

Вместо двойного щелчка Вы можете нажать правую кнопку мыши и увидеть новое Меню с набором полезных команд, из которых выбрать нужную.

Чтобы отредактировать содержание файла (таблицы) щелкните по нему правой кнопкой и выберите опцию «Редактировать» (**Edit**). Файл будет загружен в системный редактор и показан на экране. Для передвижения по экрану используйте стрелки и клавиши Pg Up, Pg Dn. Для ввода нового значения выберите нужную ячейку, наберите нужную величину внизу экрана и нажмите ввод. Для сохранения введенной информации необходимо выбрать внизу экрана опцию (кнопки) «Выход с сохранением». Если случайно окажется, что кнопки не видны, следует предварительно изменить размеры окна.

1.4.4 Выбор и запуск команд

Система имеет свыше 350 команд и процессов, включающих в себя как простые действия (показ и редактирование файлов), так и очень сложные процессы, например – кригинг содержаний по блочной модели месторождения. Кроме того, окно проектирования

имеет свой многочисленный набор команд, которые также доступны как из меню, так и с помощью соответствующих кнопок.

Большинство часто используемых команд входят в состав Меню или выведены нв панель инструментов в виде кнопок. Чтобы запустить процесс, достаточно просто щелкнуть по кнопке или пункту меню левой кнопкой мыши.

Например, выберите категорию команд «Применения» (**Applications**) в Меню и из появившегося меню выберите команду «**Statistics | Compute Statistics**». На информационном экране появится диалог команды STATS, который как обычно состоит из 4-х панелей для ввода исходной информации. Эта команда будет рассчитывать основные статистические показатели для требуемых полей выбранного Вами файла.

После ввода исходной информации и нажатия кнопки «Пуск» (**OK)** процесс будет запущен, и в информационном окне будут показаны результаты расчета.

Ниже приведены некоторые полезные команды.

Команда	**Меню**	**Описание**
Copy File - COPY	Edit | Copy File	Копирует файл Базы Данных
Delete Datamine File - DELETE	Edit | Delete File	Удаляет файл Базы Данных
Sort File - MGSORT	Data | Sort	Сортирует файлы
redraw-display	View | Refresh Display	Обновляет информацию в Окне проектирования
Update-Visualizer-Objects		Модернизирует информацию в Окне визуализера в соответствии с содержанием Окна проектирования.

1.4.5 Использование файлов помощи

Система содержит несколько возможностей оказания информационной помощи пользователям.

Выберите команду «**Contents**» в Меню «**Help**», чтобы посмотреть оглавление файлов помощи.

Выберите кнопку «**Help**» в Информационном окне при запуске любого процесса, чтобы посмотреть информацию по данному процессу.

Проведите курсором по любой кнопке на экране, и Вы увидите информацию о назначении этой кнопки.

После запуска процесса выделите требуемый параметр (поле, файл и т.д) на панелях исходных данных, и Вы увидите информацию об этом параметре внизу окна (**Autohelp**).

Вместе с системой поставляется полный набор документации на диске СД. Она составлена в формате PDF и может быть прочитана с помощью программы Acrobat Reader, также имеющейся на этом диске.

1.4.6 Выход из системы

Чтобы выйти из системы, выберите команду «Выход» (**Exit**) из Меню или кнопку с крестом в правом верхнем углу Окна. Если какая-то информация осталась не сохраненной, система предупредит Вас об этом.

2 Подготовка геологической информации и ввод ее в компьютер

2.1 Требуемая информация

Для создания полной модели месторождения и оценки его запасов обычно необходим следующий набор информации, введенной в компьютер:

ЧИСЛОВЫЕ И ТЕКСТОВЫЕ ДАННЫЕ:

1. По скважинам:
   - Координаты устьев выработок
   - Данные инклинометрии
   - Данные опробования
   - Другие характеристики скважин (каротаж, выход керна, гидрогеология, литология, стратиграфия и т.д.)
2. По поверхностным выработкам (канавам, траншеям и т.п.)
   - Каталог маркшейдерских точек по трассам выработок
   - Данные опробования
   - Другие характеристики выработок (литология, стратиграфия, тектоника и т.д.)
3. По опробованным подземным выработкам
   - Каталог маркшейдерских точек по трассам выработок
   - Данные опробования
   - Другие характеристики выработок (литология, стратиграфия, тектоника и т.д.).

ГРАФИКА:

1. Топография поверхности месторождения
2. Геологические планы и разрезы с нанесением контуров рудных тел, зон, подсчетных блоков (если необходимо), литологических и стратиграфических границ, тектонических нарушений и т.п.
3. Планы подземных горизонтов с нанесением контуров стенок выработок
4. План опробования поверхности с трассами траншей (канав).

Вся эта информация вводится из максимально достоверных источников, обычно непосредственно на предприятии, где всегда легче получить недостающие данные или требуемое разъяснение по непонятным вопросам. Желательно, чтобы в этой работе участвовали геологи, хорошо знающие месторождение. Это значительно сокращает время работы, облегчает поиск требуемых данных и их сортировку.

2.2 Необходимый персонал и оборудование

Для ввода текстовой информации потребуются специалисты, умеющие быстро и АККУРАТНО печатать на компьютере (пишущей машинке). Хорошо, если они умеют работать с программой Microsoft Excel. Количество требуемых работников зависит от отведенного на ввод информации времени и наличия компьютеров.

Ввод графики осуществляется либо с помощью дигитайзера, либо сканером. По трудоемкости и затратам времени эти технологии примерно одинаковы, каждая имеет свои преимущества и недостатки. Выбор зависит от предпочтений пользователя, наличия необходимого оборудования, программ и опыта работы.

Итак, для ввода исходной информации в компьютер необходимо иметь:

- Персональные компьютеры с установленным пакетом Microsoft Office
- Дигитайзер или сканер формата А0 или близкого к нему
- Систему Датамайн или Автокад для обработки и редактирования графических файлов

2.3 Ввод числовой/текстовой информации

Ввод числовой/текстовой информации обычно производится с помощью программы Microsoft Excel в виде таблиц, формат которых соответствует формату файлов Датамайн. Необходимая информация извлекается из первичных геологических материалов, достоверность которых не вызывает сомнения. Существуют 2 подхода:

1. Информация вводится в том виде, в котором она содержится в первичной документации. Этот подход несколько ускоряет работу особенно, если ею занимается не очень квалифицированный персонал.
2. Таблицы вводятся в формате, соответствующем файлам системы Датамайн.

Чаще всего используют первый подход. После ввода и проверки информации она преобразуется в требуемый формат непосредственно в программе Excel, а затем вводится в Датамайн. Как правило для каждого вида опробования создаются несколько отдельных таблиц :

1. Скважины:
   - Файл координат устьев (табл. 2.1).
   - Файл инклинометрии (табл. 2.2).
   - Файлы опробования, литологии, каротажа, гидрогеологии и т.п.(табл. 2.3, 2.4).
2. Поверхностные выработки (канавы, траншеи и т.п.)..
   - Каталог маркшейдерских точек по трассам выработок (табл. 2.5)
   - Данные опробования и другие характеристики выработок (литология, стратиграфия, тектоника и т.д.) – (табл. 2.3, 2.4).
3. Опробованные подземные выработки
   - Каталог маркшейдерских точек по трассам выработок (табл. 2.5).
   - Данные опробования.
   - Данные опробования и другие характеристики выработок (литология, стратиграфия, тектоника и т.д.) – (табл. 2.3, 2.4).

Таблица 2.1. Координаты устьев скважин

Номер скважины* (BHID)	X-координата** (XCOLLAR)	Y-координата ** (YCOLLAR)	Z-координата (ZCOLLAR)

*- Номер скважины лучше вводить в текстовом формате с использованием всех букв и символов, которые использованы в первичной документации. Для облегчения манипуляции с этим полем в будущем удобно создавать дополнительное цифровое поле, в котором удобно использовать принятую пользователем кодировку номеров разведочных выработок

**- В системе Датамайн используется стандартная ориентация координатных осей: X – направлена на Восток, а Y – на Север. Если в первичной документации принята другая ориентация осей, то необходимо привести ее в соответствие с Датамайн. Это делается изменением имен соответствующих полей таблицы.

Таблица 2.2. Данные инклинометрии

Номер скважины* (BHID)	Расстояние от устья до точки замера** (AT)	Азимут***(BRG)	Вертикальный угол****(DIP)

*- Номер скважины должен быть одинаковым во всех файлах. Если упомянутый в других таблицах номер выработки отсутствует в таблице инклинометрии, то она по умолчанию считается направленной вертикально вниз

**- Каждая выработка в этой таблице должна иметь первую точку замера в устье, т.е. AT1=0.

***- Этот угол измеряется от 0 до 360 градусов по часовой стрелке от Северного направления (Ось Y). Сюда должен вводится истинный азимут с поправкой на величину магнитного склонения.

****- Вертикальный угол измеряется от 0 (горизонтальная плоскость) до 90 градусов (вертикаль – вниз) или до -90 градусов (вертикаль – вверх). Часто в первичных материалах эти углы измеряют от вертикали, поэтому при любом сомнении следует проверять ориентацию выработки на графике и при необходимости – пересчитывать этот угол.

Углы в первичной документации часто измеряются в градусах/минутах. Система Датамайн использует эти угловые величины в виде десятичных дробей, поэтому для пересчета используется простое преобразование. Дробная часть десятичного числа рассчитывается как частное от деления числа минут на 60.

Таблица 2.3. Результаты опробования скважин

Номер выработки (BHID)	Горизонт	Рудное тело	Номер пробы	Интервал		Au**	Ag	Cu	Тип руды
				От * (FROM)	До (TO)				

*- Первая запись в этой колонке таблицы должна быть 0, т.е. первый интервал всегда должен начинаться от устья выработки

** Если данные опробования отсутствуют, то обычно вводят символ «-» или оставлять ячейку свободной; если в геологических документах указано «СЛЕДЫ», то вводят обозначение «TR». Система Датамайн понимает эти кодировки. В статистических и оценочных расчетах вместо «TR» используется значение 0.

После номера скважины обычно следует ряд полей, определяющих принадлежность выработки к тому или иному горизонту, рудному телу, подсчетному блоку и т,д, В случае подземных выработок (иногда - траншей) вводится дополнительное поле «Стенка выработки», т,к, пробы могут размещаться по обеим (иногда – по 4-м) или только по одной стенке.

Полей, характеризующих качество руды, может быть сколько угодно. Главное, чтобы интервал опробования у них был одним и тем же. Если проба испытывалась 2-мя и более способами (например, пробирным и атомно-адсорбционным), то для каждого вида опробования надо определять свою колонку (поле).

Таблица 2.4. Литологические данные (стратиграфия, выход керна, каротаж, гидрогеология, геомеханические параметры и т.п.)

Номер выработки (BHID)	Горизонт	Рудное тело	Интервал		Код породы 1	Код породы 2
			От * (FROM)	До (TO)		

Таких таблиц может быть создано сколько угодно. Отдельная таблица создается каждый раз, когда о данной выработке имеется дополнительная информация, но интервалы измерения ее не совпадают ни с одной из других таблиц.

Если информация может вводиться в числовом виде, то она вставляется в таблицу непосредственно (например – выход керна, прочность породы, данные каротажа и т.д). Геологические параметры обычно предварительно кодируются с помощью наборов букв или цифр. Лучше использовать для этого Английский алфавит.

Таблица 2.5. Каталог маркшейдерских точек выработок.

Номер выработки (BHID)	Номер точки	Координаты точки		
		X	Y	Z

Для того, чтобы этот файл на графическом экране Датамайн изображался в виде линии, необходимо предварительно преобразовать его в требуемый системой формат. Для этого нужно ввести в таблицу 2.5 дополнительных поля: PVALUE (Номер линии) и PTN (Номер точки в линии), а поля координат обозначить XP YP ZP. Кроме того, стандартное для Датамайн имя поля названия выработки (BHID) следует заменить на другое (например – DRIVE, TRENCH или что-нибудь более подходящее). Окончательно, таблица 2.5 будет выглядеть следующим образом (табл. 2.6.).

Таблица 2.6. Линии (трассы) выработок.

Номер выработки (DRIVE)	Номер линии (PVALUE)	Номер точки (PTN)	Координаты точки		
			XP	YP	ZP

В результате этой работы в компьютер будет введена вся доступная первичная текстовая информация в требуемом Датамайн формате. Следует следить, чтобы в колонках (полях), имеющих числовой формат, не содержались данные в ином формате, например текстовом. При импорте в Датамайн такая информация будет потеряна. При настройке программы Excel по умолчанию, такие данные будут сразу заметны, т.к. они обычно прижаты к левому краю ячейки, в то время когда цифровая информация – к правому краю.

При вводе маркшейдерских точек для подземных выработок следует уточнить, где устанавливались эти точки: в подошве, кровле или на стенке выработки, размеры выработок, а также – на какой высоте от подошвы отбирались пробы. Эти данные необходимы для последующего точного размещения проб в 3-х мерной модели месторождения.

Для преобразования данных опробования по выработкам в единый файл с трехмерными координатами каждой пробы система Датамайн требует как минимум 3 файла: координат устьев, инклинометрии (если его нет, то выработка считается вертикальной) и опробования. Обычно вся эта информация изначально имеется только для скважин. Для бороздовых проб данные о координатах устьев и инклинометрии можно получить в программе Excel из каталога маркшейдерских точек выработок.

Первая маркшейдерская точка в большинстве случаев является координатой устья данной выработки. Эти точки по всем выработкам должны быть собраны в одну таблицу (см. табл. 2.1). Для получения более точного пространственного положения бороздовых проб необходимо изменить координату Z устья выработки на величину расстояния (+ или -) по высоте между маркшейдерскими реперами и уровнем бороздовых проб. Кроме того, если опробовались 2 стенки выработки, то в файле должно быть 2 начальные точки, отстоящие (по горизонтали) от первой маркшейдерской точки на половину ширины выработки (+ и -). Если опробована всего одна стенка, то соответствующая манипуляция выполняется только для единственной начальной точки.

Файл инклинометрии (см. табл. 2.2) рассчитывается в программе Excel с помощью преобразования координат маркшейдерских точек (Табл. 2.7).

Таблица 2.7. Расчет данных инклинометрии (формат Excel)

	B	C	D	E	F	G	N	I	J	K	L	M
	№ пикета	Координаты			BRG	DIP	Вспомогательные переменные					AT
		X	Y	Z	7	8	1	2	3	4	5	6
7	0	35838.70	58435.95	184.00	94.41	0.00	0.00	94.41	6.24	0.00	0.00	0.00
8	1	35838.22	58442.17	184.00	94.41	0.00	1.17	92.75	9.78	1.17	6.24	3.12
9	2	35837.75	58451.94	183.80	92.75	1.17	0.79	95.46	10.10	-0.79	16.02	11.13

Примечания:

1. Номера пикетов (точек) должны начинаться с 0
2. Координаты пикета 0 – координаты устья выработки
3. Формулы в столбцах (например, для строки 8, русский Excel):
   - 1: =90-ABS(ГРАДУСЫ(ATAN(КОРЕНЬ((C9-C8)^2 + (D9-D8)^2)/(E9-E8))))
   - 2:=ЕСЛИ(D9-D8<0, 270-ГРАДУСЫ(ATAN((C9-C8)/(D9-D8))),90-ГРАДУСЫ(ATAN((C9-C8)/(D9-D8))))
   - 3: =КОРЕНЬ((C9-C8)^2+(D9-D8)^2)
   - 4: =ЕСЛИ(E9-E8>0,H8*(-1),H8)
   - 5: =ЕСЛИ(B8=0,0,(J7+L7))
   - 6(AT): =ЕСЛИ(B8=0,0,(L7+J7/2))
   - 7(BRG): =ЕСЛИ(B8>0,I7,I8)
   - 8(DIP): =ЕСЛИ(B8>0,K7,K8)
4. В полученной таким образом таблице для создания файла инклинометрии используются поля: BHID, AT, BRG, DIP

5. При сложных трассах траншей (подземных выработок) и очень пересеченной местности рекомендуется использовать технологию, описанную в разделах 2.6.4 и 2.6.5.

Таким образом, с помощью программы Excel мы получаем для всех видов опробования полные наборы файлов, для последующего их преобразования в системе Датамайн.

2.4 Ввод графической информации

Система Датамайн может работать только с векторной графикой. В ней предусмотрено 2 способа ввода такой информации:

- Непосредственный ввод Дигитайзером
- С помощью импорта векторных изображений из других программ (например, из Автокада)

В свою очередь, другие специализированные графические редакторы (Автокад, Корел Дро и т.п.) позволяют вводить и обрабатывать растровые изображения с помощью сканера, которые затем преобразовываются в векторные с помощью специальных приложений.

2.4.1 Работа с дигитайзером

С помощью дигитайзера можно непосредственно вводить в Окно проектирования графическую векторную информацию с планшетов и карт в 3-х мерном виде. Дигитайзер – это специальный стол (или лист гибкого рулонного материала), в который вмонтирована система электрических контактов для точного определения места нахождения курсора, напоминающего компьютерную мышь. Обычно дигитайзер работает только с графикой на диалектической подложке (бумага, картон и т.п.), но существует оборудование, которое способно работать и с металлическими подложками.

С Датамайн могут работать практически все выпускаемые типы дигитайзеров. Подключение и настройка этого оборудования обычно выполняется специалистами по инструкции, имеющейся в составе документации к системе.

Когда дигитайзер подключен, система Датамайн запущена, а Вы имеете набор графики для ввода в компьютер, то надо последовательно пройти следующие шаги:

1. Напечатайте на принтере меню Дигитайзера. Для этого запустите в Датамайн макрос «digimenu.mac». Просто выберите команду “Run macro” и напечатайте в появившемся окне имя этого Макроса. Вберите опцию 12 для ‘Guide’ menu. В результате будет создан плот-файл “guide.m.dm, который с помощью процесса PDRIVE можно вывести на плоттер (в формате А4) или перевести в форматы «.PLT», «.DXF» для распечатки с помощью программ Corel Draw или Автокад соответственно (рис.2.1). Строго выдерживать формат А4 при этом не обязательно. Меню крепится в удобном месте Дигитайзера, обычно – в нижнем левом углу.
2. Закрепите на дигитайзере нужный Вам чертеж (планшет). Переключите в Датамайн переключатель между режимами Дигитайзер – Курсор (команда «**digitiser»**) в положение «Дигитайзер». Далее следуйте указаниям программы:
   - Введите с клавиатуры реальные координаты для 3-4-х известных (опорных) точек установленного на дигитайзере чертежа (обычно – пересечений линий сетки)
   - С помощью курсора в той же последовательности щелкните (по возможности - точнее) на каждой из этих точек.
   - Щелкните курсором еще на одной (контрольной) точке чертежа, координаты которой не были введены. Система рассчитает координаты этой точки и покажет на экране. Если точность этих координат Вас устраивает, то нажмите кнопку «OK».
   - Укажите курсором левую и правую точки в нижней части закрепленного меню. Теперь оно стало активным, и Вы можете управлять дальнейшей работой с его помощью
3. Дигитайзер готов к работе. Для перехода в режим «Курсор» необходимо выбрать соответствующий пункт в меню Дигитайзера. Теперь Вы снова сможете работать, используя все команды и возможности Окна проектирования.

CURSOR/DIGITISER	HELP
YES	NO
ACCEPT	CANCEL
NEW STRING	SELECT STRING
CLOSE ALL	OPEN ALL
CLOSE STRING	BREAK STRING
QUERY STRING	QUERY POINTS
QUERY LINE	REFERENCE POINTS
DELETE POINTS	MOVE POINTS
INSERT POINTS	EXTEND STRING
SMOOTH STRING	REDUCE POINTS
ERASE STRING	ERASE ALL STRINGS
REVERSE STRING	JOIN STRINGS
GET STRING	GET ALL STRINGS
WRITE STRING	WRITE ALL STRINGS
SNAP MODE	RESET VIEW
REDRAW	PAN DISPLAY
ZOOM IN/OUT	ZOOM OUT
VIEW ALL	NEW POINT
NOT ACTIVE	NOT ACTIVE
NOT ACTIVE	NOT ACTIVE

DATAMINE MINING SOFTWARE GUIDE v2.3

]

Рисунок 2.1. Общий вид Меню дигитайзера

Основные приемы работы с дигитайзером

Дигитайзер предназначен для ввода линий (в основном) и точек Прежде чем начать работу, определите для себя, какие параметры Вы должны ввести для каждой линии. Это может быть: принадлежность к рудному телу, литологическому типу пород, выработке и т.д и т.п. Поэтому, чтобы программа предусмотрела ввод нужной информации для каждой линии, необходимо «заказать» дополнительные атрибуты перед началом ввода данных.

Перед вводом каждой линии Вас спросят ввести тип и цвет линии, а также параметры всех дополнительных атрибут, которые Вы установили. После этого Вы должны курсором (по точкам) ввести нужную линию и проверить ее расположение на экране Окна проектирования Датамайн.

После окончания работы с данным листом требуется установить новый чертеж и повторить процесс ввода новых опорных точек.

Особого внимания требует установка опорных точек для вводимых чертежей вертикальных сечений. Обычно на горизонтальных линиях сетки всегда указывается координата Z, а на вертикальных - одна из горизонтальных координат: X или Y. Для того, чтобы в будущем правильно преобразовать двухмерные координаты в трехмерные, требуется без ошибки распознать, какая из горизонтальных координат вводится в данном случае. Кроме того, на одном из горизонтальных планов надо ввести линии всех вертикальных сечений.

Использовать дигитайзерный ввод можно не только в Датамайн. Те, кто хорошо освоил программу Автокад, могут делать это там, а затем переносить «.DXF» файлы в Датамайн. Наиболее сложным здесь, на наш взгляд, является правильная привязка координатной системы вводимых чертежей.

2.4.2 Работа со сканером

В последнее время все большее распространение получает ввод сложной горной и геологической графики в растровом виде с помощью сканера. По трудозатратам эта технология в общем равнозначна вышеописанной.

Последовательность действий по вводу в Датамайн растровой графики примерно следующая:

- Требуемое изображение снимается сканером и сохраняется в памяти компьютера.
- Специальные программы используются для улучшения качества растрового изображения: очищается серый фон, "рыхлая" графика, находятся потерянные и слипшиеся линии
- Затем этот файл загружается в одну из программ векторизации графики, например – в приложение Автокада «Растр Деск Про».
- Нужные линии изображения векторизуются в интерактивном или автоматическом режиме. Точкам полученных линий присваиваются известные 3-х мерные координаты и атрибуты.
- Полученный таким образом файл линий сохраняется в формате “.DXF” и затем импортируется в Датамайн

Самая трудоемкая часть работы здесь векторизация, в процессе которой в изображения могут быть внесены ошибки.

2.5 Проверка введенной первичной информации

Рассматриваемые здесь ошибки исходных данных имеют разное происхождение и природу. Полностью их исправить невозможно, однако, используя некоторые, описанные ниже правила, можно серьезно сократить их количество.

2.5.1 Ошибки первичных геологических материалов

Они встречаются очень часто и в большом количестве. Это могут быть элементарные (грубые) ошибки координат, которые легко обнаружить после сопоставления, например, табличных данных с графикой и с изображениями, полученными в Датамайн. Хуже, когда такие ошибки незначительны и распространяются, например, на содержания металлов в руде. Такие ошибки практически неустранимы. Чаще всего ошибки связаны с некачественной перепечаткой многотомных геологических отчетов, неаккуратным заполнением первичных журналов, паспортов скважин и т.п.

2.5.2 Ошибки ввода данных

После ввода в компьютер информация обязательно должна быть тщательно проверена. Существует несколько методик проверки.

А) После ввода какой-то части информации посторонний персонал сверяет 10% введенных данных с первоисточниками. Если ошибки встречаются более чем в 10% записей, то снова проверяется уже 50% введенной информации. Если и в этом случае уровень ошибок превышает допустимый, то перепроверяется уже вся введенная информация, а выявленные ошибки тщательно исправляются. Затем процесс проверки повторяется до тех пор, пока уровень ошибок на первом этапе не будет выходить за пределы допустимого уровня. У каждой компании существует свои технологии проверки данных и нормативы допустимых ошибок.

Б) Одни и те же данные вводятся одновременно двумя операторами, независимо друг от друга. После этого, 2 полученные таблицы сортируются и сравниваются в Excel. Отличающиеся строки отбраковываются и снова вводятся одновременно двумя операторами, а затем снова сравниваются. Как правило, количество таких итераций достигает трех-четырех. Только после достижения полного соответствия информации, введенной двумя независимыми операторами, она считается принятой, и может использоваться в дальнейшей работе.

С) Введенные дигитайзером графические материалы выводятся на плоттер в масштабе оригинала и печатаются на прозрачной бумаге. После этого они накладываются на оригиналы, и все выявленные ошибки и отклонения устраняются либо новым вводом данных дигитайзером, либо корректировкой информации непосредственно в Датамайн. Таким же образом поступают при проверке введенной и обработанной информации по скважинам и бороздовым пробам. С первичными материалами сравнивают информацию, полученную в системе Датамайн и выведенную на кальке в том же масштабе:

- Горизонтальные проекции наклонных скважин
- Планы размещения скважин и топография поверхности
- Планы опробования подземных выработок и поверхности

- Основные геологические разрезы по месторождению

2.6 Проверка, корректировка и первичная обработка введенной информации.

Поскольку текстовая информация вводится в компьютер с помощью программы Excel, то следующим шагом является импорт ее в систему Датамайн, проверка и преобразование (desurveying) данных опробования. Здесь каждый вид проб имеет свою специфичную технологию и, иногда, несколько способов реализации.

После просмотра на экране полученных 3-х мерных файлов проб и устранения случайно оставшихся грубых ошибок в координатах, производится сверка всех полученных планов и разрезов с первичными графическими материалами, а затем – композирование, устранение «ураганных проб» и первичная статистическая обработка данных опробования,

2.6.1 Объединение файлов координат, инклинометрии, опробования и геологических характеристик проб

На первом этапе следует преобразовать информацию о пробах в 3-х мерный вид, когда каждая проба имеет собственные 3-х мерные координаты центра, инклинометрию, все параметры опробования, геологические и другие характеристики.

2.6.2 Ввод текстовой информации в систему Датамайн

Прежде всего, следует ввести все полученные нами файлы в систему Датамайн. Это удобно делать с помощью специальных макросов, где описываются все параметры переменных вводимых таблиц, а также – с помощью функции импорта данных в систему Датамайн. Лучше всего сначала сохранить в Excel требующие импорта таблицы в отдельных файлах текстового формата «.CSV» **с названиями колонок (полей) на английском языке и сохранением стандартных названий полей системы Датамайн.** Это позволит Вам в дальнейшем испытывать меньше дискомфорта, работая с процессами системы. Желательно сохранить следующие стандартные поля в заголовках импортируемых таблиц (Названия полей лучше набирать прописными буквами):

- **BHID** (Номер выработки) - алфавитно-цифровая переменная длиной 8-10 символов.
- **XCOLLAR, YCOLLAR, ZCOLLAR** (Координаты файла устьев выработок) – числовая переменная.
- **FROM** (Начало интервала опробования) - числовая переменная.
- **TO** (Конец интервала опробования) - числовая переменная.
- **SAMPLE** (Номер пробы) – часто, алфавитно-цифровая переменная из-за использования индексов.
- **AT** (Глубина точки замера инклиномктрии)) - числовая переменная.
- **BRG** (Азимут) - числовая переменная.
- **DIP** (Вертикальный угол) - числовая переменная.
- **PVALUE** (Номер линии в файле линий) - числовая переменная.
- **PTN** (Номер точки в линии) - числовая переменная.
- **XP, YP, ZP** (Координаты файла линий) - числовая переменная.
- **XPT, YPT, ZPT** (Координаты файла точек) - числовая переменная.
- **DENSITY** (Плотность породы) - числовая переменная.
- **COLOUR** (Цвет) - числовая переменная.

Остальные поля можно называть как угодно, лишь бы по названию можно было догадаться о примерном содержании этого поля, например: LITHOL (литологический код), ROCK (тип породы), ORE (тип руды), COREC (извлечение керна) и т.д и т.п.

Бывает полезно в большинстве случаев вводить дополнительное **числовое** поле (например, **BLID**), которое дублирует поле **BHID,** но имеет более приемлемый для сортировки и фильтрации данных вид. Например, если в общем файле проб содержатся данные о нескольких видах опробования, то целесообразно (в файле Excel):

- Отсортировать первичный файл по полю **BHID**
- Принять, что номера скважин детальной разведки начинаются с 1 (№ 1 – 199), доразведки – с 200 (№ 201 и далее), эксплоразведки – с 500, бороздовые пробы траншей – с 1000, бороздовые пробы подземных выработок – с 2000 и т.д

- Распечатать для удобства таблицу соответствия полей **BHID** и **BLID**

Теперь Вы сможете при необходимости в нужный момент вывести на экран или обработать статистической программой любой требуемый вид информации. Достаточно просто установить фильтр по значению поля **BLID.** При этом исходные номера выработок сохраняются в файле, т.е. всегда могут быть выведены на чертеж и т.п. *Однако, часто эти изменения удобнее вводить в уже готовый (объединенный) файл опробования.*

После всех этих манипуляций у Вас окажется набор файлов в формате «.CSV» (текстовые данные, разделенные запятой). Вид такого файла, открытого в текстовом редакторе, показан в табл. 2.8.

Таблица 2.8. Пример файла линий в формате «.CSV»

```
PVALUE,PTN,XP,YP,ZP
1,1,58500.9,35833.87,183.1
1,2,58490.82,35834.55,183.32
2,1,58500.9,35833.87,183.1
2,2,58510.93,35833.2,183.1
```

Далее необходимо использовать один из методов импорта текстовых файлов (таблиц) в систему Датамайн.

Ниже приведен фрагмент макроса для автоматизированного задания шапки каждой таблицы и ввода в нее соответствующих данных.

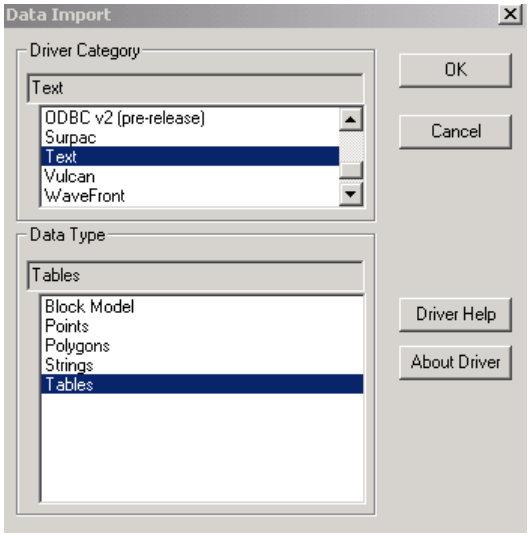
```
!START INPUTZ                  (Начало работы Макроса INPUTZ)
!INPFIL   &OUT(ASSAYSO)        (Запуск процесса INPFIL – ввод файла
                               опробования ASSAYSO)
BHID                           (Задание алфавитно-цифровой переменной BHID
A,8, , ,*                       с числом символов – 8)
BLID, , , ,                    (Далее - задание числовых переменных BLID,
                               NS, FROM, TO, L, ROCK, AU, AG)
NS, , , ,
FROM, , , ,
TO, , , ,
L, , , ,
ROCK, , , ,
AU, , , ,
AG, , , ,
[, , , ,
Y, , , ,
ASSAYSO.csv                    (Указание имени текстового файла, где
                               содержаться данные)
!END
```

* При написании макроса необходимо пользоваться соответствующей инструкцией или аналогом. В показанном выше примере для экономии места информация, которая должна вводиться столбцом, записана в виде строчки и разделена запятыми. Пробел указывает на необходимость оставления пустой строки, которая заменяет символ «ENTER» или «YES».

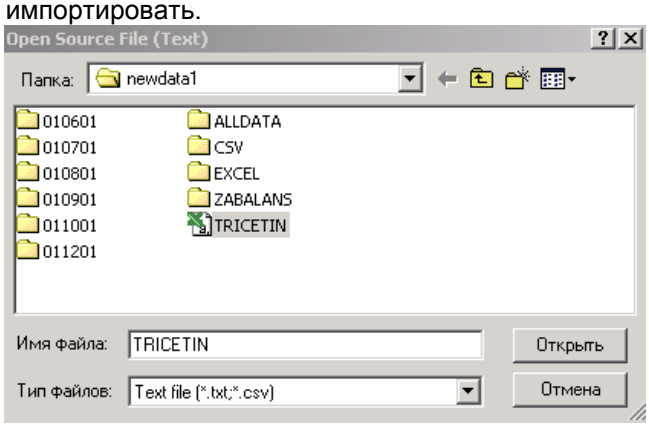
Если такие простенькие программы написать для всех текстовых файлов и объединить их в один макрос, то ввод Ваших данных в Датамайн будет выполнен автоматически и очень быстро. Можно один раз сделать эту операцию вручную для какого-то текстового файла и запомнить последовательность операций в SCRIPT файле. Потом остается только отредактировать этот файл (ввести данные для других таблиц), и Вы получите макрос для автоматического ввода информации в следующий раз.

Современная технология предусматривает ввод текстовых таблиц с помощью опции «ИМПОРТ ДАННЫХ» в меню “Data”. Операции выполняются в следующей последовательности:

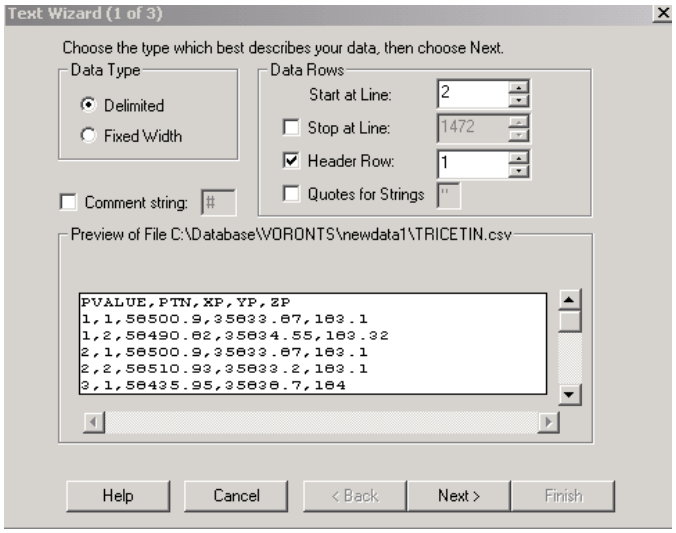
1. В появившемся окне, выберите опции, показанные на рисунке. Вы можете заметить, что система Датамайн способна импортировать данные из многих горных и общераспространенных программ, а также – из различных баз данных.



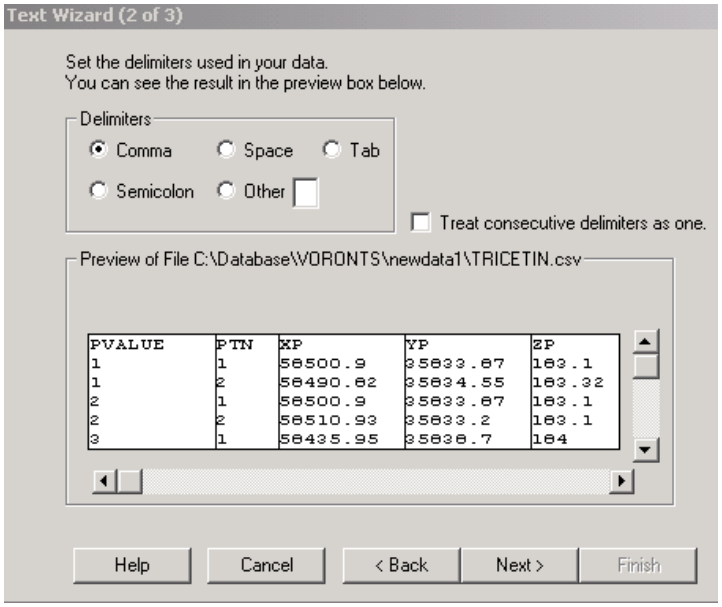
2. Далее в каталоге найдите текстовой файл, который Вы хотите импортировать.



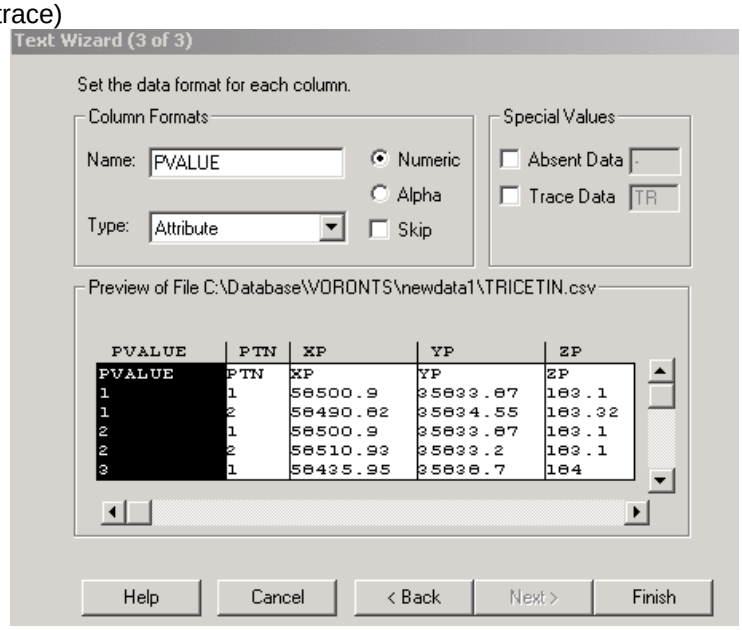
3. В появившемся окне выберите опции, показанные ниже. В нижней части окна будет показан Ваш файл. Нажмите “Next” .



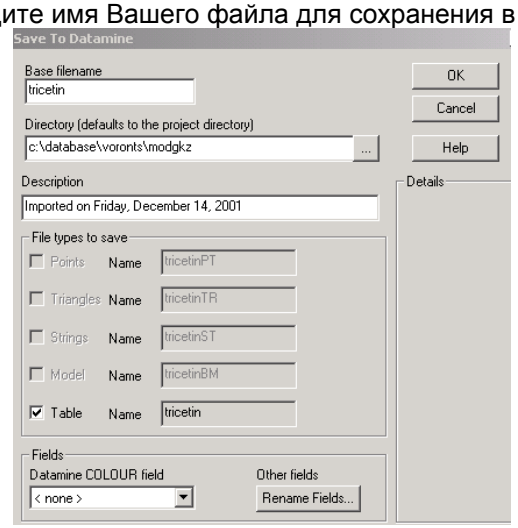
4. В следующем окне убедитесь, что поля правильно разделены границами. Нажмите “Next” .



5. В следующем окне обозначьте алфавитно-цифровые переменные (если они есть в файле) и введите их длину (в символах). Здесь же установите обозначения для отсутствующих данных и следов содержаний в пробах (trace)



6. Введите имя Вашего файла для сохранения в базе данных Датамайн



7. Ваш файл введен в систему Датамайн. В данном случае это файл линий, поэтому Вы можете сразу открыть его в Окне проектирования.

2.6.3 Обработка результатов кернового опробования

После ввода всех нужных файлов в систему Датамайн необходимо их проверить и объединить. Вместе с программами обычно поставляется библиотека макросов, среди которых можно найти несколько макросов для проверки исходных файлов перед их объединением. Это делается для того, чтобы избежать большинства (но далеко не всех) ошибок, присущих конечной информации по опробованию месторождений.

Один из макросов называется “validv3.mac”. Обычно он находится в папке макросов и выполняет следующие проверки:

a) Наличие дублирующих записей во всех файлах
b) Отсутствие пропусков в интервалах опробования по скважине
c) Наличие первого интервала, начинающегося с 0
d) Наличие первого замера инклинометрии в устье выработки
e) Наличие «перехлестываний» интервалов опробования
f) Наличие информации о каждой скважине в файлах: координат устьев, инклинометрии, опробования, геологии и т.д.

Обычно, в состав проверок, кроме перечисленных, еще включают проверки на допустимые величины координат, содержаний и других параметров, для которых хотя бы примерно известны минимальное и максимальное значения. Эта проверка обычно осуществляется расчетом (для нужных полей) основных статистических параметров, в состав которых включено определение минимума и максимума.

После получения результатов проверок (они обычно записываются в соответствующие текстовые файлы в Вашей рабочей директории) Вы должны исправить все выявленные ошибки. Обычно это делается в программе (файлах) Excel, а далее все операции по вводу информации в Датамайн повторяются. Эти итерации могут повторяться несколько раз.

Для объединения выверенных файлов, содержащих информацию по скважинам, используется процесс HOLES3D (кнопка) Заметьте, что Вы можете иметь до 6 файлов опробования (SAMPLE 1 – 6), содержащих разнообразную информацию о скважинах.

Процесс HOLES3D выполняет следующие операции:

- Сортирует все файлы по ключевым полям (в основном по полю BHID)
- Объединяет все файлы опробования, геологии и т.д., которые содержат поля FROM и TO.
- К полученному единому файлу опробования прибавляется файл COLLAR.
- Производится расчет координат центра (и концов – по требованию) каждой пробы с использованием инклинометрии, содержащейся в файле SURVEY.

Процесс HOLES3D также производит проверку ошибок в исходных файлах.

Проверки 1-3 делаются для файла SURVEY (см. ниже).

Проверки 4-6 - для файлов SAMPLE1 - SAMPLE6

Проверка 7 - для файла COLLAR

Содержание проверок:

(1) устанавливается наличие файла инклинометрии (если его нет, все скважины считаются направленными вертикально вниз)

(2) Наличие первого замера инклинометрии в устье выработки.

(3) Каждая скважина в файле опробования должна иметь не менее одной записи в файле инклинометрии.

(4) Начало интервала опробования (поле FROM) больше чем конец интервала (поле TO).

(5) Смежные интервалы не «перехлестываются»

(6) Интервалы не дублируются.

(7) Поля XCOLLAR, YCOLLAR и ZCOLLAR не содержат отсутствующих данных.

Все ошибки записываются в выходном файле ошибок. После исправления ошибок в исходных файлах операции по вводу данных повторяются заново.

В итоге, Вы получаете файл опробования скважин, который можно посмотреть в окне проектирования (рис.2.2) и, если повезет, заметить новые, иногда грубые ошибки. Теперь

самое время ввести в файл дополнительную числовую переменную **BLID** (идентификатор выработки), о которой было сказано в разделе 2.6.2.

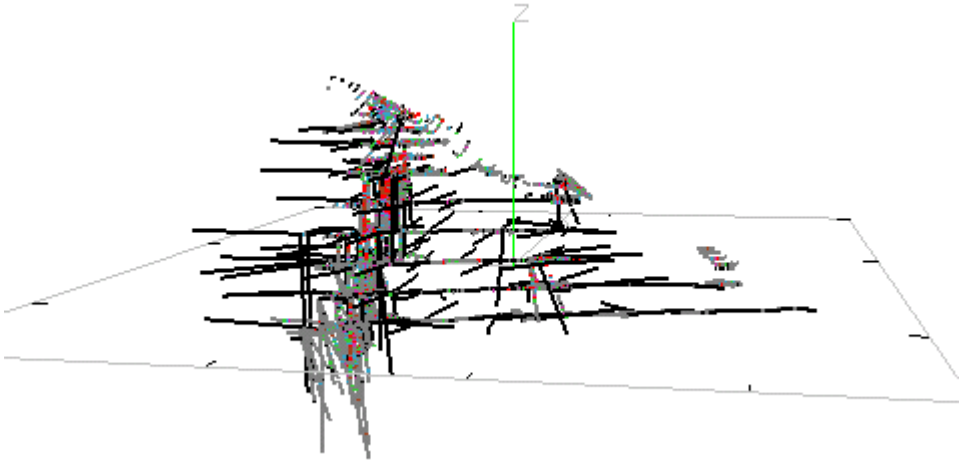


Рисунок 2.2. Размещение разведочных выработок на одном из золоторудных месторождений.

2.6.4 Бороздовые пробы поверхности

Существуют несколько технологий ввода в Датамайн информации по бороздовым пробам поверхности.

А) Будем считать основным методом тот, при котором еще в Excel создаются все необходимые файлы с использованием маркшейдерских точек (см 2.3):

- Файл координат устьев траншей (канав) – TCOLLAR
- Файл инклинометрии – TSURVEY
- Файлы опробования, геологии и т.п. – TSAMPLE1,2…

В этом случае Вы проверяете и объединяете файлы по описанной в предыдущем разделе технологии.

Б) Если есть проблемы с получением каталога маркшейдерских точек или появились сомнения в их достоверности, то выходом может быть следующая технология.

- Трассы траншей дигитизируются или сканируются с планов опробования поверхности и импортируются в Датамайн в виде файла линий. В отдельном поле атрибуты , скажем – TRENCH, должен быть введен номер каждой траншеи. Координата Z этих линий устанавливается заведомо больше соответствующих координат окружающего рельефа поверхности.
- В окно проектирования загружается каркасная модель топографии (см. раздел 5.3)
- Эта плоская линия командой «project-string-onto-wf» (краткая команда – ptw) проецируется на модель топографии и преобразуется в 3-х мерную линию. На рис. 2.3. показаны плоская и 3-х мерная трасса траншеи, спроецированная на каркасную модель топографии.

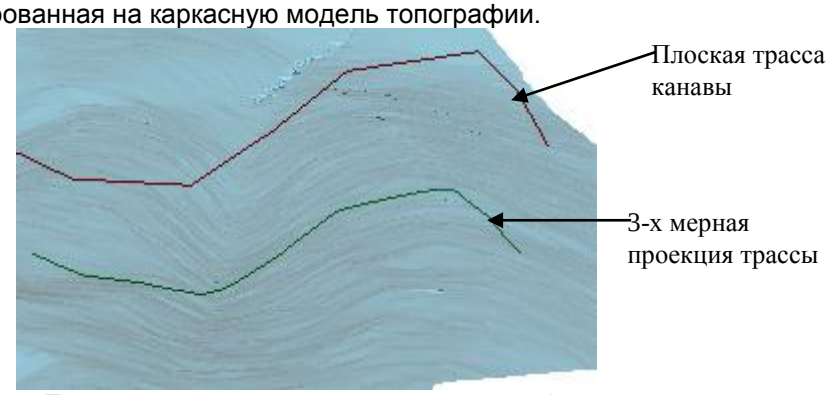


Рисунок 2.3. Пример проецирования линии на рельеф.

- Если известна средняя глубина канав по месторождению, то координату Z полученных линий с помощью процесса EXTRA следует уменьшить на эту величину.
- Далее эти линии командой «string-to-drillhole» (краткая команда – stdh) превращается в псевдоскважины, которые содержат всю положенную скважинам информацию, в т.ч. – инклинометрию для каждого отрезка линии. При использовании этой команды Вы должны ввести на запрос программы идентификатор (номер в поле BHID) каждой траншеи.
- Экспортируйте полученные файлы: линий и псевдоскважин в Excel. Вам понадобятся поля TRENCH, PTN, XP, YP, ZP для файла линий и поля BHID, FROM, A0, B0 - для файла псевдоскважин.
- Создайте таблицы:
  - TCOLLAR с полями: BHID=TRENCH, XCOLLAR=XP, YCOLLAR=YP, ZCOLLAR= ZP (координаты первой точки линии), используя данные файла линий.
  - TSURVEY с полями: BHID=BHID, AT=FROM, BRG=A0, DIP=B0, используя данные файла псевдоскважин.
- Сохраните эти таблицы в текстовом формате, а затем импортируйте их в Датамайн. Теперь Вы имеете все нужные файлы для объединения результатов опробования бороздовых проб поверхности.

С) В литературе встречаются упоминания и о других технологиях создания этого файла. Иногда трассы траншей вводят сканером, а после векторизации объединяют их с моделью топографии в Автокаде. Далее в программах Excel или в Acess создают стандартные файлы TCOLLAR и TSURVEY. Некоторые эксперты Датамайн создают из трасс траншей 3-х мерные линии («сажая» их на рельеф), а затем с помощью специально написанных макросов превращают файл линий непосредственно в файл проб, производя достаточно сложные расчеты внутри этого макроса. Существуют и другие способы выполнения этой работы.

2.6.5 Бороздовые пробы подземных выработок

Как и для бороздовых проб поверхности существуют немало технологий ввода в Датамайн информации по пробам подземных выработок. Это одна из самых сложных операций, которая каждый раз требует повышенного внимания и затрат рабочего времени.

Различают следующие виды проб, ввод которых имеет специфику:

- Горизонтальные пробы по стенкам горизонтальных и наклонных выработок
- Вертикальные пробы по стенкам восстающих
- Горизонтальные забойные пробы
- Вертикальные пробы по стенкам горизонтальных выработок

Информация для первых двух видов проб может быть подготовлена еще в программе Excel с использованием каталога маркшейдерских точек выработок (см 2.3). Должны быть созданы по крайней мере 3 файла:

- Файл координат устьев выработок – UCOLLAR
- Файл инклинометрии – USURVEY
- Файлы опробования, геологии и т.п. – USAMPLE1,2…

Особого подхода требует кодирование названий и номеров выработок. Поскольку эта информация может повторяться на разных горизонтах, то во избежание дублирования и связанных с ним ошибок, необходимо вводить в номер выработки дополнительные символы, чтобы сделать его уникальным:

- Код названия выработки
- Номер выработки
- Код или номер горизонта
- Код стенки выработки, по которой велось опробование.

Например, BHID = 2D12W означает Западную стенку (W) штрека №12 (D12) на горизонте 2.

После ввода в Датамайн Вы должны проверить и объединить эти файлы по описанной в предыдущем разделе технологии. Таким образом, можно получить объединенный файл опробования стенок выработок горизонтальными, наклонными и вертикальными (для восстающих) бороздами. Следует быть очень аккуратным при задании начальных координат стенок выработок, которые формируют в дальнейшем совокупность координат всех проб вдоль этих выработок.

Кроме того, можно столкнуться еще с одной проблемой. Если по стенке выработки встречается не опробованное пространство сравнительно большой протяженности, то при расчете координат проб может произойти смещение трассы проб от линии стенки выработки, особенно в местах, близких к забою протяженных штреков или квершлагов. Это происходит при расчете координат проб в Датамайн, когда все пробы (в т.ч. и длинные не опробованные интервалы) считаются отрезками прямой линии. Это в итоге приводит к отклонению полученной ломаной трассы проб от действительной линии стенки выработки (рис. 2.4). Способ борьбы с этим «явлением» - искусственно разделить в файле опробования длинные не опробованные интервалы на более короткие, длиной, скажем, 5-10 м.

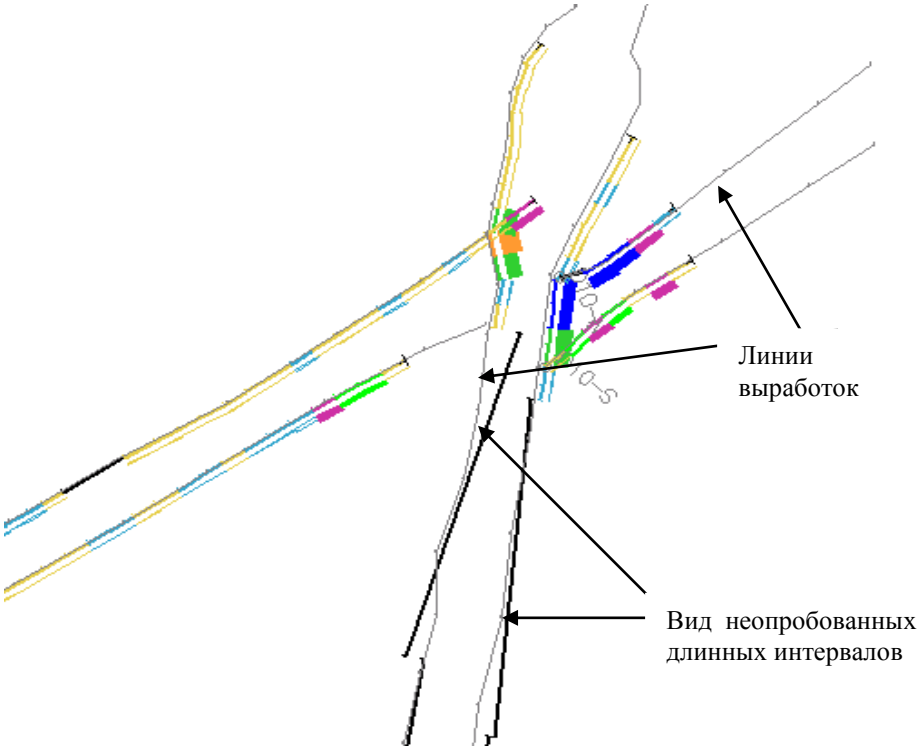


Рисунок 2.4. Вид сочленения подземных выработок, опробованных бороздовыми пробами.

При обработке данных по забойным и вертикальным (по стенкам) пробам файл координат их устьев создается в программе Excel вводом линий или точек трасс (проекций трасс) проб с планов опробования дигитайзером или сканером. При этом каждая такая проба имеет уникальное название в поле BHID, содержащее, как правило, информацию о типе и номере выработки, номере горизонта и номере самой пробы. Вид таких проб показан на рис. 2.5.

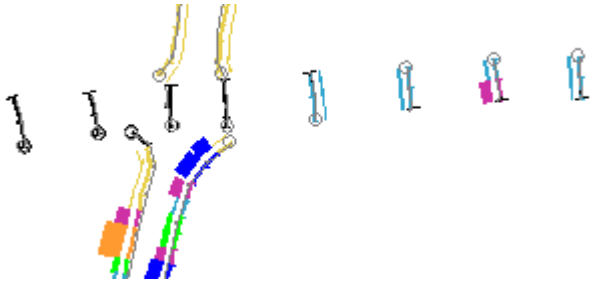


Рисунок 2.5. Расположение забойных проб по трассе штрека

Файл инклинометрии для каждой пробы имеет только одну запись, содержащую или только азимут, снимаемый с плана опробования (DIP=0), или только вертикальный угол (обычно DIP=90) при азимуте = 0. На рисунке 2.5. видно, что пробы имеют разное направление, поэтому при вводе этой информации дигитайзером следует обращать внимание на порядковое расположение проб по трассе выработки.

Если существуют проблемы с получением маркшейдерских точек или с их достоверностью, то существуют технологии, которые позволяют создать файлы инклинометрии и координат устьев по введенным дигитайзером (или сканером) линиям стенок выработок (и забойных проб). Одна из таких технологий включает следующие шаги:

- Каждая опробованная стенка каждой выработки вводится как отдельная линия, начинающаяся в ее устье. Отдельно вводятся трассы (или точки) забойных проб. Все введенные линии получают свои уникальные номера
- Если есть сведения об угле наклона выработок, то координата Z линий приводится в соответствии с эти углом. Если нет, то координата Z принимается равной среднему уровню расположения бороздовых проб на этом горизонте.
- Каждая линия превращается в псевдоскважину, файлы линий и псевдоскважин экспортируются в Excel, где из них формируются таблицы UCOLLAR и USURVEY (см. 2.6.4).
- Таким образом, получаются все требуемые компоненты для создания единого файла опробования подземных выработок.

Иногда эксперты используют технологию, в которой линии трасс бороздовых проб совместно с данными опробования с помощью специальной программы (макроса) непосредственно преобразуются в конечный файл опробования.

Встречаются случаи, когда каждая проба вводится дигитайзером как отдельная выработка, для нее измеряются и вводятся параметры инклинометрии, координат устья и, наконец, формируются все необходимые файлы для последующего их объединения.

2.7 Первичная статистическая обработка данных; композирование

Итак, Вы имеете откорректированный файл опробования, в котором собраны все известные Вам пробы, каждый тип которых (керновые, бороздовые, шламовые и т.д.) имеет существенное отличие в поле BLID, что позволяет Вам манипулировать ими (при необходимости) независимо от других видов проб и опробования.

Следующий этап – статистическая обработка этого массива данных для того, чтобы получить первое представление об его основных свойствах. Для того, чтобы получить корректные результаты, необходимо предварительно привести пробы к одинаковой длине – **композировать.** В противном случае существует опасность получить смещенное среднее выборки.

Эта операция выполняется процессом Датамайн **COMPDH.** Прежде всего выбирается длина композирования, к которой будут приведены все пробы в Вашем файле опробования. Чаще всего эту длину находят как среднюю длину реальных проб. Остальные параметры процесса можно выбирать по умолчанию.

ВНИМАНИЕ. При композировании и объединении частей смежных проб в одну все числовые поля (кроме числового поля BHID) пересчитываются. Поэтому, если Вы кодировали какие-то характеристики руды/породы, зоны, рудные тела фиксированными числовыми кодами, то после композирования Вы не сможете нормально выполнять фильтрацию полученных данных по этим полям. Также невозможно впоследствии интерполировать эти характеристики по блочной модели методом ближайшей пробы. Вы получите нереальные значения в блоках.

Поэтому некоторые эксперты используют композированный массив проб только для статистических вычислений. Все дальнейшие расчеты делаются с массивом некомпозированных проб. Если большинство рудных проб массива имеет более или менее постоянную длину, то такая стратегия вполне оправдана. В некоторых статистических процессах Датамайн можно (в принципе) обходиться без композирования, «взвешивая» оцениваемый показатель с помощью длины пробы.

Первый статистический расчет – определение основных статистик выбранных множеств проб. Желательно иметь под рукой результаты расчетов по всему массиву проб, а также по:

- Каждому рудному телу
- Каждому типу руды
- Каждому виду опробования

В системе Датамайн эту работу выполняет процесс STATS, на выходе из которого Вы получаете следующую таблицу (для каждого заданного поля):

FILE: c:\database\voronts\modgkz\hol2b.dm VARIABLE (Переменная) :AU

TOTAL NUMBER OF RECORDS	(Число записей)	29739
NUMBER OF SAMPLES	(Число проб)	29662
NUMBER OF MISSING VALUES	(Число отсутствующих величин)	77
NUMBER OF VALUES > TRACE	(Число величин, больших чем следы)	29085
MAXIMUM	(Максимум)	39.0000
MINIMUM	(Минимум)	0.0000
RANGE	(Разброс значений)	39.0000
TOTAL	(Сумма всех величин)	147258.5900
MEAN	(Среднее)	4.9646
VARIANCE	(Дисперсия)	46.49
STANDARD DEVIATION	(Стандартное отклонение)	6.819
STANDARD ERROR	(Стандартная ошибка)	0.3959E-01
SKEWNESS	(Асимметрия)	2.668
KURTOSIS	(Эксцесс)	8.247
GEOMETRIC MEAN	(Геометрическое среднее)	2.3258
SUM OF LOGS	(Сумма логарифмов)	24549.9508
MEAN OF LOGS	(Среднее логарифмов)	0.8441
LOGARITHMIC VARIANCE	(Логарифмическая дисперсия)	1.7803
LOG ESTIMATE OF MEAN	(Логарифмическое среднее)	5.6644

Кстати эти таблицы помогают выявить еще не обнаруженные ошибки массивов проб. Если диапазон значений исследуемой величины выходит из разумных пределов, то надо установить причину этого явления. Поэтому полезно «пропускать» через этот процесс также и рассчитанные координаты проб.

Иногда бывает уместным рассчитывать непараметрические статистические показатели. Для этого используется процесс STATNP. На выходе из него получается следующая таблица:

VARIABLE (Переменная) AU

TOTAL NUMBER OF RECORDS	(Число записей)	56044
NUMBER OF SAMPLES	(Число проб)	56044
NUMBER OF MISSING VALUES	(Число отсутствующих величин)	0
MAXIMUM	(Максимум)	593.7000
MINIMUM	(Минимум)	0.0000
RANGE	(Разброс значений)	593.7000
MID-RANGE	(Середина разброса)	296.8500
MEDIAN	(Медиана)	1.1000
MEDIAN DEVIATION	(Отклонение медианы)	3.1225
10TH PERCENTILE	(10% перцентиль)	0.1000
90TH PERCENTILE	(90% перцентиль)	9.2000

Следующий шаг – анализ распределений исследуемых величин, и прежде всего – содержаний полезных компонентов в руде. Это делается с помощью процесса построения гистограмм HISTOG и процесса подбора законов распределения HISFIT. Гистограммы удобнее строить в программе Excel для экспортированного туда выходного файла программы HISTOG (рис. 2.6). Второй процесс (HISFIT) помогает определить неоднородные массивы

данных, состоящие из 2-х и более генетически разнородных множеств, которые желательно обрабатывать и рассматривать раздельно (рис. 2.7).

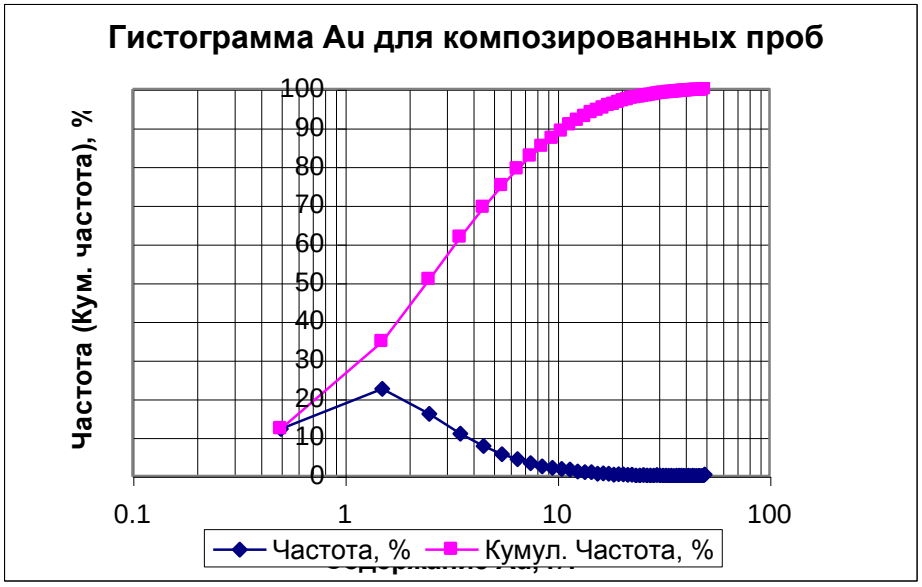


Рисунок 2.6. Гистограмма (логарифмическая) содержания золота в пробах, выполненная в программе Excel

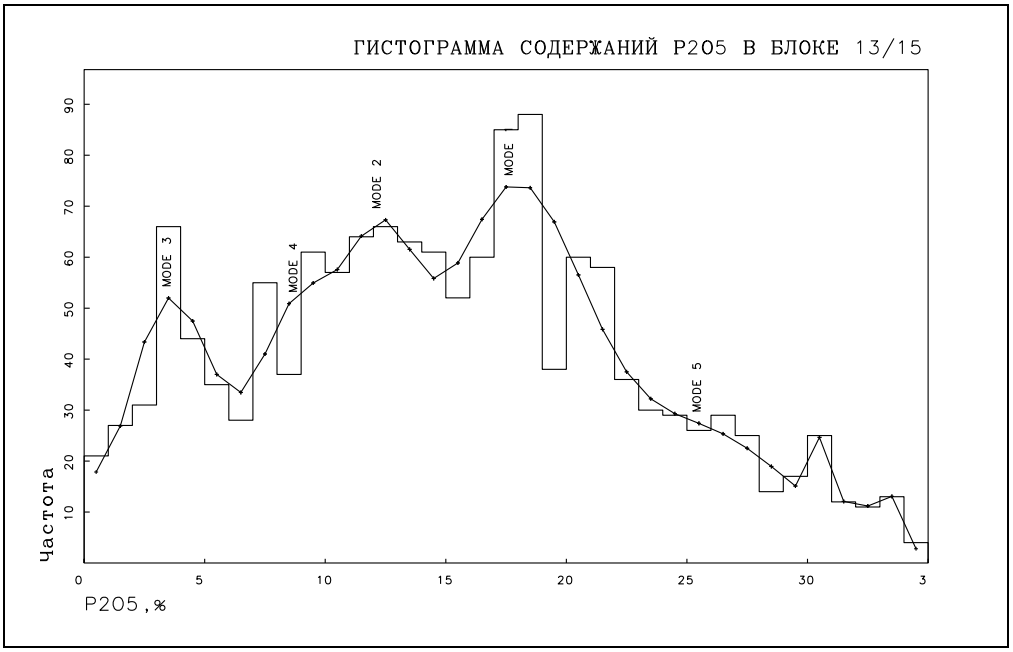


Рисунок 2.7. Многовершинное нормальное распределение

Если Ваши пробы исследованы на содержание нескольких компонентов, или разными способами, то бывает полезным выполнить для них корреляционный анализ с помощью процесса CORREL. На выходе Вы получите корреляционную матрицу:

CORRELATION MATRIX
==========

	AG	AU	CD	CU	PB	ZN
AG	1.0000					
AU	0.5939	1.0000				
CD	0.4938	0.3787	1.0000			

CU	0.5103	0.3804	0.5851	1.0000		
PB	0.5580	0.3989	0.5725	0.7267	1.0000	
ZN	0.5394	0.4050	0.7452	0.7338	0.8440	1.0000,

которая позволит Вам оценить степень корреляции между разными полезными компонентами и другими характеристиками руды. Например, в приведенном выше случае мы имеем хорошие корреляционные связи между цинком, кадмием, медью и свинцом.

Получив такую информацию, мы можем исследовать характер этой связи с помощью регрессионного анализа. Эту операцию также лучше делать в Excel или другом специализированном статистическом пакете. В системе Датамайн для этого предназначен процесс POLREG.

Например, если мы импортируем в Excel содержания свинца и цинка, то можем легко получить диаграмму разброса, а также кривую регрессии требуемого типа полинома (рис. 2.8). Кроме полиномиальной функции Вы сможете воспользоваться здесь и некоторыми другими: показательной, экспоненциальной, логарифмической и т.д.

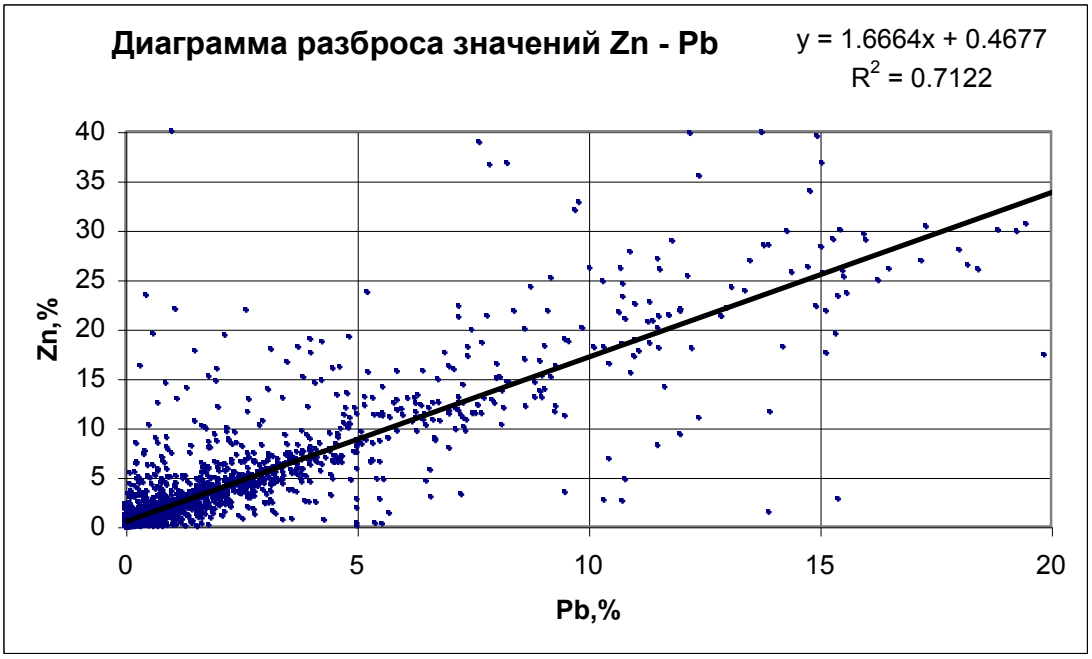


Рисунок 2.8. Пример диаграммы разброса и линии регрессии (линейной), выполненной в Excel.

В данном случае выбрана линейная регрессия, уравнение и степень достоверности которой показаны в правом верхнем углу рисунка. Диаграмма разброса иногда дает сигнал проверить корректность экстремальных значений, не укладывающихся в общий ряд.

При анализе результатов геохимического опробования часто используются многомерный анализ данных, имеющийся в Датамайн. Система предлагает Вам следующие виды такого анализа:

- Множественный автокорреляционный анализ
- Канонический анализ
- Кластерный анализ
- Кросскорреляционный анализ
- Дискриминантный анализ
- Дискриминантная классификация
- Факторный анализ
- Множественный дисперсионный анализ
- Анализ главных компонент
- Нелинейное отображение

2.8 Корректировка «ураганных» проб

Причины появлений экстремальных значений связаны как с геологическими особенностями месторождений отдельных полезных ископаемых (благородные металлы, алмазы и др.), так и с ошибками анализа и исследования проб. Самый простой способ устранения некорректных данных предусматривает визуальный просмотр подготовленного к обработке массива, а также его гистограммы и удаление проб со слишком малыми и большими содержаниями.

Однако, в арсенале статистики имеются достаточно надежные методы разбраковки массивов исходной информации и выделения нетипичных результатов. Множество таких способов описано в отечественной и зарубежной литературе.

Например, Н.Кресси [7] для регулярной сети проб подсчитывает среднее содержание и медиану каждого столбца (ряда) и по их разности судит о наличии или отсутствии экстремальных значений в том или ином подмножестве. Когда "посторонние" оценки, могущие оказать отрицательное влияние на вариограмму, выявлены, необходимо решить, как с ними поступить. Простейший, но не самый лучший способ - исключить их из состава исходных данных.

Существует несколько более простых, но достаточно надежных способов обнаружения «ураганных» проб, которыми с удовольствием пользуются эксперты. Один из них - «квантильный» способ, который легко реализовать в среде Excel или других программ для статистической обработки массивов данных. Процесс для такого анализа (QUANTILE) включен в состав системы Датамайн. Анализ проводится следующим образом.

- Массив проб сортируется по величине содержания металла и затем делится на заданное количество квантилей (обычно – на 10). Формируется таблица, пример которой приведен ниже (Верхняя часть Табл. 2.8).
- Если последний класс (90-100% проб) содержит более 40% металла, то массив должен быть предварительно очищен от «ураганов».
- Рассчитывается аналогичная таблица только для этого последнего класса (Нижняя часть Табл. 2.8). Границей «ураганных» проб считается минимальное содержание первого класса, в котором содержится более 10% металла. В данном примере это – 3.7 г/т

Таблица 2.8. Пример квантильного анализа «ураганных» проб

Класс	**Число записей**	**Среднее значение**	**Минимум**	**Максимум**	**Количество металла**	**Количество металла, %**
0-10	1110	0.004	0.000	0.010	4.805	0.07%
10-20	1110	0.010	0.010	0.018	11.522	0.16%
20-30	1110	0.021	0.018	0.030	23.816	0.34%
30-40	1110	0.035	0.030	0.049	38.823	0.55%
40-50	1110	0.052	0.049	0.060	57.571	0.82%
50-60	1110	0.080	0.060	0.100	88.946	1.27%
60-70	1110	0.128	0.100	0.160	141.922	2.02%
70-80	1110	0.219	0.160	0.290	243.590	3.47%
80-90	1110	0.426	0.290	0.640	472.534	6.73%
90-100	1106	5.370	0.640	305.310	5938.771	84.57%
ВСЕГО	**11096**	**0.633**	**0.000**	**305.310**	**7022.301**	**100.00%**
90-91	111	0.677	0.640	0.720	75.161	1.27%
91-92	111	0.777	0.720	0.840	86.204	1.45%
92-93	111	0.896	0.840	0.950	99.474	1.67%
93-94	111	1.029	0.950	1.120	114.198	1.92%
94-95	111	1.238	1.120	1.390	137.390	2.31%
95-96	111	1.587	1.390	1.790	176.153	2.97%
96-97	111	2.046	1.790	2.350	227.100	3.82%
97-98	111	2.899	2.360	3.690	321.840	5.42%
98-99	111	5.497	3.700	8.660	610.180	10.27%
99-100	107	38.234	8.670	305.310	4091.070	68.89%

ВСЕГО	**1106**	**5.370**	**0.640**	**305.310**	**5938.770**	**100.00%**

Желательно также, чтобы описанный анализ проводился отдельно для каждого рудного тела, класса руды и т.п. В практике имеется сколько угодно случаев, когда граница «ураганов» резко отличается для разных участков месторождения.

Другой простой способ состоит в том, что строится кумулятивное распределение массива информации и исследуется его «хвост», близкий к 100%. Если в каком-то месте происходит резкое изменение характера линии (излом) – это сигнал наличия «ураганов». Таким же образом можно анализировать график ранжированного по возрастанию ряда данных, по резкому изменению которого судят о наличии экстремальных значений (рис. 2.9)

Иногда действуют совсем просто, отрезая от массива хвост кумулятивного распределения после достижения им значения 95 или 99%.

Тем не менее вопрос о необходимости «урезания ураганов» остается открытым. Существует достаточно обоснованное мнение, что грамотно сконфигурированный кригинг способен избежать их отрицательного влияния.

Рисунок 2.9. Определение границы «ураганных проб» по месту излома графика ранжированных по возрастанию значений проб.

2.9 Декластеризация данных

Очень часто наиболее представительные (богатые) части рудных тел разведываются более подробно для того, чтобы повысить вероятность сделанных оценок и выводов. Если такой массив информации непосредственно использовать для интерполяции содержаний, то мы, скорее всего, столкнемся со смещением оценки среднего содержания, т.к. влияние более тесно опробованных зон будет преобладающим по сравнению с недостаточно разведанными флангами месторождения.

В системе Датамайн имеется процесс DECLUST, который осуществляет декластеризацию данных перед использованием их в интерполяции содержаний. На входе в него задается следующая информация:

- Исходный файл опробования
- Метод декластеризации:
  - Случайный выбор пробы внутри заданной ячейки сетки (каждый раз новый выбор)
  - Псевдослучайный выбор проб внутри ячейки сетки (всегда повторяется)
  - Выбирается ближайшая к центру ячейки сетки проба
  - Используется среднее проб внутри ячейки сетки
- Размеры сети для 3-х осей координат
- Координаты начальной точки декластеризации

На рис. 2.10. показаны результаты декластеризации массива проб программой DECLUST по сетке 10*10 м.

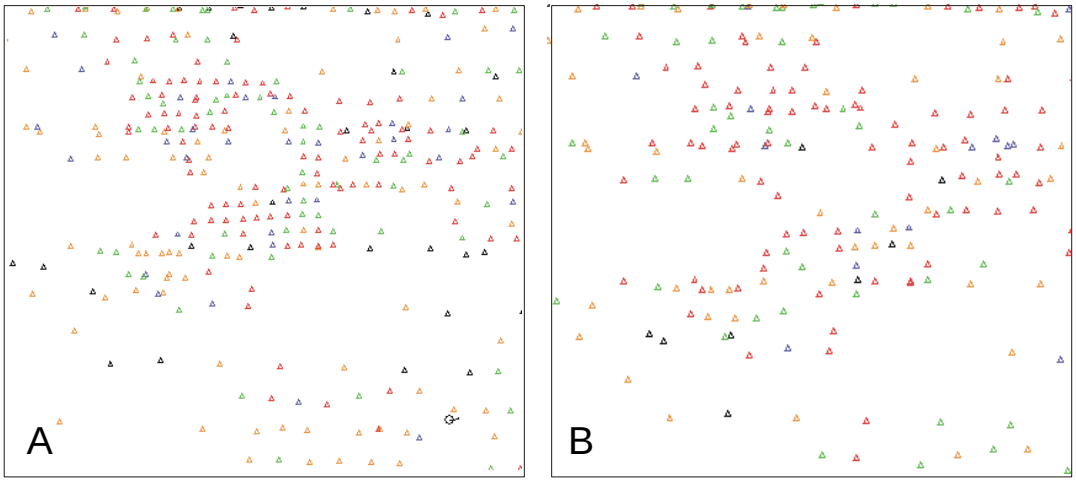


Рисунок 2.10. размещение проб на участке: А – до декластеризации, В – после нее, при выборе ближайшей пробы к центру ячейки сетки

2.10 Внесение исправлений и дополнений в существующие файлы опробования

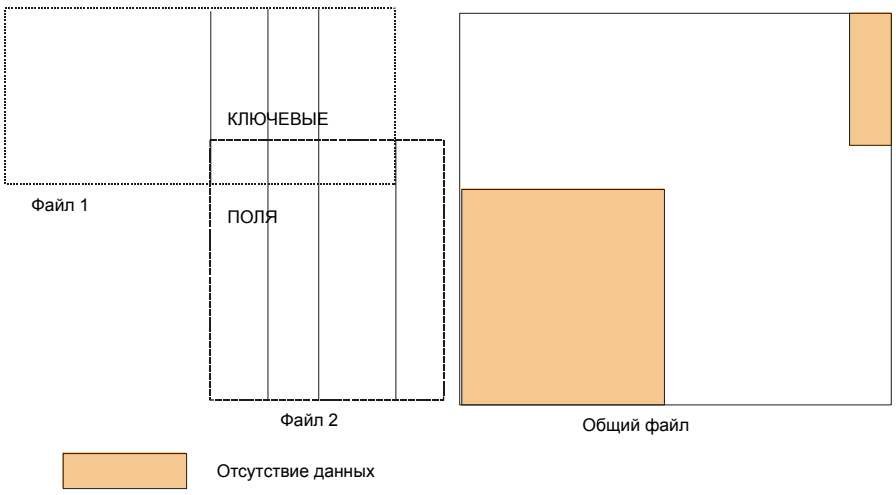
Время от времени наступает ситуация, когда используемые данные требуют корректировки или дополнения.

Исправления лучше всего вносить в первичные данные, сформированные в программе Excel. Далее необходимо снова пройти весь процесс импорта, проверки и объединения информации. Лишь в исключительных случаях с целью экономии времени можно вносить исправления прямо в файлы Датамайн, но с обязательной записью в рабочем журнале о выполненных корректировках.

При появлении новой информации лучше создавать новые наборы файлов, вводить их в Датамайн, проверять, корректировать и объединять. После этого новая информация одним из процессов объединения Датамайн соединяется с уже имеющимися и проверенными данными.

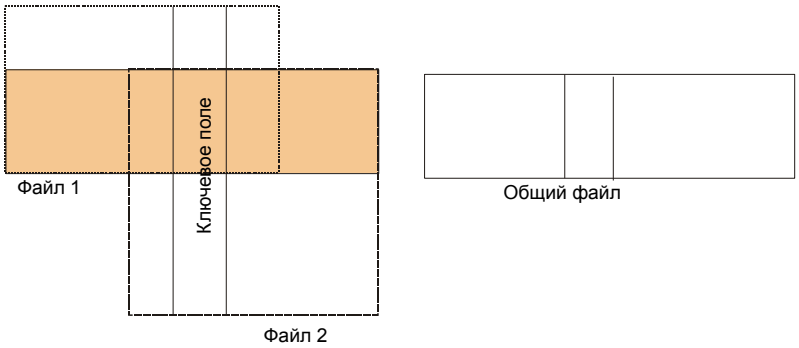
Процессы Датамайн, производящие объединение информации:

- JOIN – объединяет 2 отсортированных файла по указанным ключевым полям. Все входные поля и записи входных файлов выводятся в выходной файл.

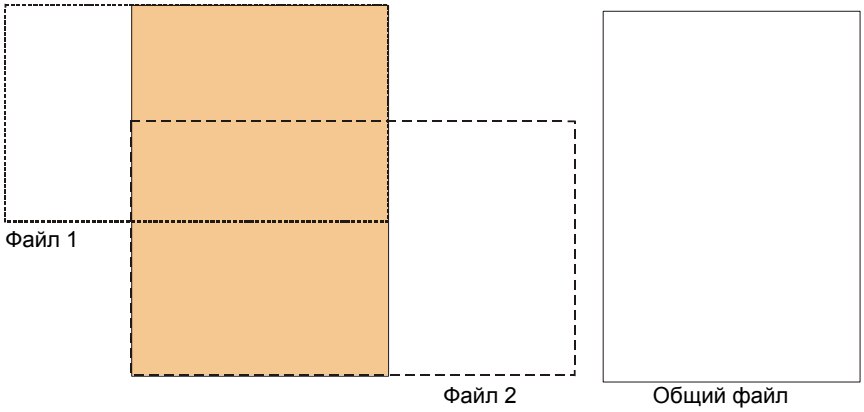


- ANYJOI – делает то же самое, но с несортированными файлами, предварительно сортируя их

- SUBJOI – объединяет 2 сортированных файла по указанным ключевым полям. В выходной файл выводятся все входные поля и совпадающие записи входных файлов.



- SUBWVE - делает то же самое, но выводит только совпадающие поля и записи входных файлов.
- APPEND – дописывает (прибавляет) 1 файл данными другого файла.
- SPLAT – соединяет файлы с соответствующими записями сбоку
- WEAVE - объединяет 2 сортированных файла по указанным ключевым полям. В выходной файл выводятся совпадающие входные поля и все записи входных файлов.



3 Геостатистическое исследование месторождения.

3.1 Понятие о геостатистике и вариограмме

В 60-х годах нашего столетия в мире появилась и начала стремительно развиваться новая теория оценки пространственных переменных - ГЕОСТАТИСТИКА.

Основа этой теории была заложена эмпирическими исследованиями Д.Криге, Х.Девийса, Ж.Серра и некоторых других ученых, которые пользовались главным образом материалами по месторождениям драгоценных металлов Южной Африки. Значительный вклад в развитие математического аппарата теории внес французский ученый, а ныне Президент Международной Ассоциации Геостатистики - Ж.Матерон.

Особенно мощный толчок теория получила с развитием компьютерных технологий, без которых невозможна обычная в геостатистике обработка громадных массивов первичных геологических данных. Сегодня практически ни одно месторождение на Западе не оценивается без применения геостатистики. Используется она и на некоторых горных предприятиях СНГ (МНПО «Полиметалл», АЛРОСА и некоторых других).

Возникает вопрос, почему геостатистика получила такое широкое распространение?

Во-первых, она подводит прочный теоретический фундамент под богатый интуитивный оценочный опыт геологов, и, таким образом, она тесно связана с практикой.

Во-вторых, в отличие от методов классической статистики, используемых в оценке природных ресурсов, геостатистика позволяет получать несмещенные оценки и минимальную

погрешность расчетов. Так при наличии корреляционной связи между пробами мы получаем погрешность в 2 - 3 раза меньше, чем при методе многоугольников, и на 20-50% меньше, чем при методе обратных расстояний.

Геостатистика располагает надежными инструментами для оптимизации программ опробования и оценки месторождений, контроля и управления процессом формирования качества рудопотоков на горных предприятиях.

Она способна решать на одной базовой исходной геологической информации многие геолого-оценочные, проектные и плановые задачи, возникающие на всех стадиях разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Для этого имеются развитое программное обеспечение и методология, а также громадный практический опыт геологов и горняков во всем мире.

Как и любая другая теория, геостатистика имеет свою область применения и не может использоваться эффективно повсеместно. **Необходимое условие для нее - наличие достаточно надежной корреляционной связи между пробами в пространстве и отсутствие в исследуемой зоне резких изменений свойств оцениваемой среды (тектонические нарушения и т.п.).** Второе практически обязательное условие - это наличие достаточно мощного компьютера для обработки массивов первичных геологических данных.

Какие классы задач может решать геостатистика?

Первым важным шагом в технико-экономическом обосновании горного проекта является определение геологических запасов полезных ископаемых месторождения. Геостатистика может помочь геологу и горному инженеру точнее оценить общий тоннаж руды на участке, среднее содержание металлов и качество руды по имеющейся информации и, таким образом, поможет ему решить, будет ли выгодно освоение данного проекта.

Ни один из методов оценивания не может дать точного реального значения искомой величины, а делает это с какой-то неизбежной погрешностью. Поэтому важно понимать, как серьезна эта обязательная ошибка. Например, специалисту, принимающему решение, необходимо знать, с какой точностью оценено содержание металла в залежи: $\pm 0.1\%$ или $\pm 1\%$. Наряду с очень достоверными оценками, геостатистика позволяет измерять точность этих оценок в виде дисперсии оценки (дисперсии кригинга). Это одно из главных преимуществ геостатистики перед традиционными методами оценивания запасов.

Дисперсия оценивания, вычисленная при помощи геостатистики, зависит от выбранной модели вариограммы для данного месторождения и от расположения проб в его массиве, но не от результатов их испытания. Таким образом, для определенного месторождения или района сначала выбирается вариограмма, затем по ней рассчитывается дисперсия оценивания. Если выполнить эти расчеты для нескольких возможных вариантов моделей опробования, то можно найти наиболее экономичную сеть, которая дает необходимую точность оценки запасов

Как только решение о разработке месторождения принято, необходимо произвести поблочную оценку тоннажа и среднего содержания металлов в данном месторождении. Блоки в этом случае представляют собой некоторые объемы руды, на которые разбиваются извлекаемые запасы в процессе добычи, например: сменную, суточную, месячную ….. отработку карьера, рудника или экскаватора и т.д. Кроме стандартного оценивания тоннажа руды и содержания в ней металла геостатистика обеспечивает оценку всех сопутствующих показателей качества. Для угля, например, такая оценка включает определение содержания золы, серы, теплотворной способности и т.д. Для железной руды - содержание кварца и фосфора (иногда марганца), потери при прокаливании и т.п.

Хотя большинство добывающих компаний обычно предпочитают поблочную оценку качества руды, а не составление карт горизонтов в изолиниях, тем не менее, геостатистика может быть полезна для оценки качества руды в узлах моделируемой регулярной сети. На этой информации впоследствии строятся подробные погоризонтные планы качества. Точность таких вычислений существенно выше, чем у других методов оценки данных по регулярной сети.

Кригинг разработан для выполнения линейной оценки ресурсов с наименьшей погрешностью (дисперсией оценки). Он обладает эффектом «сглаживания», т.е. изменчивость полученных с его помощью оценок будет меньше, чем у других «несмещенных» методов и значительно меньше, чем изменчивость реальных величин. Это значит, что, если моделирование горных проектов выполнять на модели, созданной кригингом, то мы получим рудопотоки с существенно меньшей изменчивостью качества руды, чем в действительности.

Для задач, связанных с прогнозированием изменчивости рудопотоков используется геостатистическое условное моделирование месторождений, которое позволяет оценить их реальную дисперсию.

Во многих случаях горные инженеры должны предсказать извлечение и содержание металлов в концентрате, когда при добыче извлекаются (выемочные) блоки руды установленного размера с содержанием металла выше бортового. Если сеть опробования имеет размеры, сопоставимые с размером выемочных блоков, то их качество можно оценить индивидуально с необходимой точностью. Но если блоки имеют размеры намного меньшие, чем размер сети, то такое оценивание будет заблуждением и приведет к серьезным ошибкам. Самое большое, что можно сделать в этой ситуации, это предсказать долю извлекаемых выемочных блоков и их среднее содержание. Это – задача нелинейной геостатистики.

Однако, применяя геостатистику на практике, нельзя забывать о том, что это ***ОЧЕНЬ ТОЧНЫЙ И СЛОЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ***, дающий в распоряжение специалиста большой набор новых возможностей. Грамотное и творческое использование этих инструментов позволяет получать намного больше дополнительной информации об объекте (при том же количестве исходных данных) и принимать значительно более обоснованные проектные, плановые и управленческие решения.

Эффективность применения геостатистики зависит от квалификации специалиста и часто носит исследовательский характер.

Основной инструмент геостатистики - ***вариограмма***, используется для определения пространственной корреляции между произвольно размещенными реальными данными наблюдений. В большинстве случаев вариограмма является «зеркальным отражением» ковариационной функции и определяется как разность значений дисперсии и ковариации для данного интервала расстояний (рис.3.1). Вариограмма должна максимально соответствовать истинной структуре изменчивости объекта. Как только экспериментальная вариограмма будет описана математической функцией, эта модель может быть использована для оценки неизвестных значений исследуемого параметра в любой точке данного пространства.

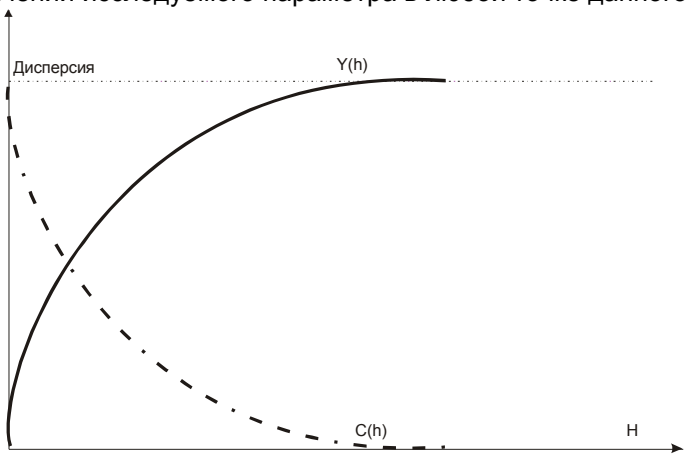


Рисунок 3.1. Вариограмма начинается с нуля и возрастает до значения порога (дисперсии массива данных), а пространственная ковариационная функция начинается от дисперсии и уменьшается до нуля.

Вариограмма измеряет степень корреляционной связи между пробами в пространстве. Она обычно характеризуется 3-мя главными параметрами (рис. 3.9, 3.10).

- **Эффект самородка (ЭС)** – это случайная составляющая дисперсии проб, которая измеряет насколько велико различие содержаний в очень близко расположенных образцах. Величина ЭС зависит от сети опробования месторождения и степени его изменчивости. Название этого параметра пришло к нам из оценки месторождений золота, где часто встречаются непредсказуемые «ураганные» содержания металла в пробах.
- **Порог вариограммы** – это обычно величина дисперсии проб. Когда вариограмма достигает порога, она часто выполаживается, т.е. больше не растет.
- **Зона влияния** – это максимальное расстояние, на котором между пробами еще существует корреляция. На меньших расстояниях мы (с определенной долей вероятности) можем предсказать содержание в точке массива по данным

опробования, на больших дистанциях – не имеем права этого делать. Вариограмма достигает порога на расстоянии, равном зоне влияния.

Стадии процесса создания вариограммной модели исследуемого объекта:
-анализ, контроль и группировка исходной информации;
-построение экспериментальных вариограмм;
-исследование полученных функций на наличие различных эффектов;
-создание пространственной модели вариограммы.
Ниже все эти стадии рассматриваются более подробно.

3.2 Расчет экспериментальных вариограмм

3.2.1 Анализ, контроль и группировка исходной информации

После того, как данные собраны и введены в компьютер, они должны быть тщательно проверены, чтобы убедиться в их корректности и полноте. Это означает, что все выявленные ошибки в данных или в координатах должны быть исправлены, а для каждого выделенного массива вычислены основные статистические показатели. Но что более важно, геостатистики должны детально ознакомиться с имеющейся исходной геологической информацией и проблемами, которые будут решаться на ее основе. Наиболее серьезные ошибки геостатистических исследований появляются потому, что эксперт не до конца понимает суть проблемы или не обратил внимания на некоторые из существенных ее свойств. На первом этапе исследования важно найти геолога или инженера, которые принимали участие в разведке месторождения, и узнать:

- какие виды опробования использовались,
- какое количество проб было отобрано, какие типы анализа проводились и в каких лабораториях,
- были ли изменения в процедурах опробования во время изучения месторождения. Например, не привлекались ли в разные периоды другие буровые компании (геологоразведочные организации)? Не изменялся ли тип каротажного (геофизического) оборудования?
- является ли исследуемая область геологически однородной, или содержит крупные тектонические нарушения,
- были ли предпочтительно (с большей частотой) опробованы области с высокими содержаниями.

Если любой их этих факторов не был выяснен в начале изучения, то скорее всего работу придется повторить, когда это откроется. Следует иметь в виду, что во многих странах мира эксперты, проводящие такие исследования, лично отвечают за любые ошибки и оплошности в своей работе.

Прежде всего, должна быть принята серия решений, которые позволяют в целом правильно начать исследование. Во-первых, должны быть определены переменные (показатели качества руды, массива и т.д.) и геологические зоны для изучения. Затем геостатистики должны ответить на следующие вопросы:

- Стационарны ли исследуемые переменные?
- Являются ли они аддитивными?
- Что является основанием данных?
- Работать ли с самими переменными или с их производными значениями?
- Проводить ли изучение в двухмерном пространстве или трехмерном?

Большинство реальных геологических объектов **не являются стационарными**, для которых среднее и дисперсия в любом месте являются постоянными величинами, т.е. формально там не может быть использована линейная статистика. Однако, геостатистическая теория нашла выход их этой ситуации, использовав гипотезу стационарности приращений (внутреннюю гипотезу), согласно которой стационарность соблюдается не по отношению к абсолютным характеристикам массива, а к их приращениям. Например, можно говорить, что в любом месте сравнительно однородной части месторождения разница в содержании металла между пробами, находящимися друг от друга на одинаковом расстоянии, сохраняется постоянной.

Основание. Геостатистический термин "основание" относится к размеру и форме объема, который характеризуется единичной пробой. Скважины кернового бурения и добываемые при отработке месторождения блоки имеют довольно отличающийся вес и объем (килограммы в сравнении с сотнями тонн руды). Поэтому, хотя средние содержания могут быть одинаковы, их дисперсии всегда будут разными. Пробы из скважин кернового и ударного бурения могут иметь одинаковый диаметр, но их статистические характеристики могут существенно отличаться.

Аддитивность и аккумуляции. Почти во всех применениях геостатистики изучаемые переменные должны стремиться к аддитивности. Это значит что, среднее для всей исследуемой зоны должно быть равно среднему арифметическому всех значений содержаний внутри нее. Это возможно только в случае, когда размеры и форма имеющихся проб примерно одинаковы.

Среднеарифметическое значение содержания проб разных размеров даст совершенно ложную оценку истинного содержания в оцениваемом массиве. Следовательно, чтобы в этом случае рассчитать содержание, необходимо использовать значение мощности пласта (длины проб), т.е. определить «линейный запас». Это преобразование называется **аккумуляцией**.

Геостатистики обычно проводят изучение по аккумуляции («линейному запасу») и мощности, а затем делают обратное преобразование кригинговых оценок путем деления «линейного запаса» на оценку мощности. Кроме того, когда плотность руды на участке неодинакова, то будет благоразумно использовать в исследованиях результаты двойной аккумуляции: содержание*мощность*плотность и мощность*плотность.

Работа в двухмерном или трехмерном пространстве. Все месторождения можно разделить на две категории в зависимости от их геометрии и метода добычи. Первая категория включает относительно тонкие залежи, такие как угольные пласты или золоторудные жилы, а вторая - более мощные, массивные залежи, которые разбиваются для добычи на выемочные блоки постоянной высоты. В первом случае при добыче извлекается вся минерализованная мощность пласта (жилы), поэтому здесь нет разделения по вертикали. Следовательно, изучение здесь производится в двухмерном измерении с использованием аккумуляции, а не значений содержаний. Во втором случае, горные блоки имеют постоянную высоту, содержание в них является аддитивным и, поэтому геостатистическое изучение проводится в трехмерном пространстве по величинам содержания, с использованием информации вышележащего и нижележащего горизонтов.

В идеальном случае все исследуемое множество проб принадлежит одному сравнительно однородному участку массива (без тектонических нарушений), имеет нормальный закон распределения и представляет собой результат одного этапа исследования месторождения, полученный по одной методике. В этих условиях экспериментальные вариограммы правильно отражают структуру изменчивости залежи и могут быть использованы для моделирования.

Однако такие случаи очень редки на практике. Чаще приходится иметь дело с неоднородными массивами данных, наличием экстремальных (слишком больших или слишком малых) значений проб, что приводит к ошибочным эффектам на экспериментальной вариограмме.

Следовательно, предварительной и обязательной стадией геостатистического исследования месторождения является контроль, сортировка и при необходимости преобразование исходной информации.

Неоднородные массивы исходных данных получаются тогда, когда смешиваются результаты опробования различных геологических зон, а также сведения, полученные в разное время по разным методикам.

При формировании групп исходной информации необходимо следить за тем, чтобы совместно обрабатывались только пробы одной зоны, рудного тела, типа руды и т.п.

Однако, это не всегда обязательно. Критерием такого подхода является существенное отличие типов и сортов руд разных зон, что может быть установлено с помощью анализа гистограмм. При смешении качественно различных массивов данных гистограммы обычно имеют более одной вершины или значительное отклонение от нормального распределения.

Аналогично следует поступать и в том случае, когда опробование сырья велось в разные периоды времени по неидентичным методикам. Всегда полезней обрабатывать совместно только те данные, которые сопоставимы в пространстве и времени получения, лишь в этом случае исследователь может быть уверен в надежности полученных результатов.

Таким образом, первым и обязательным этапом обработки исходной информации является построение гистограмм и проверка их на законы распределения. Наличие на графике более одной вершины и значительное отклонение от нормальности свидетельствует о низкой корректности первичных массивов. Необходимо обнаружить и устранить ее причины.. Логнормальное распределение часто говорит о пропорциональном эффекте.

Вторым и очень серьезным источником ошибок является нестационарность исходных данных, которая связана с наличием тренда или экстремальных величин данных, которые даже в небольшом количестве способны оказывать серьезное влияние на характер вариограммы.

3.2.2 Вариограмма

Когда читатель досконально разберется с массивом исходной информации и проведет его композирование, можно начинать расчет экспериментальных функций. Экспериментальную вариограмму обычно вычисляют, используя следующую формулу:

$$\gamma^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[Z(x_i + h) - Z(x_i) \right]^2 \qquad (3.1)$$

где x_i – местоположение проб, $Z(x_i)$ – их значения и $N(h)$ – количество пар проб (x_i, x_i +h), разделенных расстоянием h.

Эту формулу очень легко использовать, когда пробы регулярно расположены в одномерном пространстве, например, вниз по скважине, вдоль подземной выработки или сейсмического профиля.

Для 2-х мерного и 3-х мерного случаев процедура расчета реализуется следующим образом. На первом шаге для каждой точки (пробы) программа подбирает все возможные пары с остальными точками и классифицирует их по установленным классам расстояний и направлений. Затем для каждой пары вычисляется квадрат разности $(Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$, и результат добавляется к сумме соответствующего класса. Количество пар в классе также увеличивается на 1. Когда для точки x_i все возможные пары будут обработаны, программа перейдет к следующей точке. В конце процесса итоговые суммы делятся на удвоенное количество пар, которые были выбраны для данного класса.

Практически все современные компьютерные горные системы предлагают набор программ для расчета вариограмм, которые могут в одном запуске определить требуемые функции для всех содержащихся в исходном массиве параметров и их комбинаций в любом направлении в пространстве или для любого множества направлений. Кроме того, могут быть рассчитаны логарифмические функции, индикаторные вариограммы (используемые в индикаторном кригинге), кросс-вариограммы для статистически связанных параметров и т.д.

Для расчета вариограмм и кроссвариограмм в системе Датамайн используется процесс **VGRAM**. Он имеет следующие преимущества по сравнению с более ранними версиями.

- Можно одновременно рассчитывать вариограммы для 24 разных переменных, содержащихся в массиве опробования, или 24 индикаторные вариограммы для одной переменной.
- Автоматический расчет значений индикаторов на основе заданных бортов.
- Можно использовать ключевые поля, т.е. рассчитывать отдельные вариограммы для разных типов руд и пород, только для скважин и т.д. и т.п.
- Осуществляется оптимизация поиска проб в заданной окрестности для ускорения расчетов.
- Одновременно рассчитываются нормальная, относительная и логнормальная вариограммы, а также ковариационная функция.
- Одновременно рассчитываются функции для многих направлений.
- Координатная система может быть повернута для облегчения выбора нужных направлений.
- Для маленьких расстояний может быть использован уменьшенные значения интервала расстояний.
- Могут быть использованы углы регуляризации, цилиндрический радиус и т.п.

- В выходном файле кроме самих функций для каждого поля приводятся величины среднего, логарифмического среднего, дисперсии и логарифмической дисперсии,

Способы задания направлений для расчета вариограмм

Обычный путь задания множества направлений – установить азимут (AZI) и вертикальный угол (DIP), а также размеры и количество приращений одного и другого углов. После этого будет произведен расчет вариограмм для каждой комбинации AZI и DIP. Например, если AZI и DIP установлены равными 0, горизонтальное приращение – 45, а вертикальное – 30, то программа рассчитает вариограммы для пар направлений: 0/0 , 0/30 , 0/60 , 0/90 , 45/0 , 45/30 , ... 315/90.

Хотя такой способ дает возможность расчета функций для множества разных направлений, но он не позволяет заранее ориентировать систему координат в направлениях главных осей анизотропии. Например, если главная структура массива имеет угол падения 25^0 в направлении с азимутом 35^0, то будет полезным рассчитать вариограммы для плоскости падения. Это может быть сделано с помощью поворота системы координат на заданные углы вокруг определенных координатных осей. Можно выполнить до 3-х таких поворотов и развернуть систему практически в любое положение в пространстве, которое Вы наметили.

После поворота базовое направление для расчета вариограммы будет соответствовать новому положению оси Y. Если Вы зададите приращения AZI и DIP, то они будут отсчитываться от этого базового направления. Ориентация каждой вариограммы будет записываться в выходном файле в 2-х вариантах: в мировой и в повернутой системе координат. Вариограммы рассчитываются для направлений, которые задаются шестью параметрами:

- **AZI** - азимут
- **DIP** - вертикальный угол, отсчитываемый от плоскости XY
- **HORINC** - шаг приращения угла по горизонтали
- **VERINC** - шаг приращения угла по вертикали
- **NUMHOR** - количество приращений по горизонтали
- **NUMVER** - количество приращений по вертикали

Если Вы задали DIP = 90^0, то это будет вертикальное (вниз) направление. В этом случае азимут задавать не надо, а в выходном файле он по умолчанию будет установлен равным 0. Параметры **HORANG** и **VERANG** задают углы регуляризации по горизонтали и вертикали, которые определяют вершинный угол пространственного конуса для данного AZI и DIP. В расчетах будут участвовать все пары проб, попадающих в этот конус (рис.3.2).

Кроме вариограмм по направлениям рассчитывается изотропная вариограмма для всех имеющихся пар проб. В этом расчете в учет берется только расстояние между пробами. В выходном файле для такой вариограммы AZI и DIP установлены равными «-».

Ключевые поля.

Если определено ключевое поле (***KEY*** field), то вариограммы будут рассчитаны для каждого значения этого поля, имеющегося в файле проб. Сортировка файла по этому полю не обязательна. Имеется несколько разновидностей использования ключевых полей, которые выбираются параметром **KEYMETH:**

- 1 – расчет с использованием только проб, принадлежащих к данному значению ключевого поля
- 2 - расчет с использованием только проб, принадлежащих к различным значениям ключевого поля
- 3 – расчет обеих вариограмм

Интервал расстояния

В программе есть 3 параметра: **LAG** (интервал), **LAGTOL** (допуск) и **NLAGS** (число интервалов), которые определяют параметры расстояний между пробами. Кроме основных интервалов, для анализа функций на малых расстояниях устанавливается параметр **NSUBLAG**, который задает число уменьшенных дистанций, на которое будет разделен первый основной интервал. Допуск используется при выборе пар проб. Он должен иметь величину между 0 и половиной интервала. По умолчанию используется половина интервала. Если используются уменьшенные дистанции (параметр **NSUBLAG)**, то для них допуск устанавливается равным **LAGTOL/NSUBLAG.**

Ограничивающий цилиндр

Кроме вертикального и горизонтального углов регуляризации пользователь может установить ограничение на поиск пар проб в виде пространственного цилиндра с радиусом **CYLRAD.** Его ось проходит по заданному направлению, в котором рассчитывается вариограмма. Этот цилиндр ограничивает выбор проб на больших расстояниях, когда конус углов регуляризации становится очень широким (рис. 3.2). При оценке значения вариограммы для основной пробы 1 будут учтены только пробы 3 и 4. Проба 2 выходит за пределы пирамиды, а проба 5 выходит из заданного цилиндра. По умолчанию это ограничение не используется, и **CYLRAD** = 0.

Поля содержаний (до 24) могут быть введены, как ***F1*** , ***F2*** , ... ***F24.*** Программа начинает работать, когда введено хотя бы одно поле (***F1)*** .

Если надо рассчитать **кроссвариограммы** для более чем 2-х указанных полей, то используется параметр **CROSSVAR.** К сожалению, использование ко-кригинга, в котором применяются кроссвариограммы, в системе Датамайн пока не предусмотрено

Вариограммы по пластам

Если месторождение стратифицировано, то часто бывает полезным расчет вариограмм отдельно по каждому пласту, а затем - определение средней функции. Основная плоскость определена как XY, но с помощью разворота координат можно анализировать любую плоскость в пространстве. Пласты определяются 2-мя параметрами:

- **SPACING -**Мощность одного пласта (слоя) в направлении, перпендикулярном повернутой плоскости XY
- **LAYMETH** - Метод расчета вариограмм по пластам: 0 – расчет по пластам не делается, 1 – вычисляется только средняя для всех пластов вариограмма, 2 – рассчитываются все виды вариограмм. Поле LAYER включается в выходной файл.

Этот расчет не может быть выполнен для заданных ключевых полей. Все заданные установки по вертикали (кроме параметра **VERANG**) – игнорируются.

Индикаторные вариограммы

Индикаторные вариограммы рассчитываются только для одного поля (***F1)*** и множества значений бортовых содержаний. Если содержание больше борта, то в учет берется величина (индикатор) - 1, в другом случае – 0. Если смежные значения бортов отличаются на одинаковую величину, то эти борта могут быть определены 3-мя параметрами:

- **INDSTEP** - шаг расчета бортов
- **INDMIN** - минимальный борт
- **INDNUM** - число бортов

Если нет, то они должны быть заданы в файле **CUTOFF**. Если заданы и файл и параметры, то используется файл. Для расчета может использоваться 2 индикаторных метода. Первый – описан выше, а второй – метод вложенных индикаторов. В этом методе проба отбрасывается после использования. Метод имеет 2 разновидности расчета: Снизу – вверх и наоборот. Их отличия приведены ниже.

Ci - номер бортв i, где 1 <= i <= 24.
C0 – очень большое отрицательное число.
Cn+1 - очень большое положительное число.
n - число бортов.
Ii - значение индикатора для борта i.
g - содержание в пробе.

Обычный метод:
Если g <= Ci, то Ii = 0.
Если g > Ci, то Ii = 1.

Nested Method, Bottom Up (метод вложения – вверх):
Если g <= Ci-1, то Ii = - (отсутствие данных).
Если Ci-1 < g <= Ci, то Ii = 0.
Если g >Ci , то Ii = 1.

Nested Method, Top Down (метод вложения – вниз):
Если g <= Ci , то Ii = 0.
Если Ci < g <= Ci+1, то Ii = 1.
Если g > Ci+1, то Ii = - (отсутствие данных).

Значение индикатора «-» означает, что проба не используется в расчете вариограммы для данного борта. Если выбран расчет индикаторных вариограмм, то кроссвариограммы не рассчитываются.

Выходной файл вариограмм.

Выходной файл результатов расчета содержит следующую информацию:

- GRADE - поле содержаний, первое – для кроссвариограмм
- GRADE2 - второе поле содержаний для кроссвариограмм
- CUTOFF - борт для индикаторных вариограмм
- KEY - ключевое поле
- KEYMETH - используемый метод выбора проб в ключевых полях
- LAYER - номер пласта
- AZI - азимут в повернутой системе координат
- DIP - вертикальный угол в повернутой системе координат
- WAZI - азимут в не повернутой системе координат
- WDIP - вертикальный угол в не повернутой системе координат
- LAG - номер лага
- AVE.DIST - среднее расстояние интервала
- NO.PAIRS - число пар проб, используемых в расчета
- COVAR - значение ковариационной функции
- VGRAM - значение вариограммы или кроссвариограммы
- PWRVGRAM - значение относительной вариограммы
- LOGVGRAM - значение логарифмической вариограммы
- NSAMPLES - количество проб, используемых в расчете
- AVGRADE - среднее значение содержаний (или индикаторов) для первого поля
- AVGRADE2 - то же для второго поля (кроссвариограмма)
- VRGRADE - дисперсия (ковариация для кроссвариограммы) для поля содержаний
- AVLGRADE - среднее значение логарифмов содержаний (или индикаторов) для первого поля
- AVLGRAD2 - то же для второго поля (кроссвариограмма)
- VRLGRADE - дисперсия (ковариация для кроссвариограммы) для поля логарифмов содержаний
- ANGLEn - углы поворота системы координат (1-3)
- AXISn - оси, вокруг которых делается поворот (1-X, 2-Y, 3-Z)

Время расчета зависит от количества проб во входном файле. Это время. можно уменьшить, задавая меньшее количество лагов, т.е. сократить максимальное расстояние между пробами.

3.2.3 Рекомендации по расчету экспериментальных вариограмм

Вариограммный анализ обычно начинается с расчета изотропной вариограммы, когда не учитываются какие-нибудь отдельные направления, а принимается во внимание только параметр h. Полученная функция не дает информации о вариограммах по направлениям, и может использоваться главным образом для уточнения параметров расстояний, чтобы наиболее правильно задавать их в расчетах функций по направлениям. Обычно на это уходит несколько попыток построения изотропной вариограммы.

Кроме того, на изотропной вариограмме яснее различимы структуры изменчивости массива, которые часто трудно различить на вариограммах по направлениям, т.к. они рассчитываются по значительно меньшему количеству пар проб. Если даже изотропная вариограмма не показывает четкой структуры, то в большинстве случаев безнадежно ожидать этого от детальных функций по направлениям, и следует вернуться к этапу анализа исходных данных.

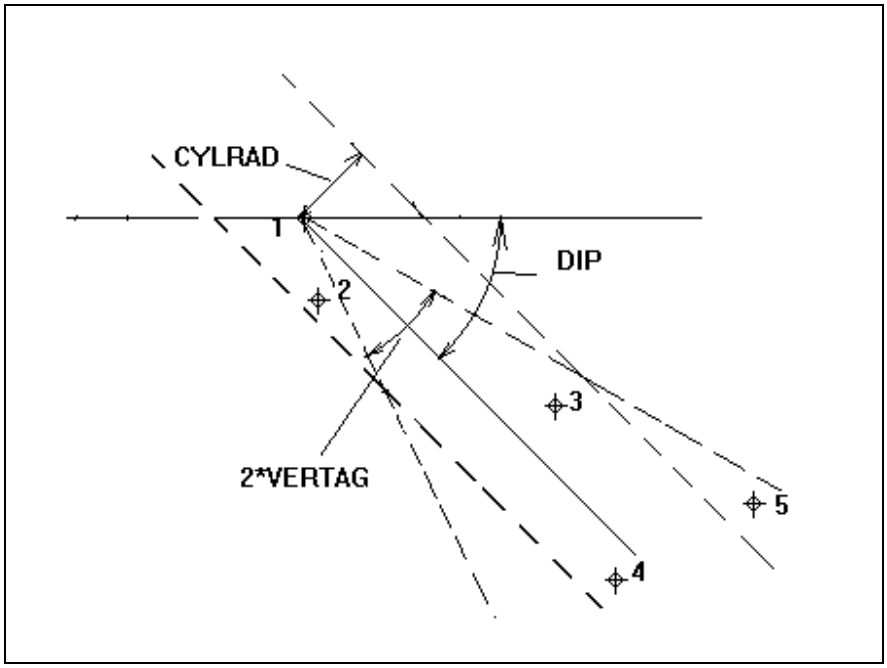


Рисунок 3.2. Пример, показывающий принцип выбора пар проб в программе VGRAM.

Многие месторождения далеки от стационарности, при которой математическое ожидание и дисперсия сохраняют для разных блоков и участков относительное постоянство. Следовательно, для большинства практических случаев характерно наличие пропорционального эффекта и квазилогнормального распределения.

Обычным выходом в этой ситуации является использование логарифмических вариограмм и, следовательно, - логнормального кригинга, который в ряде случаев дает некорректные результаты.

Альтернативой данному подходу (если установлено наличие пропорционального эффекта) является использование **относительных** вариограмм, которые позволяют учитывать при расчетах экспериментальных функций среднее значение используемых проб, или точнее "взвешивать" полученные оценки вариограммы по величине местного среднего значения проб.

Есть 3 типа относительных вариограмм, часто используемых для получения более чистых структур пространственной изменчивости: Местная, Общая и Попарная относительные вариограммы.

Общая относительная вариограмма взвешивает дисперсию по среднему значению переменной для всего оцениваемого месторождения. Опыт исследователей показывает, что такой тип вариограммы завышает оценки дисперсий по сравнению с реальными. Поэтому при ее использовании следует проверять корректность расчетов на каждом этапе.

Местная относительная вариограмма учитывает в расчетах локальное среднее, поэтому корректность ее несколько выше.

В системе ДАТАМАЙН рассчитывается обычно только третий вид относительной вариограммы, где взвешивается по своему среднему значению каждая пара проб

Различие между обычной и относительной вариограммами заключается в знаменателе, который позволяет устранить влияние очень больших значений проб на расчеты моментов инерции.

Логарифмическая вариограмма обычно выглядит лучше, чем относительная, и к ней легче подобрать модель. Однако, часто безопаснее использовать относительную вариограмму из-за возможных "сюрпризов" логнормального кригинга (см. раздел 5.4).

После того, как получены "хорошие" изотропные вариограммы, можно приступать к анализу анизотропии исследуемого массива – его структурному анализу. В большинстве случаев исследователь, изучив геологические материалы по месторождению, имеет хотя бы самые общие представления о расположении главных осей его анизотропии. Нет особых

трудностей, например, определить анизотропию жильного и осадочного (пластового) месторождения. Некоторые предположения также можно сделать, рассматривая поуступные карты изолиний показателей качества.

В горном компьютерном мире существуют программы, которые определяют основные оси анизотропии исследуемых массивов. Одна из таких программ - VISOR австралийской компании Сноуден (Snowden). Она рассчитывает для рассматриваемых участков массива круговые диаграммы, на которых можно идентифицировать направление основных структур залежи.

Можно выполнить такие расчеты и в системе Датамайн. Для этого сначала необходимо рассчитать секторные вариограммы в горизонтальной плоскости, например, через 10 градусов в пределах азимута: 0-180 градусов. Таким образом, будет оценено все пространство в горизонтальной плоскости. Затем нужно рассчитать координаты X и Y каждой точки вариограммы, после чего - построить блочную модель плоскости (1 слой блоков), по которой проинтерполировать значение вариограммы (нормальной, относительной или лог-нормальной). Полученная круговая картина позволит судить о направлении основной структуры массива в горизонтальной плоскости. Можно не создавать блочной модели, а просто создать чертеж изолиний значений вариограммы в горизонтальной плоскости (рис. 3.3.).

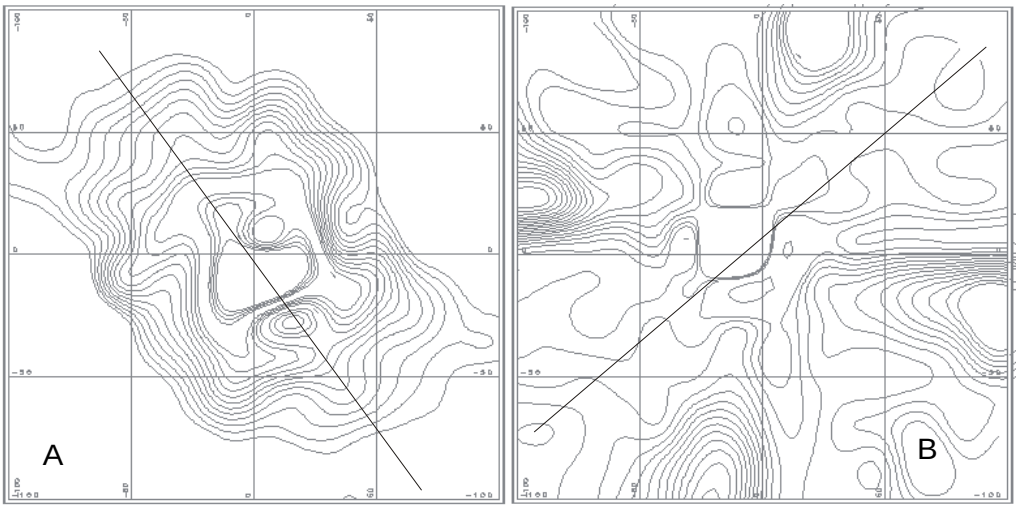


Рисунок 3.3. Пример круговой вариограммы для золоторудного месторождения. А – в горизонтальной плоскости, В – в вертикальной плоскости вдоль линии на левом чертеже. Линиями показаны направления главной структуры массива: AZI=325^0, DIP=40^0.

Далее необходимо измерить азимут направления, в котором изменчивость содержаний минимальна, развернуть систему координат параллельно ему и снова рассчитать множество вариограмм, но уже в вертикальной плоскости. На соответствующем чертеже можно определить вертикальный угол падения основной структуры массива (рис. 3.3.). Теперь мы знаем, в каких направлениях следует рассчитывать основные вариограммы для данного содержания. Одно из них (падение) характеризуется полученными азимутом (на горизонтальной плоскости) и вертикальным углом (в вертикальной плоскости). Второе и третье направления (простирание и вкрест простирания) будут размещаться перпендикулярно ему в вертикальной и наклонной плоскостях.

Если читатель не может предположить главных направлений анизотропии геологического тела, то следует попробовать рассчитать вариограммы для всей полусферы, разделив ее на пространственные пирамиды (конусы, сектора) с углом при вершине 20-40 градусов. После этого, для определения основных структур следует поочередно рассматривать взаимно-перпендикулярные вариограммы. Надо иметь в виду, что этот процесс носит интерактивный характер, и требуется обычно несколько попыток для получения удовлетворительных результатов.

Допуск лага по умолчанию составляет 1/2 от величины лага, т.е. в данном случае для выбора проб используется все возможное пространство. При регулярной сети проб и направлениях, параллельных сети, иногда целесообразно задавать меньшую величину этого параметра. При этом можно получить более ясную вариограмму, хотя часть пар проб не будет использована в расчете.

Правильный выбор величины лага позволяет часто получать более плавную функцию, рис. 3.4.

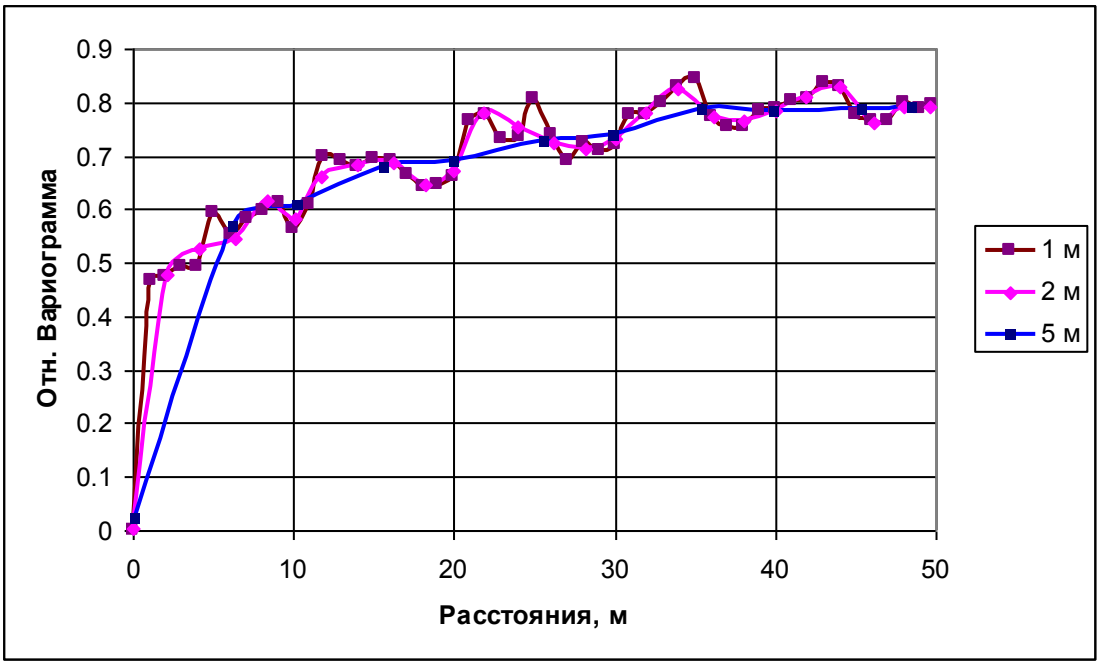


Рисунок 3.4. Влияние размера лага на характер изотропной вариограммы Ag для золоторудного месторождения

Каждая полученная вариограмма требует (по возможности) глубокого анализа и сопоставления с геологическими данными. Следует иметь в виду , что ПРЕДЕЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ, НА КОТОРОМ МОЖНО СЧИТАТЬ ВАРИОГРАММУ НАДЕЖНОЙ, НЕ ПРЕВЫШАЕТ ПОЛОВИНЫ МАКСИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПРОБАМИ В РАССМАТРИВАЕМОМ НАПРАВЛЕНИИ.

Существует два способа отображения вариограмм:

- стандартный способ, показанный выше, когда изображается величина **среднего** квадрата разности относительно расстояния, или
- в виде облака всех точек квадратов разностей относительно расстояний - «вариограммного облака».

Преимущество стандартного изображения функции заключается в синтезе всей информации для каждого класса расстояния в одну точку, но в этом случае теряются детали. Иногда эти детали могут помочь специалисту лучше понять поведение вариограмм и избавиться от явно нереальных ситуаций.

3.2.4 Исследование экспериментальных вариограмм

На практике, экспериментальные вариограммы часто имеют намного более эрратическую форму, чем примеры, представленные в книгах и журнальных статьях. Так как причины возможных проблем чрезвычайно многочисленны и разнообразны, то невозможно представить здесь их все.

Расчет нужного количества вариограмм при некотором навыке обычно затруднений не вызывает. Все трудности начинаются тогда, когда исследователь уже имеет набор функций для выбранных им направлений в пространстве.

Исследовательский этап обычно состоит из 2-х стадий. Сначала необходимо определить степень анизотропии массива, для чего полезно сопоставить на одном чертеже вариограммы для основных направлений анизотропии (Рис.3.5).

Как правило, эти вариограммы отличаются только величиной зоны влияния проб. Для точной оценки анизотропии важно установить направления, в которых Зона максимальная и минимальная, и согласовать эти выводы с геологическими данными.

На следующем шаге надо сопоставить результаты расчета вариограмм для одинаковых направлений, полученные по разным (несовместимым) наборам исходных данных, например данных кернового бурения разведочных скважин и результатов геофизического опробования буровзрывных скважин. Если хорошей "стыковки" этих вариограмм не получается, то причины следует искать в области геологии. Полезно перед таким сопоставлением привести обе вариограммы к точечному виду (см.ниже). Если в результате анализа данных по месторождению выявляется зависимость между средним значением того или иного геологического признака и его дисперсией, то это часто является признаком пропорционального эффекта, для устранения влияния которого на результаты требуется специальная корректировка вариограммной модели.

Самый легкий способ установить наличие пропорционального эффекта - совместить вариограммы одного направления для различных участков, блоков, горизонтов и т.д. Если пороги и эффекты самородков этих вариограмм отличаются, то можно подозревать наличие указанного эффекта. О нем также часто свидетельствует и логнормальный закон распределения рассматриваемой переменной.

Для учета пропорционального эффекта в вариограммной модели необходимо выполнить следующее:

-построить график зависимости дисперсии (стандартного отклонения) от средних значений для проб отдельных участков, блоков, горизонтов и т.п.;

-методом наименьших квадратов (регрессионным анализом) установить вид зависимости "дисперсия = f(среднее)";

-выражение "f(среднее)/C" (где C- средний по месторождению порог вариограммы) подставить сомножителем в модель вариограммы для использования в дальнейших расчетах.

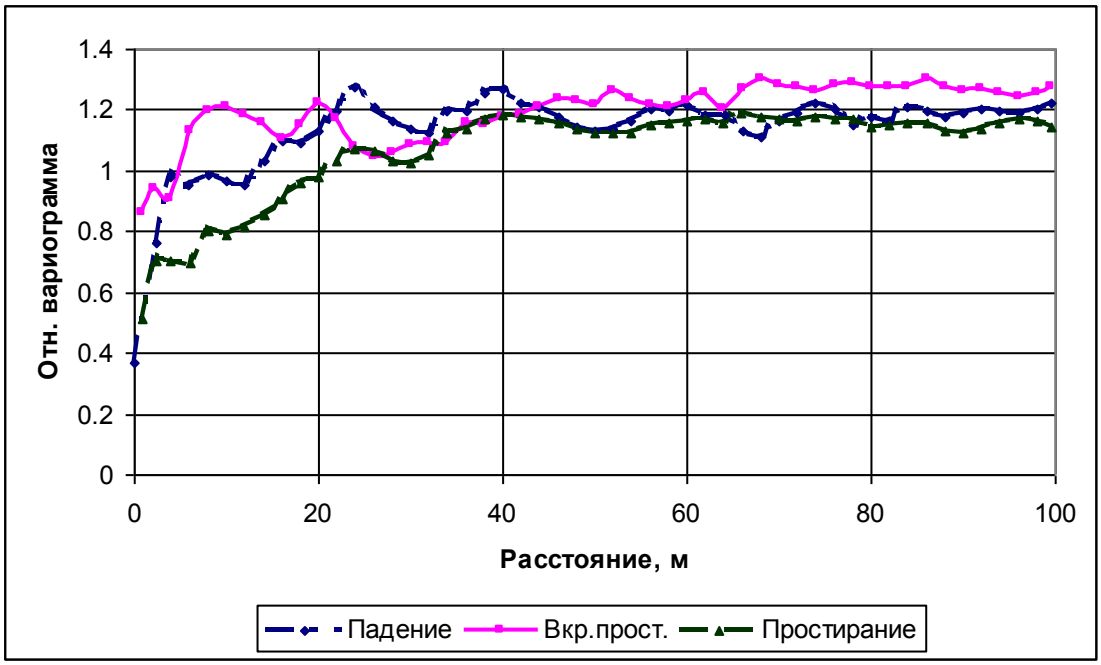


Рисунок 3.5. Вариограммы Zn для 3-х взаимно перпендикулярных направлений главных структур массива месторождения

Эффект включений (рис. 3.6.) иногда появляется на экспериментальных вариограммах, особенно при анализе осадочных месторождений. Во многих случаях он свидетельствует о зональности, т.е. о периодическом чередовании богатых и бедных зон. Обычно этот эффект характеризуется относительной амплитудой, которая определяется отношением максимального значения вариограммы (на гребне) к ее порогу , а также расстоянием, при котором достигается максимальное значение.

Тренд (глобальный или локальный) – это распространенное явление на большинстве месторождений. О существовании тренда, который следует учитывать в оценочных расчетах, свидетельствует характер экспериментальной вариограммы, а именно - параболическое возрастание функции до величины, значительно превышающей порог. Если наличие тренда

установлено, то его влияние на оценку должно быть устранено или для оценки должен использоваться универсальный кригинг.

Один из способов оценки запасов при наличии тренда - это аппроксимация "поверхности тренда" полиномиальной функцией и расчет отклонений анализируемого показателя массива проб от этой "поверхности". После этого рассчитывается экспериментальная вариограмма для "остатков", к ней подбирается пространственная модель, а затем проводится интерполяция значений "остатков" методом обычного кригинга. На завершающем этапе полученные оценки "остатков" складываются со значениями "поверхности" тренда в заданных точках.

Если вариограмма представляет собой **чистый эффект самородков**, т.е.- практически прямую линию без пологого участка, то применение геостатистики в данном случае бессмысленно, т.к. между пробами отсутствует корреляционная связь. К определению этого эффекта при моделировании вариограмм следует подходить особенно осторожно, т.к. он больше чем другие параметры влияет на точность кригинга и других геостатистических методов.

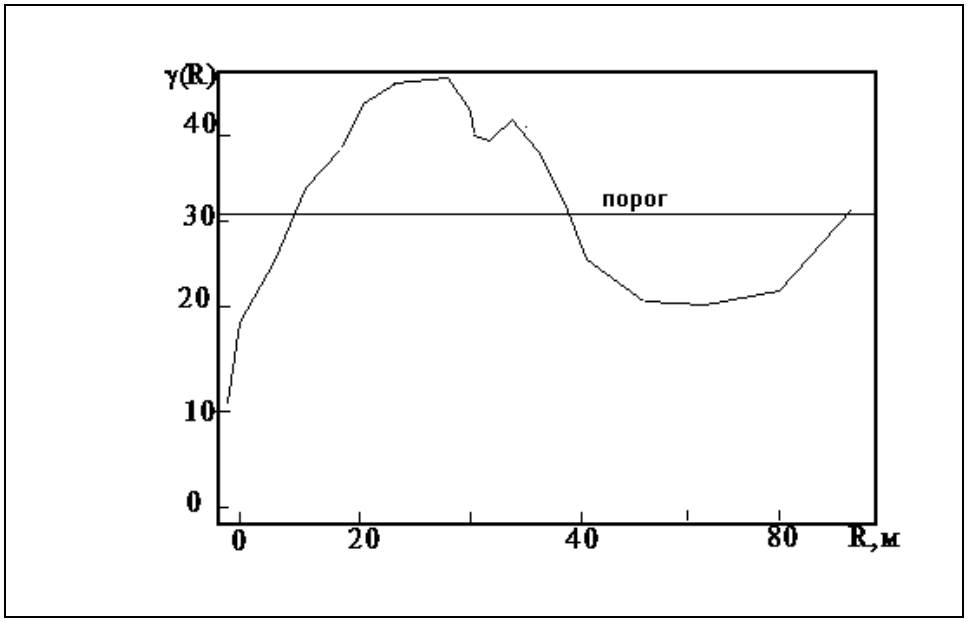


Рисунок 3.6. Эффект включений на вариограмме.

При расчетах экспериментальных вариограмм присутствие в массиве данных даже одного выброса (ошибки данных или «ураганного» содержания) может привести к высоко эрратической вариограмме. Первым шагом в поиске причины должно быть построение гистограмм, на которых экстремальные значения обычно хорошо видны. После исключения этих проб из массива данных характер вариограммы, как правило, нормализуется.

Однако, в других случаях (например, при сильно асимметричном распределении содержаний золота или урана) нелегко найти хороший способ оценивания вариограммы. Пробы с высоким содержанием обычно встречаются совместно с бедными пробами и не размещаются в отдельных зонах. Более важным является то, что обычно решение о разработке месторождения принимается по богатым пробам. В этом случае удаление выбросов или уменьшение их содержаний до произвольно установленных величин не является хорошим решением.

В практике также часты ситуации, когда значениям переменных необоснованно присваивается либо значение 0 (при отсутствии данных), либо другой малой величины, которая при логарифмировании выдает нереальные вариограммы.

Эти ошибки скорее глупые. Читая это, каждый, наверное, уверен, что он не будет делать таких ошибок, но опыт показывает, что они более распространенны, чем большинство из нас допускает. Поэтому единственный путь их устранения – это аккуратное исследование данных. Будет абсолютно бесполезно применять "надежные" методы расчета вариограмм для данных, имеющих ошибки и неточности. К счастью, компьютерные технологии теперь позволяют нам работать со многими окнами на экране. Поэтому возможно одновременно

отображать несколько графиков (таких как карта размещения данных, гистограмма и вариограмма), чтобы легче найти причину эрратического поведения.

3.3 Подбор моделей вариограмм

3.3.1 Введение

Экспериментальная вариограмма может быть непосредственно использована для решения геологоразведочных задач, однако, такое ее применение весьма ограничено условиями, для которых она действительна. Из-за дискретности геологических наблюдений рассчитанная реализация вариограммы соответствует только тому ограниченному набору исходных данных, который точно соответствует объему выборочной совокупности и взаимному расположению точек измерения геологической переменной в пространстве.

В практике решения геостатистических задач обычно необходима информация о значениях вариограммы для любых (в т.ч. - заранее неизвестных) расстояний между этими точками, независимо от того, соизмеримы они каким-либо образом с шагом разведочной сети (или опробования) или нет. По этой причине дискретная экспериментальная вариограмма должна быть аппроксимирована некоторой непрерывной функцией, которая может быть вычислена для любого необходимого значения аргумента.

Опыт подсказывает, что аналитическая форма модели не так важна, как ее главные свойства. Расположим их в порядке уменьшения важности (см. рис. 3.9):

- эффект самородка (нарушение непрерывности функции в начале),
- наклон линии в начале,
- зона влияния,
- порог,
- анизотропия.

Поведение в начале (эффект самородка и наклон) играет критическую роль в подборе модели вариограммы; оно также имеет огромное значение для результатов кригинга и стабильности его системы уравнений. Наклон можно оценить по первым трем - четырем значениям вариограммы; эффект самородка - экстраполяцией кривой в начало системы координат. Первое значение вариограммы для надежности вычисляется по возможно большему количеству пар точек. Бурение дополнительных скважин на небольших расстояниях может помочь получить лучшее значение эффекта самородка.

Зону влияния обычно можно оценить визуально. Порог характеризуется значением, где вариограмма стабилизируется (становится горизонтальной). Для стационарных переменных порог совпадает с общей дисперсией проб, но иногда это не верно, так как в исходных данных присутствуют тренды большой протяженности. Если присутствует более одной зоны влияния (несколько структур), то вспомогательные зоны можно различить визуально в местах, где вариограмма меняет кривизну. Моделирование анизотропии требует большего опыта. В общем, хорошую модель можно получить как сумму двух или трех единичных моделей. Использование большего числа моделей для суммирования повышает стоимость последующих вычислений, поэтому необходимо избегать этого. Подгонка обычно делается интерактивно с использованием какого-нибудь графического редактора.

Специалисты часто спрашивают, почему не рекомендуется использовать метод наименьших квадратов или другие автоматические регрессионные методы для подгонки модели вариограммы. Существует три причины для этого.

- Во-первых, модель должна быть положительно определенной (иначе говоря, дисперсия не должна становиться отрицательной). Многочлены, получаемые с помощью метода наименьших квадратов, редко удовлетворяют этим условиям.
- Во-вторых, метод наименьших квадратов предполагает, что точки проб являются независимыми наблюдениями, что не справедливо для экспериментальной вариограммы.
- В-третьих, поведение вариограммы около начала (т.е. для расстояния меньшего, чем первый лаг) обычно неизвестно, и естественно, что метод наименьших квадратов не может его предсказать. Требуется опыт и рассудительность.

Первую проблему можно решить подбором только положительно определенной модели, но это не разрешает остальные две проблемы.

3.3.2 Основные типы моделей вариограмм

Если мы хотим гарантировать, чтобы дисперсия любой линейной комбинации никогда не стала отрицательной, мы можем использовать в качестве моделей для вариограмм или ковариаций только определенные функции.

Полученная модель должна быть по построению положительно определенной или, по крайней мере, условно отрицательно определенной в пространстве, в котором она была построена. Очень непросто найти функции, которые обладают всеми требуемыми свойствами или произвести соответствующую проверку функций, поэтому лучше выбрать модель вариограммы из списка подходящих, чем создавать новую. Перечень основных типов моделей дан ниже. Они могут быть добавлены для получения других допустимых моделей, потому что это будет эквивалентно сложению независимых случайных функций, но вычитание их невозможно. Нельзя также объединять их частями. Здесь мы имеем в виду, что вы не можете выбрать одну модель для одного интервала расстояний, затем - другую – для следующего.

В геостатистике известно несколько функций, которые используются для аппроксимации экспериментальных вариограмм в качестве их моделей.

Наибольшее распространение на практике получили следующие виды функций.

Модель эффекта самородка соответствует чисто случайному явлению (белый шум) между некоррелированными значениями, независимо от расстояния между ними.

$$\gamma(\mathrm{h}) = \begin{cases} 0, & \mathrm{h} = 0 \\ \mathrm{C}, & |\mathrm{h}| > 0 \end{cases} \qquad (3.2)$$

Сферическая, с помощью которой может быть описано большинство экспериментальных функций:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1\left(\frac{1.5h}{A} - \frac{0.5h^3}{A^3}\right) \quad \text{при } h<=A$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 = C \quad \text{при } h>A \qquad (3.3)$$

$$\gamma(0) = 0,$$

где: A - зона влияния, м;
Co - эффект самородков;
C=Co+C1 - порог вариограммы.

Эта модель имеет линейное поведение в начале координат и порог (C), обычно равный дисперсии исследуемого массива проб. Возрастая, функция достигает порога на расстоянии h = A, а при h > A остается равной C. Касательная, проведенная к этой функции от начала координат, пересекает линию порога на расстоянии h = 2A/3 от начала координат (Рис.3.7, 3.9).

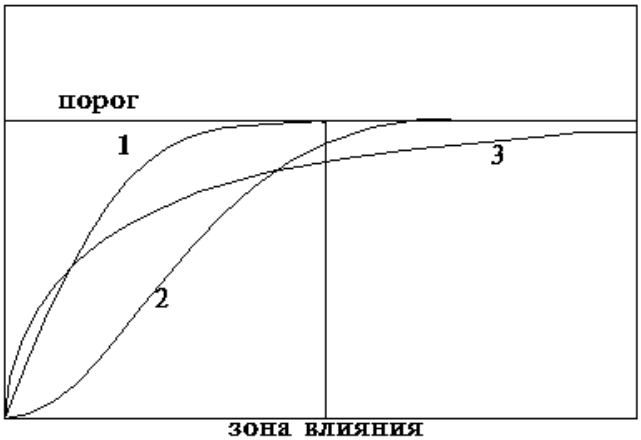


Рисунок 3.7 Пороговые модели вариограмм: 1- сферическая, 2- Гаусса, 3- экспоненциальная.

Экспоненциальная модель (Рис. 3.7) похожа на сферическую, но имеет более пологий характер и достигает порога на расстоянии h = 3A. Касательная к функции от начала координат пересекает порог при h = A. Уравнение функции:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1\left[1 - \exp\left(-\frac{h}{A}\right)\right] \qquad (3.4)$$

Модель Гаусса (Рис.3.7) имеет параболическое поведение в начале координат и редко используется на практике (в основном для характеристики слабо изменчивых массивов с большим количеством проб). Порог здесь достигается только условно. Для малых расстояний иногда можно спутать параболическую часть этой функции с эффектом тренда.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1\left[1 - \exp\left(-\frac{h^2}{A^2}\right)\right] \qquad (3.5)$$

Беспороговые модели чаще всего представлены **степенной** (3.6), **линейной** (при показателе степени уравнения (3.6) равном 1) и **логарифмической** (Де-Вийса) функцией (3.7).

$$\gamma(h) = Ah^p + B \qquad (3.6)$$

$$\gamma(h) = A\ln h + B \qquad (3.7)$$

Последняя функция очень широко использовалась в геостатистических расчетах в начальный период развития теории из-за возможности очень простого получения (без компьютера) важных характеристик и оценок.

Если объем исходных данных и их размещение в пространстве позволяют анализировать изменчивость переменных только в пределах установленных интервалов влияния, то пороговые модели (такие, как сферическая) могут быть заменены линейной или логарифмической, что обеспечивает существенное снижение трудоемкости вычислений.

Из моделей с периодическим эффектом можно упомянуть **Базовую синусоидальную модель** (рис. 3.8) – одну из редких моделей со скважинным эффектом в трехмерном пространстве, которая соответствует очень непрерывным структурам. Ее уравнение имеет вид:

$$\gamma(\mathrm{h}) = \mathrm{C}\left(1 - \frac{\sin\ \mathrm{r}}{|\mathrm{r}|}\right), \qquad (3.8)$$

где r=h/a (в радианах).

Эта модель имеет порог и характеризуется параболическим поведением в начале координат. Все представленные выше модели положительно определены в трехмерном пространстве.

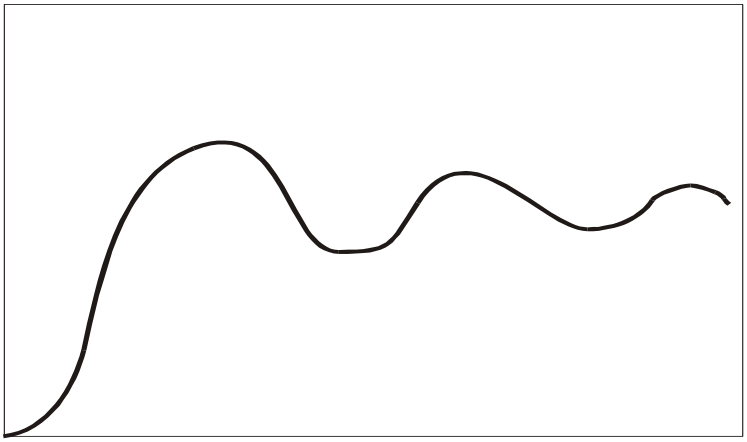


Рисунок 3.8. Базовая синусоидальная модель

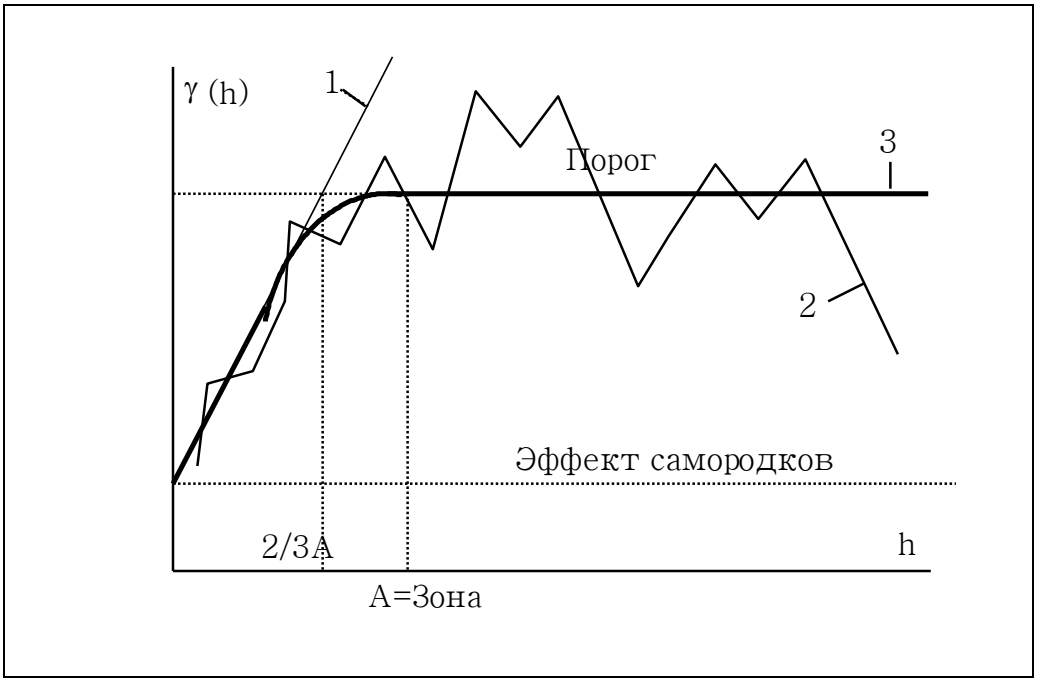


Рисунок 3.9. Визуальный подбор сферической модели

3.3.3 Подбор моделей к экспериментальным вариограммам

Подбор моделей может производится как визуально (что на практике встречается чаще всего), так и различными компьютерными методами подгонки экспериментальных функций к стандартным моделям. Второй способ позволяет получать более точные оценки, однако имеет серьезные специальные ограничения, не позволяет эффективно использовать интуицию пользователя и, в некоторых случаях, приводит к получению нестандартных для геостатистики функций.

В большинстве случаев бывает достаточно визуальной подгонки моделей. Очень просто, например, вручную подобрать модель к сферической функции (аналогично - и к экспоненциальной), рис 3.9. Проводят касательную (1) к начальному участку экспериментальной функции (2) до встречи ее с горизонтальной линией уровня дисперсии (порога). Пересечение касательной с осью Y даст значение эффекта самородков, а пересечение с линией дисперсии - значение 2A/3 (на оси X), по которому легко можно определить значение Зоны влияния A и построить окончательный вид функции.

Часто приходится иметь дело с несколькими структурами изменчивости (Обычно не более трех, рис.3.10), описываемыми различными моделями. Итоговая функция модели может принимать вид:

$$\gamma(h) = C_0 + \gamma_1(h) + \gamma_2(h) + ... + \gamma_n(h) \qquad (3.9)$$

Для каждой структуры подбирается своя элементарная модель, из которых в итоге формируется полная модель исследуемого объекта.

В заключение надо отметить, что небольшие (в разумных пределах) колебания большинства параметров вариограммной модели мало влияют на результаты оценки (кригинга), т.е. визуальная подгонка моделей вполне допустима .Особо осторожно следует подходить лишь к оценке эффекта самородков (Co), т.к. это самый чувствительный и влиятельный фактор модели, а также – к форме и наклону функции в начале координат.

В разных компьютерных системах, как правило, имеются специальные программы для визуальной интерактивной подгонки моделей к экспериментальным вариограммам.

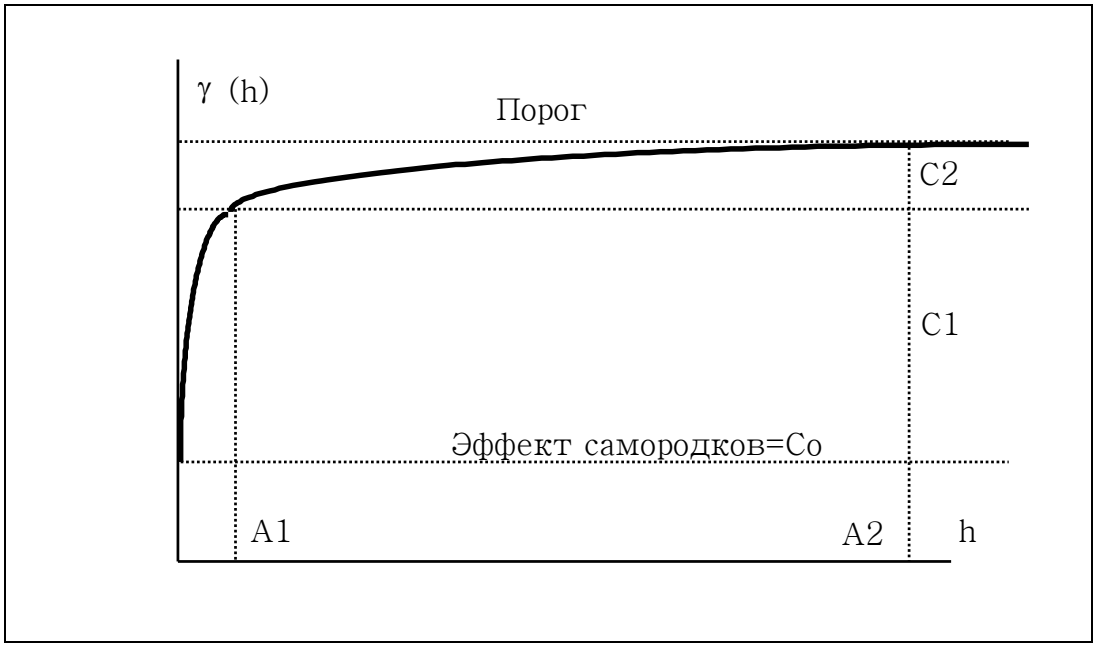


Рисунок 3.10. Пример двух структурной сферической модели вариограммы. A1 и C1 - параметры первой модели, A2 и C2 - параметры второй модели

При работе с этими программами одна или несколько экспериментальных вариограмм показываются на экране. Пользователь может выбрать из предлагаемых моделей наиболее подходящую, визуально подогнать ее к экспериментальному графику. Когда нужная модель выбрана, то она может быть сохранена в выходном файле или выведена на плоттер в виде чертежа, внизу которого содержатся все требуемые параметры модели (рис. 3.11). Такой процесс (VARFIT) имеется и в системе Датамайн. Он позволяет в полуавтоматическом или интерактивном режиме подобрать требуемую модель (в том числе и пространственную) для экспериментальных вариограмм. Доступные виды функций:

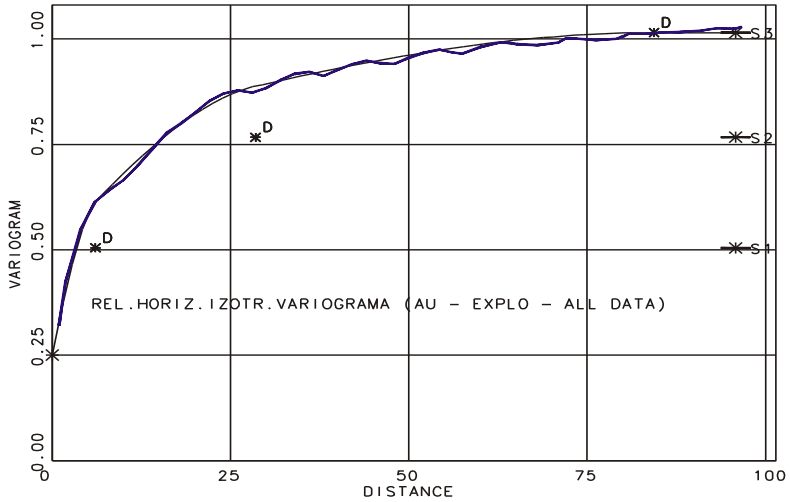
- Сферическая
- Гауссова
- Экспоненциальная
- Степенная
- Логарифмическая

Каждая моде6ль может содержать до трех структур, а также быть одномерной или трехмерной.

3.3.4 Приведение моделей к точечному виду (регуляризация)

Все экспериментальные вариограммы строятся на пробах, имеющих размеры и объем, отличные от точки. Иногда приходится обрабатывать данные нескольких видов опробования с разными размерами проб. В последующих расчетах чаще всего приходится распространять свойства модели на самые различные объемы руды и породы. Между тем известно, что форма и параметры вариограммы тесно связаны с размерами основания (блока или пробы, для которых делается оценка), рис.3.12.

Для сравнения и корректного объединения результатов расчетов вариограмм **для проб, имеющих разный объем**, необходимо привести модели к точечному основанию. Эта стадия изучения массива также является желательной, если нельзя без серьезного искажения результатов допустить, что полученную нами модель можно признать точечной. Все последующие этапы геостатистического исследования используют вариограммную модель только на точечном основании.



Variogram Grade:

3 Structure Isotropic Model. Nugget - 0.25

Structure	Range	C Value	Sill
1	6.1	0.25	0.50
2	28.5	0.26	0.77
3	84.4	0.25	1.01

Рисунок 3.11. Пример подбора трех структурной сферической модели вариограммы с помощью процесса VARFIT системы Датамайн.

Различают 2 наиболее простых, но часто встречающихся случая регуляризации:
1) месторождение разведано пробами одинаковой длины (l);
2) рассматривается слой (или пласт) одинаковой мощности (l).

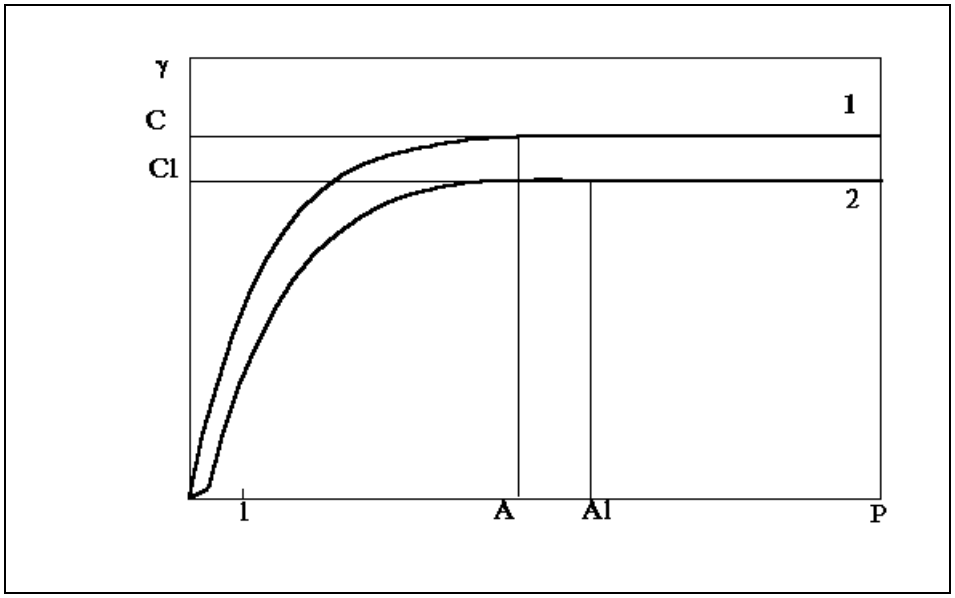


Рисунок 3.12. Общий вид вариограммы: 1- точечной, 2- на основании L.

В данных случаях Порог точечной вариограммы равен (для расстояний h > l)

$$C = C_l + \gamma(l,l) \quad , \qquad (3.10)$$

где: Cl - порог вариограммы с основанием l;
а выражение:

$$\gamma(l,l) \approx \frac{l}{2a} - \frac{l^3}{20a^3} \ , \qquad (3.11)$$

Зона точечной вариограммы для проб одной длины равна

$$A = A_l - l \quad , \qquad (3.12)$$

а для пластов : $A = A_l$ (3.13)

Такая аппроксимация дает ошибку не более 10% в наиболее неблагоприятном случае и менее 1% в основных ситуациях, встречающихся на практике (т.е. при h > 3l и при любом соотношении l/A)

3.3.5 Пространственная модель вариограммы

После получения набора экспериментальных вариограмм для основных направлений анизотропии массива и приведения его в соответствие с реальной геологической картиной месторождения необходимо создать из этих составляющих единую 3-х мерную пространственную вариограммную модель. Эта модель будет участвовать во всех последующих геостатистических расчетах, и поэтому должна быть максимально корректна.

В общем случае модель месторождения может состоять из изотропных и анизотропных составляющих. Различают геометрическую и зональную анизотропию. Второй тип связан с наличием на месторождении особых структур изменчивости, каждая из которых в свою очередь может иметь свою геометрическую анизотропию.

Геометрическая анизотропия чаще всего используется на практике и предполагает, что вариограммная модель в разных направлениях имеет различные зоны влияния, но - одинаковый порог, и ее можно превратить в изотропную модель простым преобразованием координат.

В компьютерных системах и программах (в т.ч. и в Датамайн) чаще всего используется геометрическая анизотропия, а также следующие принципы описания пространственных вариограммных моделей.

Все параметры для каждой модели могут быть анизотропные, т.е. они могут иметь различные значения для различных направлений. В случае, когда анизотропия установлена, должны быть определены три взаимно перпендикулярных направления, соответствующих главным осям пространственного эллипсоида анизотропии. Длина осей эллипсоида в каждом направлении представляет собой значение зоны влияния (или другого параметра) в этом направлении. Предполагается, что главные оси анизотропии имеют те же направления для каждого параметра вариограммы, но коэффициенты анизотропии, определенные как отношения длин двух осей эллипсоида, могут быть различными для разных параметров.

Последовательность сопоставления используемой прямоугольной системы координат с осями пространственного эллипсоида анизотропии приведена ниже (Рис.3.13):

1. Сначала предположим, что оси эллипсоида A, B и C параллельны соответственно X, Y и Z осям правосторонней системы координат.
2. Затем поворачиваем систему координат против часовой стрелки (если смотреть в положительном направлении оси Z) на угол P (P= 0 - 90 градусов) вокруг оси Z. Если поворачивать систему против часовой стрелки, то угол P будет отрицательный.
3. После этого поворачиваем систему координат на угол Q (Q = 0 - 90 градусов) против часовой стрелки (для положительного угла) вокруг "новой" оси X (или Y). Таким образом, только этими двумя поворотами (углы P и Q) можно задать практически любую ориентацию пространственного эллипсоида.
4. Если есть необходимость, то можно развернуть систему еще на один угол (G) против часовой стрелки (или по часовой стрелке – для отрицательного угла) вокруг "новой" оси Z.

Таким образом, можно совместить используемую нами систему координат с основными направлениями анизотропии массива, что необходимо для дальнейших геостатистических расчетов. Направления всех поворотов указаны верно, если смотреть в положительном направлении оси поворота.

Параметры вариограммы определяются для каждой оси эллипсоида: A,B и C. Чтобы вычислить значения параметра в D направлении, которое не параллельно ни одной из трех осей, уравнение эллипсоида решают вместе с уравнением прямой, проходящей через центр эллипсоида в направлении D.

Расстояние между центром эллипсоида и его поверхностью в данном направлении представляет собой требуемое значение параметра.

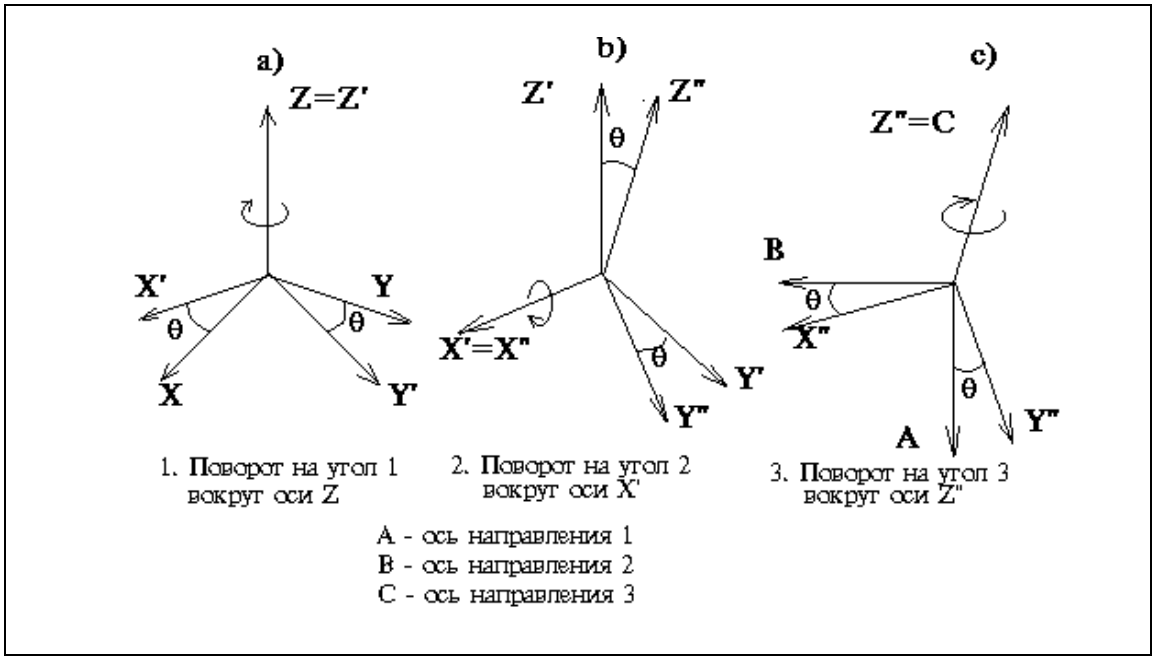


Рисунок 3.13. Поворот осей системы координат к эллипсоиду: a - угол P, b - угол Q, c - угол G.

Ниже приведен пример требуемого набора параметров пространственной вариограммной модели (2-х структурная сферическая модель) для расчета кригинга в системе Датамайн.

Требуется 18 параметров: (в каждой группе -3 параметра, соответственно для осей: A, B и C)

P 1-P3 - Эффект самородка (Co) для осей A,B,C
P 4-P6 - Разница между порогом первой структуры вариограммы и Co - (C1)
P 7-P9 - Зона влияния (A1) для первой структуры
P10-P12 - Разница между порогом второй структуры вариограммы и (Co+C1) - (C2)
P13-P15 - Зона влияния (A2) для второй структуры
P16-P18 – Углы поворота системы координат: 1, 2, 3.

Подробнее о способах задания параметров вариограммных моделей для кригинга сказано в разделе 5.4.

3.4 Проверка надежности вариограммных моделей

Как было отмечено выше, надежность геостатистических решений зависит от устойчивости моделей экспериментальных вариограмм, которая, в свою очередь, зависит от удачного выбора модели конкретной вариограммы и от того, насколько принятые параметры модели соответствуют характеру и особенностям пространственной изменчивости геологической переменной.

Единственное, что обычно известно о месторождении на этом этапе - это содержания в пробах, поэтому наилучшей проверкой будет воспроизведение этих фактических данных опробования, используя полученную вариограммную модель. Решение этой проблемы обеспечивается перекрестной проверкой моделей вариограмм.

Метод перекрестной проверки (cross-validation) был предложен в 1976 г П.Дельфинером и включен в виде процесса XVALID в систему Датамайн. Он работает следующим образом:

1. выбирается несколько наиболее подходящих моделей вариограмм пространственной переменной;
2. для одной из опробованных точек массива значение содержания удаляется, а его оценка производится по оставшимся пробам геостатистическим методом интерполяции - кригингом с использованием выбранной модели вариограммы;
3. шаг 2 повторяется для всех значений выборки;

4. полученные оценки сравниваются с фактическими значениями проб, рассчитываются статистические показатели обеих множеств, и оценивается теснота связи между ними;
5. шаги 1 – 4 повторяются для всех принятых для испытания моделей вариограмм; в качестве наилучшего выбирается такой вариант модели, для которого коэффициент корреляции между оценками и реальными значениями самый высокий.

Рассмотренная процедура проверки параметров модели получила еще одно название - процедуры пропуска одного наблюдения.

Из сказанного следует, что модель вариограммы, признанная лучшей с помощью метода перекрестной проверки, является таковой лишь для выбранного метода оценки результатов и для данного ряда наблюдений. Диаграмма разброса оценок и реальных содержаний, получаемая на выходе процесса XVALID, показана на рис. 3.14.

Таким образом, метод перекрестной проверки нельзя рассматривать как панацею, как метод доказательства или как критерий проверки статистических гипотез, в частности, - о модели и параметрах вариограмм. Его следует воспринимать и использовать только как исследовательский метод анализа данных, дающий возможность многократно изучать и переформулировать модель, добиваясь наилучшего соответствия модели и имеющихся данных.

После расчета оценок содержаний в пробах методом перекрестной проверки, с помощью корреляционного анализа возможно оценить насколько далеко точки полученной диаграммы рассеяния удалены от линии X = Y, т.е. вычислить коэффициент корреляции фактических и оцененных величин. Та модель, которая даст более высокий коэффициент, будет предпочтительней для использования, чем другие.

Не надо, однако, уповать на то, что данный метод в 100% случаев будет подсказывать Вам правильное решение. В практике геостатистики известно достаточно трудных ситуаций, когда все испытываемые модели дают при проверке одинаковые результаты.

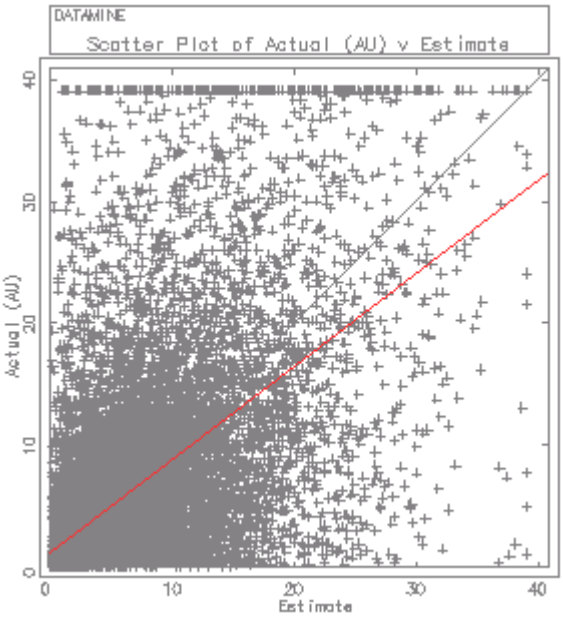


Рисунок 3.14. Диаграмма разброса, формируемая процессом XVALID. Серая линия – теоретическая, красная – фактическая линия регрессии. Чем они ближе друг к другу и чем меньше разброс точек, тем лучше подобрана вариограммная модель

4 Создание каркасных моделей месторождений

4.1 Оконтуривание рудных тел и зон минерализации

Обычная технология оценки запасов минерального сырья предусматривает создание блочных моделей рудных тел и/или месторождений, которые иногда могут быть построены без определения каких-то геологических границ (рудных тел, зон и т.п.) и распространяться на

все пространство месторождения. Но в большинстве случаев все рудные тела, зоны, литологические типы пород, поверхности тектонических нарушений и т.д. предварительно оконтуриваются с помощью каркасных (триангуляционных) моделей поверхностей или замкнутых объемов.

Чаще всего замкнутыми объемами ограничивают рудные тела и зоны. Решение о том, что включить в состав каркасных моделей, принимает геолог, хорошо знающий данный объект. Обычный набор каркасов для модели:

- Рудные тела и/или зоны; части зон, разделенные тектоникой
- Специально выделяемые районы месторождения с высокими (или низкими) содержаниями
- Безрудные зоны внутри рудных тел
- Ограниченные в пространстве объемы литологических разностей пород и т.п.
- Подсчетные блоки руды с утвержденными ГКЗ запасами
- Подземные горные выработки

Для того, чтобы получить каркасную модель нужно предварительно создать некоторое множество замкнутых 2-х мерных или 3-х мерных периметров, а затем объединить их в каркас. Плоские периметры могут быть введены дигитайзером или сканером (с последующей векторизацией). Обычно таким образом с геологических планов и разрезов вводятся:

- контуры рудных тел, зон
- планы подземных горных выработок
- контуры подсчетных блоков и т.д.

Если информация введена на вертикальных сечениях, то пересчет 2-х мерных координат в 3-х мерные производится следующим образом.

При установке опорных точек (ввод графики дигитайзером, см. 2.4.1) координата Y плоскости чертежа будет соответствовать реальной координате Z, а координата X - координате X или Y. Надо очень внимательно проанализировать обозначения сетки разреза, в узлах которой обычно располагаются опорные точки, чтобы понять, к какой координате привязаны вертикальные линии сетки. На одном из планов должны быть введены линии вертикальных сечений, с которых будет сниматься информация. Координаты 2-х точек каждой их этих линий экспортируются в Excel. Туда же экспортируется и файл контуров, снятых с разреза.

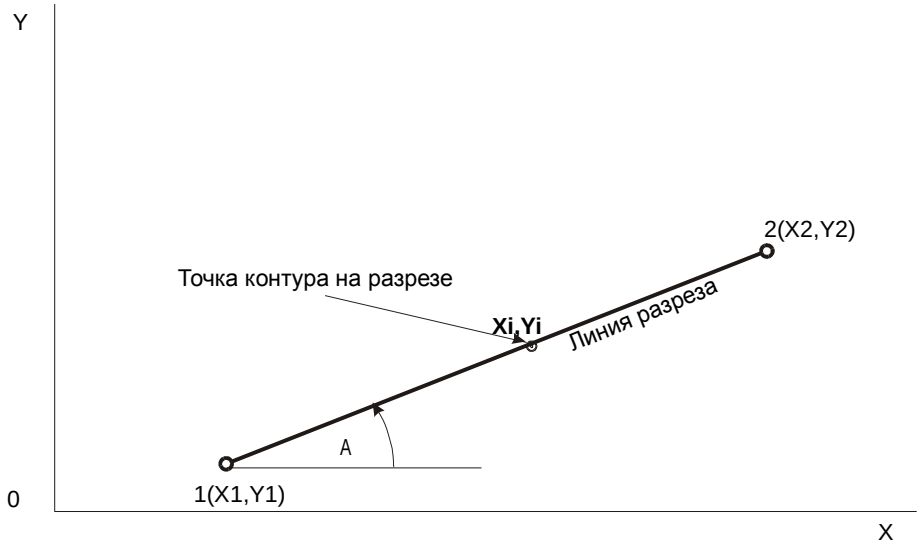


Рисунок 4.1. Схема к расчету истинных координат точек контуров, снятых с вертикальных разрезов.

Пересчет координат X, Y выполняется с учетом схемы, изображенной на рис. 4.1, и приведенных ниже формул.

Угол a равен $arctg\,\dfrac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}$ (4.1)

Координата Xi (Когда известна координата Yi):

$$X_i = \frac{Y_i}{tg(a)} \qquad (4.2)$$

Координата Yi (Когда известна координата Xi):

$$Y_i = X_i * tg(a) \qquad (4.3)$$

Такой пересчет делается для каждой точки файла контуров, после чего файл импортируется в систему Датамйн. Эту операцию можно также делать непосредственно в Датамайн с помощью процесса EXTRA.

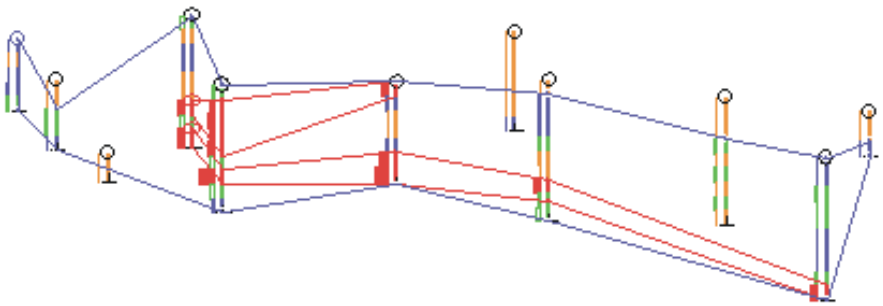
Иногда геологам удобнее строить все перечисленные контуры интерактивно в Окне проектирования Датамайн. Это возможно, если предварительно в файлы опробования введена вся требуемая информация: содержания, литология и т.д. Кроме того, преимущество такой технологии заключается в возможности формировать 3-х мерные контуры с привязкой их к пробам или интервалам, имеющим требуемое качество или характеристику.

Эта работа выполняется в следующей последовательности.

1. Загружается файл проб, по которым предполагается производить оконтуривание.
2. Создается легенда, т.е. пробы на экране раскрашиваются в соответствии с заданными интервалами содержаний, типами руд и пород и т.п.
3. Выбираются линии сечений, на которых будет производиться оконтуривание. Сечения могут быть вертикальные, горизонтальные или наклонные. Чаще всего оконтуривание делается на вертикальных сечениях.
4. С помощью курсора мыши создаются контуры, включающие руду (породу) с требуемыми свойствами. При этом левая кнопка мыши создает точку на плоскости изображения, а правая – на ближайшей границе ближайшей пробы.

На рис. 4.2. показаны 3-х мерные контуры рудного тела, созданные интерактивно на вертикальном разрезе. На плоскость сечения спроецированы все пробы, попадающие в слой +/- 10 м от нее. По скважинным пробам (с привязкой к ним) оконтурены 2 богатые зоны и вокруг низ – зона с бедным содержанием. При создании контура бедных руд использовано композирование.

А) Вертикальный разрез по сечению



Б) Развернутая п лоскость изображения

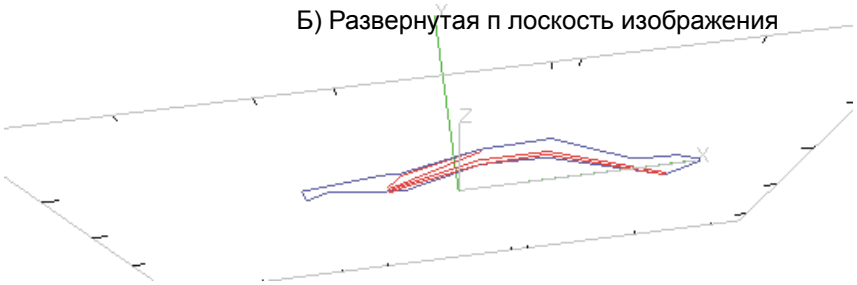


Рисунок 4.2. Создание 3-х мерных контуров на вертикальном разрезе.

С помощью редактора данных опробования (Drill hole Editor) Датамайн производилось объединение смежных проб, Если содержание в этом объединенном интервале не снижалось ниже «борта», то такой интервал включался в контур.

В нижней части рисунка созданные контура были развернуты Визуализером, чтобы продемонстрировать их трехмерность.

Таким образом, создается множество наборов замкнутых контуров (рис.4.3), соответствующих различным пространственным объемам, которые по мнению геолога должны быть учтены в модели месторождения.

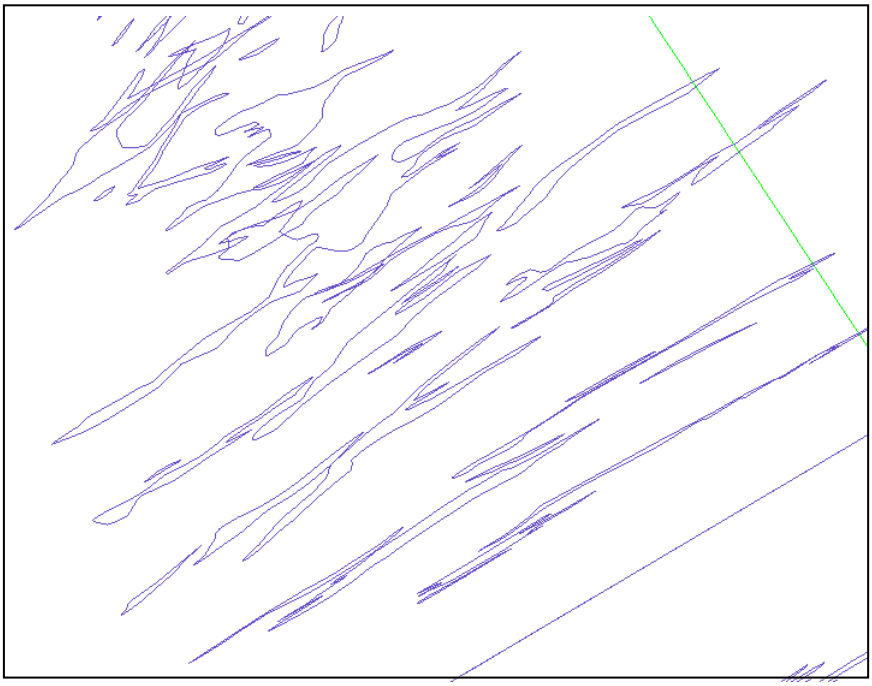


Рисунок 4.3. Изометрическое изображение части контуров рудных тел на вертикальных разрезах золоторудного месторождения.

Замечание. Перед началом оконтуривания рудных зон на планах или разрезах очень полезно согласовать принципы этой работы с ведущим геологом по данному месторождению (главным геологом). Например, должны быть получены ответы на следующие вопросы:

- Какие рудные пересечения (полные или частичные) должны включаться в пределы контуров?
- Надо ли включать в контуры бороздовые пробы, если, например, они не будут участвовать в интерполяции содержаний и подсчете запасов.
- Принципы выклинивания рудных тел:
  - Выклинивание не производится
  - Выклинивание делается на половине расстояния между сечениями
  - Выклинивание делается на половине расстояния между последней значимой и незначимой пробами
  - Выклинивание делается на литологической границе
  - Выклинивание делается другим способом.

4.2 Создание каркасных моделей пространственных объектов

Создание замкнутых каркасов пространственных объемов – одна из самых сложных операций в процессе моделирования. На первый взгляд все просто: смежные контуры соединяются линиями связи (tag strings) в точках, которые должны быть соединены в процессе триангулирования, а затем эти периметры соединяются в каркас (рис. 4.4). На заключительной стадии каркас замыкается специальными поверхностями, создаваемыми на конечных контурах.

Но в некоторых случаях эта операция усложняется из-за:

- Замысловатой формы смежных контуров, их расхождения и схождения
- Необходимости произвести выклинивание рудных тел на границах.
- Требуемой корректировки каркаса по результатам проверки включения в него всех кондиционных проб
- Нежелания программы соединять контуры, так как хочет этого пользователь
- Некоторых других причин

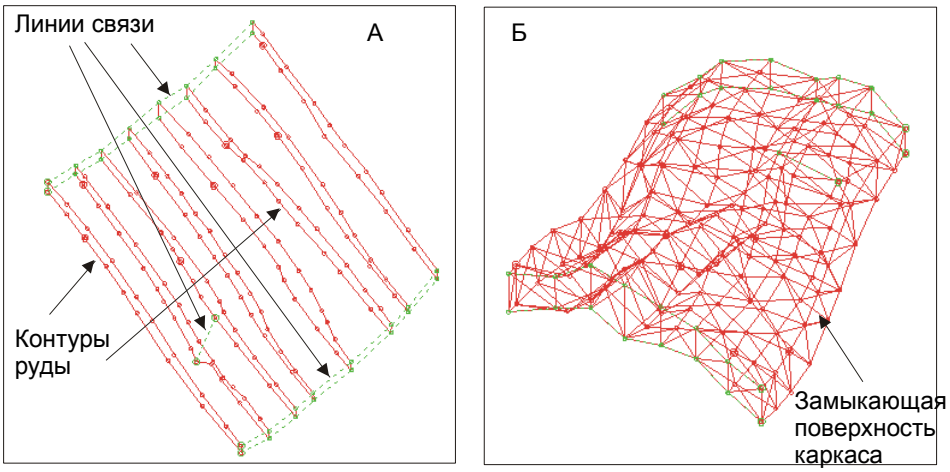


Рисунок 4.4. Стадии процесса создания каркаса: А) связывание контуров, Б) триангуляция и замыкание каркаса.

Часто возникает необходимость создавать каркасы подземных выработок для последующего их «вырезания» из рудных моделей. Обычная технология их создания описана в разделе (модуле) проектирования подземных рудников и заключается в следующем.

1. Дигитайзером вводятся горизонтальные контуры системы подземных выработок по каждому горизонту
2. Эти контуры совмещаются с маркшейдерскими точками (по координате Z), чтобы учесть уклон и истинное положение контура в подошве выработок.
3. Задается высота выработок и по каждой выработке (с помощью команд модуля подземного проектирования) создается замкнутая каркасная модель

Естественно, что эту операцию можно выполнить средствами обычного каркасного моделирования. Для этого потребуется копировать контур выработки на расстояние равное ее высоте, и по 2-м полученным контурам строить замкнутый каркас. Пример такой модели показан на рис. 4.14.

4.2.1 Соединение контуров сложной формы

На рис.4.5 показан простой случай «разветвления» рудных тел. В первую очередь, в общем контуре создается так называемая «перемычка» (bridge string), которая намечает место расхождения частей рудного тела. Она может быть как простой (прямой отрезок), так и сложной 3-х мерной линией, обязательно привязанной (привязывание делается правой кнопкой мыши) к 2-м точкам контура рудного тела. После этого для соединения контуров используется специальная команда «Link boundary», которая работает только в том случае, если в одном или обоих соединяемых контурах имеются линии перемычек.

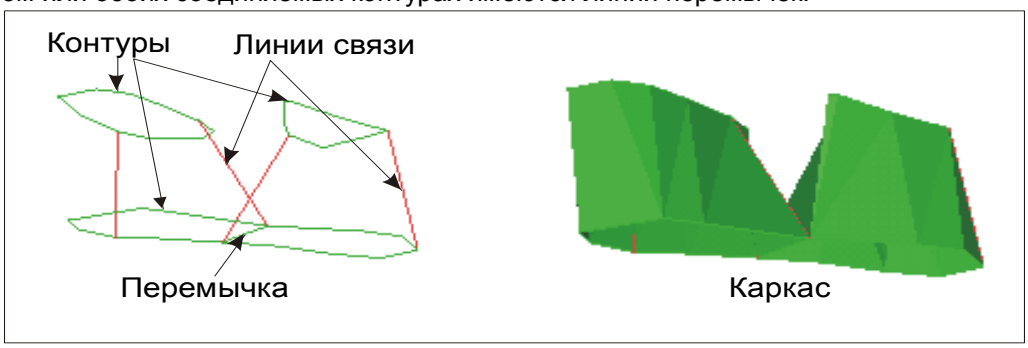


Рисунок 4.5. Моделирование разветвления каркаса.

Схождение нескольких частей рудных тел в одно производится точно также, но в обратном порядке (Рис.4.6)

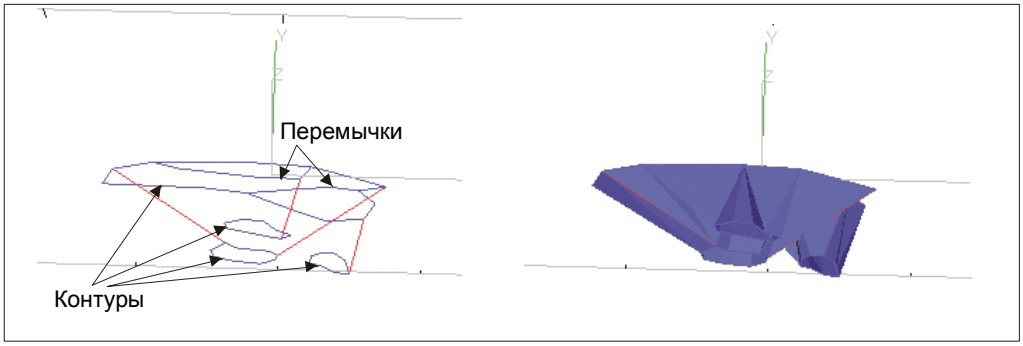


Рисунок 4.6. Моделирование схождения каркаса

Когда не требуется дальнейшего продолжения одной из частей рудного тела, то оно может быть замкнуто каркасной плоскостью по одной из частей каркаса, ограниченной перемычкой. Для этого используется команда «End link boundary»

4.2.2 Создание выклиниваний рудных тел

Каркасы могут быть замкнуты непосредственно созданием соответствующих поверхностей в конечных контурах. Однако, в геологии принято выклинивать рудные тела до половины расстояния между соседними профилями. Выклинивать можно как отдельные контура, так и их части, разделенные перемычками. Можно ограничить каркас как линией, так и контуром, который впоследствии просто замыкается. На рис. 4.7. показан первый случай, в котором используется команда «Link to Line».

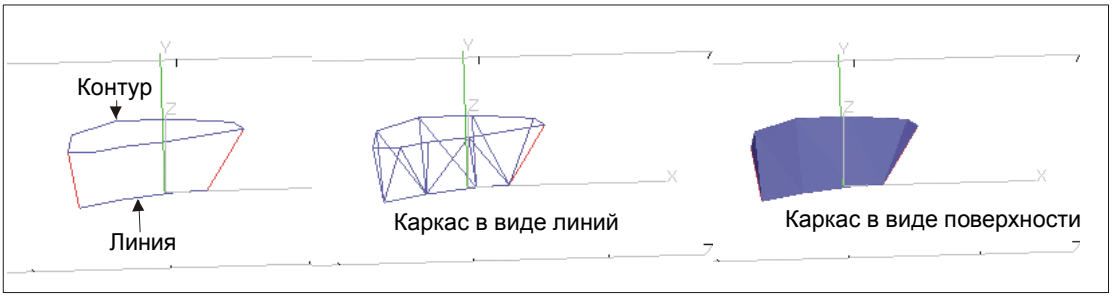


Рисунок 4.7. Выклинивание рудного тела в линию

4.2.3 Проверка вхождения кондиционных проб в каркас

Интерполяция содержаний по блочной модели (см. главу 5) производится только с участием тех проб, которые находятся внутри созданного каркаса рудной зоны, тела и т.п. Поэтому очень важно своевременно с помощью визуализера контролировать процесс создания каркаса, т.е. проверять, насколько полно вошли в него кондиционные пробы, которые были включены в рудные контуры при их создании. Часто это происходит при работе с плоскими контурами, которые строятся по пробам, спроецированным на рабочую плоскость сечения (рис.4.8).

Особенно внимательным следует быть при включении в каркас бороздовых проб поверхности, которые часто по той или иной причине «вылетают» из рудного тела при «обрезке» его модели моделью топографии поверхности.

Когда модель ограничивают средней отметкой подземного горизонта, то из нее «убираются» кондиционные пробы, фактически расположенные чуть ниже (или выше) этой отметки.

Для того, чтобы включить выпавшие пробы в модель, необходимо или создать промежуточные, дополнительные сечения, или несколько раздвинуть существующие контуры, чтобы новый вариант каркаса включал в себя все пробы.

Для того, чтобы гарантированно вместить в каркас пробы поверхности часто идут по пути завышения отметок каркаса в его верхней части. Это позволяет с некоторым запасом включить в него все бороздовые пробы траншей и канав, чтобы они участвовали в интерполяции. Блочная модель не нуждается в такой псевдокорректировке, поэтому она

будет точно соответствовать рельефу поверхности. Если потребуется, каркас рудного тела также может быть в дальнейшем «обрезан» моделью топографии.

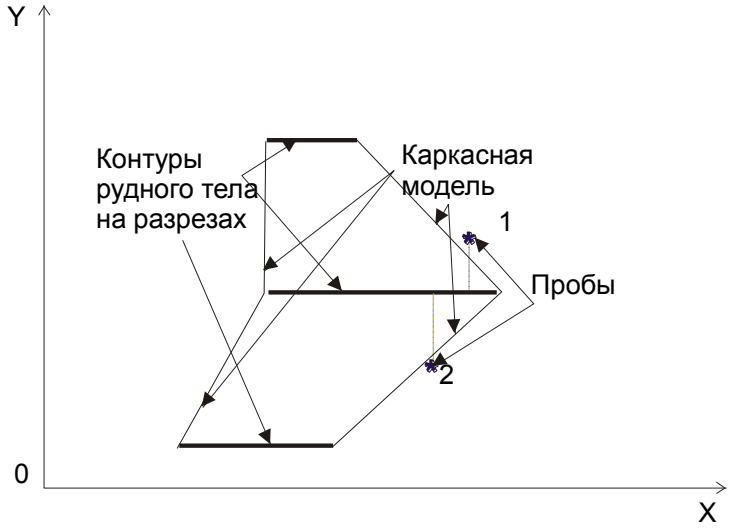


Рисунок 4.8. Схема, объясняющая исключение проб 1 и 2 из каркасной модели при создании плоских контуров.

Что касается бороздовых проб подземных выработок, то здесь надо просто быть внимательным при установлении границ каркасов, и контролировать этот процесс с помощью визуализера.

4.2.4 «Капризы» программы триангулирования

При работе с контурами сложной формы (особенно с 3-х мерными) нередко происходят ситуации, когда программа отказывается их соединять, «заявляя», что линии связи установлены некорректно. Иногда перенос этих линий позволяет решить проблему. В ряде ситуаций это не удается. Даже, если предоставить программе «полную свободу», т.е. удалить все линии связи, она в некоторых случаях отказывается работать.

Ниже приводятся некоторые рекомендации по управлению такой ситуацией.

- Проверьте, замкнуты ли у Вас контуры, которые Вы соединяете.
- Попробуйте изменить метод триангуляции. Датамайн предлагает 3 метода:
  - Пропорциональных расстояний (Proportional Distance)
  - Методом равных углов (Equal Angles Method)
  - Минимизации поверхности (Minimizing Surface Area)
- Проверьте все вершины контура. Возможно, что одна из них имеет «перехлест» или дублирующие друг друга точки.
- Измените положение каждой из линий связи
- С помощью сокращения числа точек в одном из контуров (команда «Reduce Points») добейтесь, чтобы расстояние между точками в обеих контурах было примерно равным
- Попробуйте соединить контуры по частям. Для этого создайте на обеих контурах соответствующие перемычки и соединяйте контуры по частям.

Иногда контуры получают регулярным разрезанием уже существующих каркасов и превращением сечений в линии. Эти линии часто имеют очень много точек, некоторые из которых близко расположены друг к другу. Иногда встречаются двойные точки и даже перехлестывания. В этих случаях бывает полезным: сократить число точек в линии контура командой «Reduce Points», замкнуть линию, а также использовать процесс Датамайн «CHECKIT» для удаления дублирующих точек.

4.2.5 Проверка каркасов и исправление ошибок

После создания и замыкания каркаса необходимо проверить его корректность. Для этого можно использовать команду «Calculate Wareframe Volume» (Рассчитать объем каркаса).

Если программа это сделает, то Ваш каркас достаточно надежен. Если нет, то Вы получите сообщение о необходимости произвести проверку каркаса.

Для проверки каркасов используется команда «wireframe-verify». С помощью установок могут быть открыты следующие опции такой проверки:

- Показ открытых (незамкнутых) ребер, т.е. мест, где каркас обрывается.
- Показ соприкасающихся ребер разных каркасов.
- Показ пересечений каркасов
- Перенумерация каркасов в группе. Для использования этой опции с целью объединения нескольких каркасов в одну группу необходима предварительная выборка нужных объектов с помощью фильтров..
- Проверка каркасов на наличие дублирующих точек и удаление их. Дублирующими считаются точки, расстояние между которыми меньше или равно расстоянию, установленному командой «set-tolerance»

По желанию пользователя все места с ошибками будут обозначены линиями, показываемыми на экране. По этим линиям можно найти место и характер ошибки, а, следовательно, быстро исправить этот участок каркаса, произведя сначала удаление ошибочного соединения, а затем , изменив условия, - новое соединение контуров.

Хорошей проверкой является рассматривание на экране срезов всех созданных каркасов, перемещаясь последовательно от одного края модели к другому с шагом 5-10 м. Это делается отключением изображения каркасов (переключатель «twd»)и включением изображения их сечений плоскостью изображения (переключатель «twsl»). Желательно просматривать так каркасы не менее чем в 2-х перпендикулярных направлениях. Эта проверка позволяет обнаруживать места незамкнутых и пересекающихся каркасов и достаточно быстро исправлять ошибки.

4.3 Каркасные модели поверхностей.

Кроме замкнутых пространственных объектов система Датамайн позволяет строить каркасы разнообразных поверхностей, которые нужны для моделирования топографии, литологии, гидрогеологии, тектонических нарушений и т.д.

Для создания каркаса поверхности необходим набор 3-х мерных точек или линий (изолиний). Каждая поверхность может иметь внешнюю и внутренние границы, которые могут включаться в каркас или просто использоваться для ограничения распространения операции триангуляции за их пределы. Пример создания простой поверхности показан на рис. 4.9.

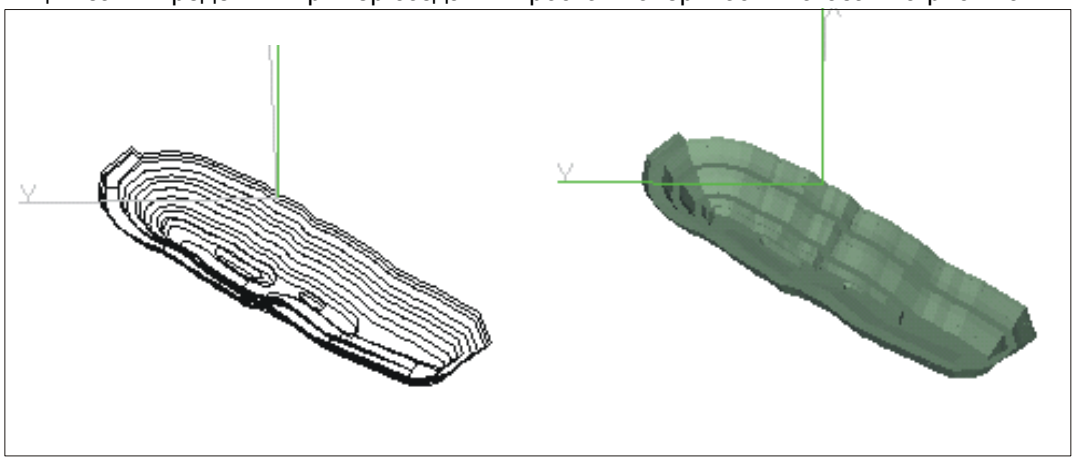


Рисунок 4.9. Пример создания поверхности карьера

При моделировании топографии (как правило, по введенным дигитайзером изолиниям координаты Z) необходимо достаточно точно определить внешнюю границу модели. Если возможно, то следует привязывать ее к конечным точкам изолиний, а затем включать в модель. Можно в некоторых случаях не вводить эту границу, но надо устанавливать максимальное расстояние, при котором точки соединяются в модель (команда «maximum-separation»). В противном случае все граничные точки изолиний будут соединены даже в районах, где не было топографической съемки (рис.4.10).

Проверка созданных моделей заключается в пошаговом просмотре сечений модели или путем оценки качества модели в окне визуализера. Можно также использовать для этого команду «wireframe-verify».

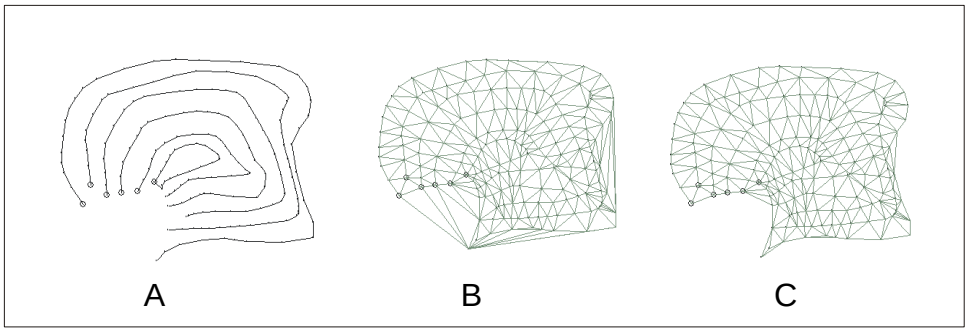


Рисунок 4.10. Создание модели поверхности по участку с отсутствующими данными. B – максимальное расстояние не ограничено. C – введено ограничение 70 м. Внешняя граница не устанавливалась.

Чтобы экстраполировать модель поверхности на заданное расстояние (с использованием тренда) во все стороны, используется процесс **WFTREND**. Иногда это бывает полезно при необходимости несколько увеличить площадь модели тектонической зоны, карьера или пласта до пересечения с моделью топографии.

4.4 Манипуляции с каркасами.

Созданные каркасы можно объединять, отрезать, комбинировать и т.п. В системе Датамайн существует процесс **SELTRI**, с помощью которого можно выбирать любые данные (точки, линии, пробы, блочные модели), находящиеся сверху/снизу/внутри/снаружи заданной каркасной модели. Этот процесс работает достаточно надежно, если модель каркаса не содержит ошибок.

Команда «**wf-merge**» разделяет каркасы на отдельные части в местах их пересечения (Рис. 4.11, 4.12).

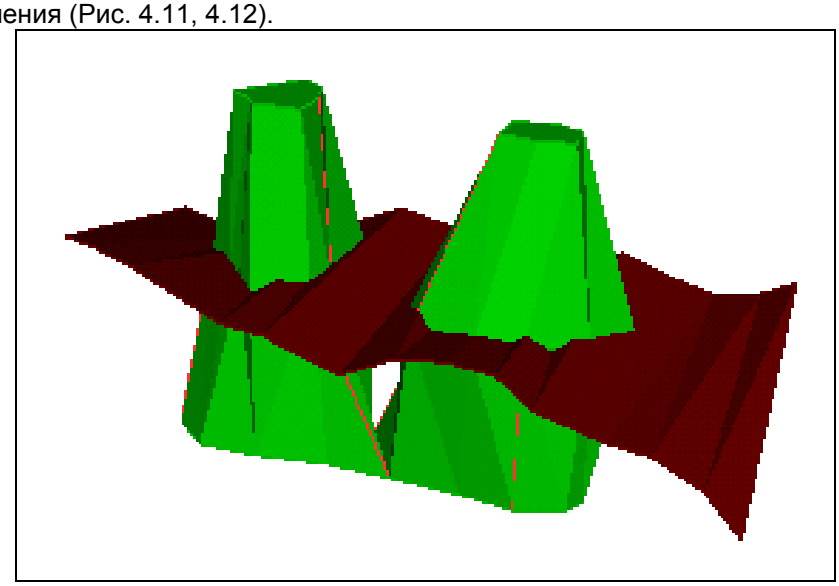


Рисунок 4.11. Начальный вид пересекающихся каркасов.

После выполнения этой команды Вы можете удалить ненужные части каркасов и сохранить необходимые для дальнейшей работы. Она очень удобна при объединении поверхности карьера с топографией. Она может работать как с открытыми так и с замкнутыми каркасами.

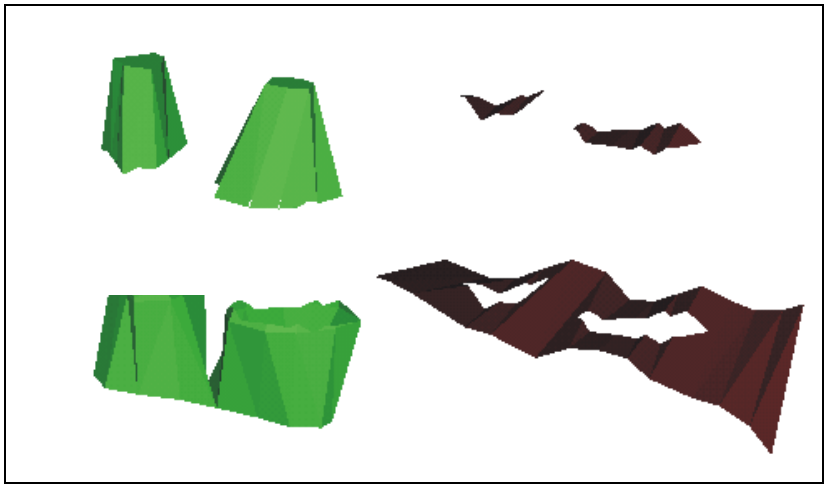


Рисунок 4.12. Разделенный на отдельные части каркас (рис. 4.11).

Команда «**wf-union**» выполняет объединение замкнутых каркасов, оставляя только наружные их части (рис. 4.13).

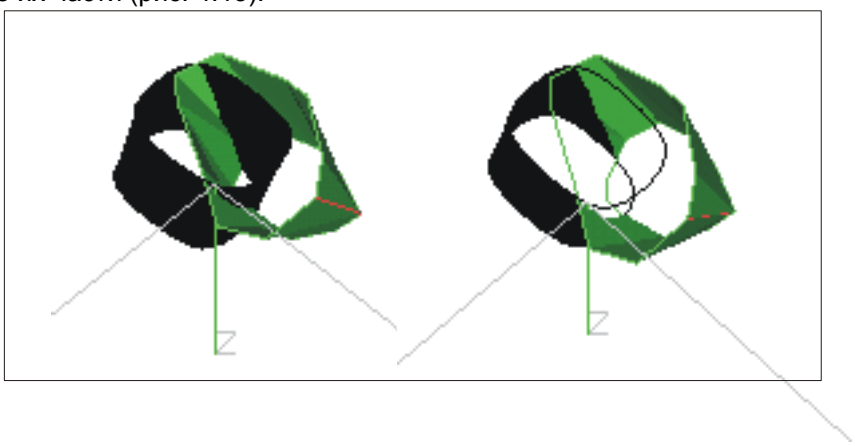


Рисунок 4.13. Два каркаса до и после объединения.

Команда «**wf-intersection**» является обратной по отношению к предыдущей и оставляет только общий объем 2-х пересекающихся замкнутых каркасов. Например, в случае, показанном на рис. 4.13, она оставит только внутреннюю (общую) часть каркасов, удалив наружные их части.

Команда «**wf-difference**» выполняет вычитание каркасов, т.е. оставляет только ту часть первого выбранного каркаса, которая находится снаружи второго. Одно из направлений ее использования – вычитать каркас подземной выработки (например – штрека) из каркаса очистного блока.

Команда «**wf-split**» разрезает каркас текущей плоскостью изображения. После этого Вы можете удалить любую часть разрезанного каркаса.

Вы можете разрезать каркас любым количеством параллельных плоскостей (регулярные сечения), расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Эти сечения могут быть затем преобразованы в линии.

С помощью инструментов каркасного моделирования можно выполнить и некоторые другие работы:

- Отредактировать существующий каркас поверхности с учетом новых маркшейдерских точек. Это полезно использовать при корректировке нижней части модели карьера после его очередной углубки.
- Спроецировать каркас поверхности на текущую плоскость изображения. В итоге Вы получите замкнутый каркас, который с одной стороны является первичной поверхностью, а с другой – плоскостью изображения.

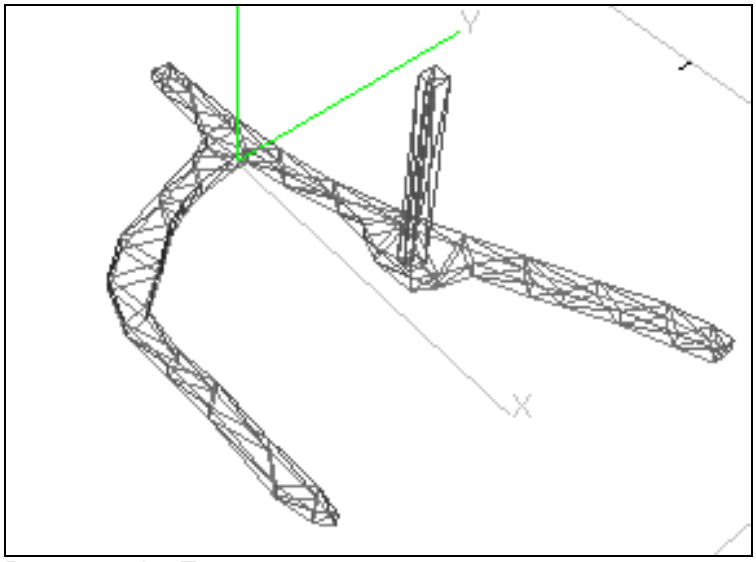


Рисунок 4.14. Пример создания каркаса подземных горных выработок.

5 Блочное моделирование месторождений

5.1 Структура блочных моделей

Цель моделирования рудного тела заключается в точном представлении не только качества и запасов месторождения, но также его границ и внутренней структуры. Эта цель достигается применением для создания модели различных методов интерполяции.

Система Датамайн способна моделировать все типы залежей полезных ископаемых и представляет собой мощный набор инструментов для решения широкого круга задач, связанных с моделированием. В ней используется несколько типов встроенных интерполяционных процессов, включающих: метод обратных расстояний, ближайших скважин (или многоугольников), линейный и логнормальный кригинг, а также интерполяцию поверхностей для пластовых и топографических моделей.

Любой тип модели описывает регион в трехмерном пространстве. Модель обычно представляет собой совокупность зон, рудных тел, подсчетных блоков и т.д. и т.п. которые рассматриваются, интерполируются и оцениваются отдельно. Таким образом, определение структуры модели и ее составляющих - отдельная проблема, которую необходимо решить перед выбором метода интерполяции. Критерий для определения размеров и расположения отдельных частей (субрегионов) модели связан не только с геостатистическими свойствами массива, но также с пространственным расположением скважин, горным давлением, геологией, топографией и другими характеристиками объекта

Простейший тип трехмерной модели месторождения – это прямоугольная пространственная решетка, где каждая ячейка имеет одинаковую ориентацию и содержит единственную характеристику для каждой переменной. Это наиболее общий тип модели, используемый в большинстве горных систем, потому что его структура наиболее удобна для эффективного применения в компьютерных расчетах. Поэтому в Датамайн используется именно этот тип модели. На рис. 5.1 показан один уровень (горизонтальный слой) такой модели.

Для того, чтобы добиться точного описания геологических границ, включающих такие особенности, как дайки, сбросы и, конечно, - топографию, все ячейки модели должны быть достаточно малы. Поэтому в ДАТАМАЙН (в отличие от большинства других систем) используется модель с подъячейками, которые получаются делением основных блоков (ячеек) модели на маленькие пространственные объемы, каждый из которых содержит полный набор информации, как и основная (родительская) ячейка (рис.5.1). DATAMINE. предусматривает деление ячеек на подъячейки и по вертикали, и по горизонтали.

Структура модели внутри DATAMINE является файлом базы данных (таблицей, матрицей), подобным другим файлам системы. Это позволяет использовать для манипуляций с моделью любые фильтры и критерии.

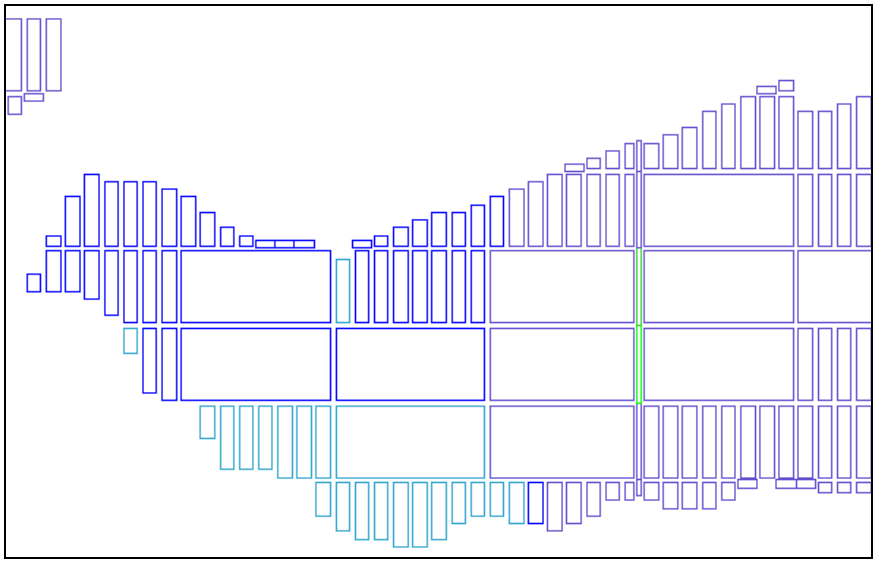


Рисунок 5.1. Один слой блочной модели Датамайн

Может быть задано нужное количество подъячеек внутри любой ячейки в модели. Хотя все подъячейки имеют форму параллелепипеда, каждая из них может отличаться от любой другой, а каждая ячейка может иметь различный набор подъячеек. Это позволяет модели иметь произвольную комплексную форму (если это необходимо) для того, чтобы с максимальной точностью описать геологические границы. Таким образом, внутри одной и той же структуры может быть создан практически любой тип модели: от пласта до жильной залежи и, наконец, - модель массивного месторождения. Здесь нет ограничения в детализации, так как в процессе моделирования одна и та же ячейка может быть разделена на подъячейки любым возможным способом.

При этом компьютерная память минимизируется за счет того, что информация сохраняется только для ячеек внутри рудного тела (хотя конечно можно моделировать и участки пустых пород, если необходимо), а также потому, что на однородных участках создаются большие ячейки, если по геологическим соображениям отсутствует необходимость деления их на субъячейки.

Этот метод моделирования имеет много важных преимуществ:

- Так как все типы блочных моделей представлены в Датамайн одинаковой структурой, то можно комбинировать (объединять) внутри нее различные модели (например, литологии и рудных тел). Одно из практических приложений этого – обособленное моделирование каждой составляющей структуры, которая может характеризоваться специфичной формой, размерами, параметрами и характеристиками. Полученные модели можно затем объединить, используя процесс **ADDMOD**, который позволяет создать общую модель, содержащую все детали составляющих.
- Другой важный аспект комбинирования моделей связан с перезаписыванием информации в ячейках первой объединяемой модели значениями, содержащимися в тех же полях второй модели. Это очень полезно, например, при наложении моделей даек на модели рудных тел, при обновлении модели полученной новой информацией и т.д.
- Блочная модель может быть обрезана любым каркасом, т.е. Вы можете легко выбрать и сохранить ту часть блоков, которые находятся над/под/внутри/снаружи каркаса или каркасов.
- Модели могут быть объединены только в том случае, если они имеют одинаковый прототип, т.е. – одни и те же границы и размеры основных ячеек.

5.2 Прототип блочной модели

Прежде чем Вы создадите модель, Вы должны определить ее прототип (процесс **PROTOM**), т.е. задать прямоугольное пространство модели и размер основных блоков. Параллелепипед модели (рис. 5.2) ориентирован строго вдоль координатных осей X,Y,Z

используемой Вами системы координат. Кроме того, необходимо указать, будут ли в дальнейшем блоки модели делиться на подъячейки, а также понадобится ли Вам в будущем поле MINED – для использования модели в процессах планировании горных работ. Рекомендуется на 2 последних вопроса ответить YES. Вид основного диалога процесса **PROTOM** показан ниже.

>>> PLEASE SUPPLY COORDINATES OF MODEL ORIGIN (Введите координаты начала модели)
X >
Y >
Z >

>>> PLEASE SUPPLY CELL DIMENSIONS (Введите размеры ячейки)
X >
Y >
Z >
>>> NUMBERS OF CELLS IN EACH DIRECTION (Введите количество ячеек в каждом направлении)
X >
Y >
Z >

Границы модели задаются 2-мя параметрами (рис. 5.2):

- Координатами X,Y,Z начала модели (левый нижний угол пространственного параллелепипеда)
- Количеством основных ячеек вдоль каждой оси координат

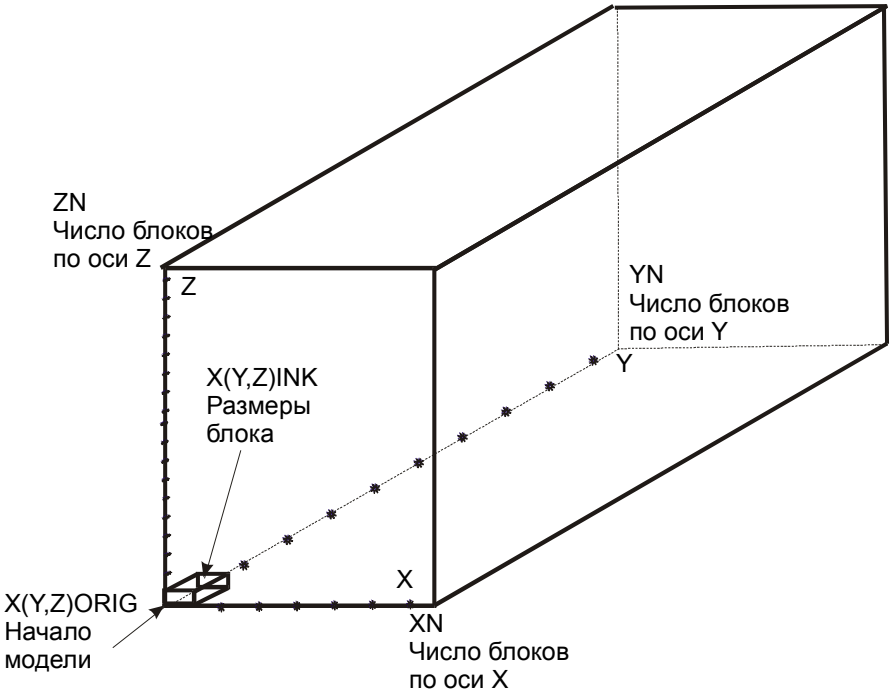


Рисунок 5.2. Схема, поясняющая процесс создания прототипа блочной модели

При задании границ пространственного параллелепипеда необходимо учитывать следующее:

- Если в будущем предполагается объединение нескольких отдельно создаваемых моделей, то все они должны иметь один и тот же прототип. Таким образом, он должен подходить и к самой маленькой, и к самой большой (модель литологии) составляющей модели.
- Если месторождение предполагается отрабатывать карьером, то прототип должен быть рассчитан так, чтобы он полностью вмещал самый большой возможный карьер.

- Если ведется доразведка залежи на глубину или по площади, то желательно зарезервировать пространство в составляемой сейчас модели для возможных будущих рудных тел или зон.

Расширяя пространство модели, не следует бояться ее большого объема, т.к. в памяти компьютера хранится только информация о действительных ячейках – блоках, содержащих какие-то данные. Зарезервированное пространство не будет занимать место в памяти до тех пор, пока оно не будет заполнено ячейками с появившейся новой информацией.

Размер основного блока – очень важная деталь прототипа. Прежде чем Вы выберете его, подумайте о следующих моментах:

- Форма блока должна соответствовать структуре моделируемого объекта и характеру его анизотропии. Если эллипсоид анизотропии развернут относительно системы координат, то иногда ПОЛЕЗНО перед моделированием развернуть систему координат в соответствии с анизотропией (см. раздел 5.3.5.), а все дальнейшие работы вести в новой системе.
- Размеры блока должны быть связаны с размерами разведочной сети. В геостатистике есть аксиома, что для получения несмещенной оценки кригинга (геостатистический метод интерполяции) размер оцениваемых основных блоков не должен быть меньше половины среднего расстояния между пробами в данном направлении. Чем меньше будет размер блока, тем большее смещение средней оценки мы должны ожидать. КСТАТИ, это относится и к интерполяции методом обратных расстояний. Несмотря на это, многие эксперты принимают минимальный размер блоков модели, равный 25 –30% от среднего размера разведочной сети.

5.3 Заполнение каркасов ячейками

Существует несколько способов создания блочных моделей. Первый из них не требует предварительного конструирования каких-либо каркасов и имеет 2 разновидности.

1. Пространство, заявленное прототипом, полностью заполняется ячейками. По ним проводится интерполяция требуемых показателей и параметров, а затем на эту модель накладывается созданная модель «воздуха», в блоках которой содержится координата Z топографии поверхности.
2. По каждому из слоев блочной модели (вертикальному или горизонтальному) производится (по данным опробования) интерактивное оконтуривание нужных зон с помощью замкнутых периметров. Затем процессом **PERFIL** производится заполнение этих периметров блоками в соответствии с указанным прототипом. Одновременно при необходимости создаются подъячейки, и модель оптимизируется с целью сокращения ее размера. Каждому полученному объему присваивается идентификатор зоны для последующего использования фильтров или критериев выборки. После заполнения всех периметров блоками производится интерполяция по ним показателей качества и других параметров.

Однако, самый распространенный метод создания блочных моделей – заполнение каркасов ячейками. Существуют следующие основные разновидности блочных моделей:

- Модель рудных тел и зон минерализации
- Модель литологии

Иногда удобно работать только с первой моделью, например, для подсчета запасов руды, а время от времени нужна совмещенная модель, например, для оптимизации и проектирования карьера или подземного рудника.

5.3.1 Модель рудных тел

Эта модель создается заполнением ячейками и подъячейками замкнутых (как правило) каркасов минерализованных зон, по которым предполагается проводить интерполяцию содержаний полезных компонентов. Эта операция в Датамайн выполняется процессами **WIREFILL** или **TRIFIL**. Первый процесс более универсальный и позволяет

некоторые дополнительные операции. Для запуска этого процесса Вы должны ввести следующие исходные данные:

1. **Файлы:**
   - Прототип модели. Это может быть как специальный файл (см. 5.2.), так и любой файл модели, из которого будут использованы только нужные поля
   - Два файла (точек и треугольников) каркасной модели
   - Имя файла выходной блочной модели
2. **Поля:**
   - Поле, которое существует в файле треугольников каркаса/каркасов и определяет зональный контроль. Значения этого поля (номера рудных тел, зон и т.д.) будут перенесены в файл блочной модели.
3. **Параметры**:
   - **ZCODE** - если поле зонального контроля в каркасах не существует, то можно ввести номер зоны блочной модели с помощью этого параметра.
   - **WIRETYPE** - способ заполнения каркаса ячейками:

     1: замкнутый каркас – создать ячейки внутри.
     2: поверхность - создать ячейки ниже.
     3: поверхность - создать ячейки выше.
     4: поверхность - создать ячейки с севера
     5: поверхность - создать ячейки с юга.
     6: поверхность - создать ячейки с запада.
     7: поверхность - создать ячейки с востока

   - **CELLX(Y,Z)MIN** - минимальный размер подъячеек в направлениях **X,Y,Z.** Если в одном их этих направлений установлено значение 0, то здесь будет использовано заполнение, характерное для пластов, когда для него границами ячейки будут являться границы каркасной модели, а разбиения ячеек на подъячейки производиться не будет. Только одно из направлений может иметь значение этого параметра **=**0.
   - **CELLX(Y,Z)MAX** – размер основной ячейки модели в направлениях **X,Y,Z.** Этот параметр можно не устанавливать, если имеется входной файл – прототип модели.

Установка минимального размера подъячейки связана с размерами и формой рудных тел. Если они очень узкие или сильно изменчивые по мощности, то этот размер должен быть уменьшен в направлении вкрест простирания. И наоборот, в направлениях с малой изменчивостью не следует сильно занижать этот параметр.

После того, как процесс отработал, и модель создана, рекомендуется тщательно проверить, как она заполнила «родной» каркас. Для этого надо вызвать эту модель и соответствующий каркас/каркасы в окно проектирования и (отключив показ каркаса и включив показ его сечения плоскостью изображения) просмотреть их, двигаясь небольшими шагами в направлении наибольшей протяженности рудной зоны. Каркас должен быть полностью заполнен блоками. Если это не так, то следует найти причину такого события и, устранив ее, снова запустить процесс **WIREFILL** (рис.5.3).

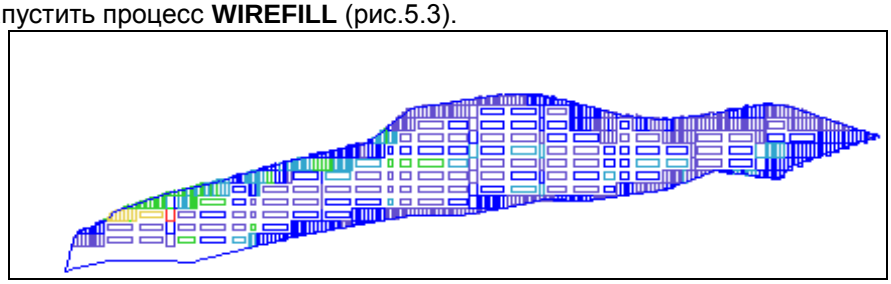


Рисунок 5.3. Пример неполного заполнения каркаса ячейками из-за неправильного определения минимальной границы модели по вертикали.

Часто в границы рудных тел попадают массивы пустых пород или пустоты в виде карстов, подземных выработок и т.п.

Включения пустых пород и пустоты должны отдельно моделироваться в виде каркасов (замкнутых или поверхностей) указанным выше способом (см. гл. 4). После этого используется процесс **SELTRI**, который выбирает из блочной модели только те ячейки, которые находятся снаружи каркаса породы или пустоты. В итоге мы сохраняем для дальнейшего использования только рудные ячейки (рис.5.4). В дальнейшем при необходимости данные по породным включениям (в виде специальной блочной модели) можно наложить на рудную модель.

Здесь можно использовать и другую технологию. Каркасы породных включений или пустот заполняются ячейками, и им присваивается номер зоны, отличный от аналогичного параметра руды. Далее эти модели накладываются на модель руды. Здесь происходит более точное деление ячеек на подъячейки чем при простом вырезании каркаса. После этого производится копирование и сохранение только тех ячеек, которые имеют «рудный» номер зоны. Этот способ более точно сохраняет размеры небольших пустот, таких как горные выработки.

Очень часто создают несколько каркасных моделей зон минерализации по разным бортовым содержаниям или типам руды. Эти модели могут размещаться одна в другой или пересекать друг друга. Естественно, что каждая из них должна быть заполнена «собственными» ячейками, имеющими соответствующий номер поля ZONE. В дальнейшем интерполяция содержаний по этим моделям будет производиться раздельно. Отбор и копирование нужных ячеек для той или иной зоны производится процессом **SELTRI** с использованием требуемого каркаса.

В результате всех этих операций создается модель зон минерализации, по которой в дальнейшем будет производится интерполяция содержаний полезных компонентов и оценка запасов руды по месторождению.

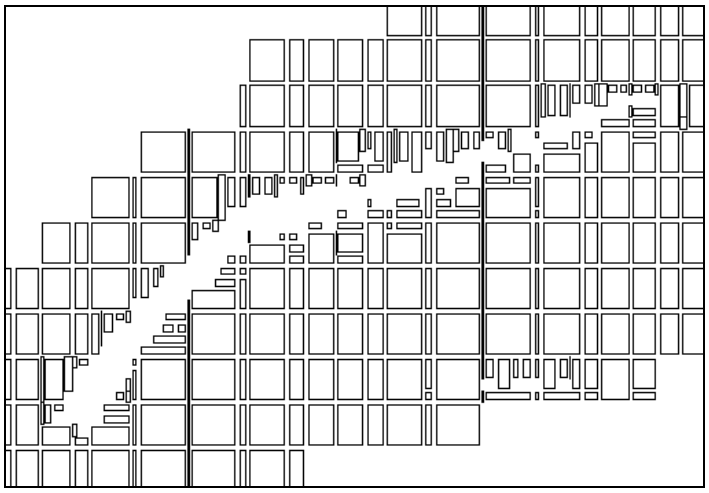


Рисунок 5.4. Подземная горная выработка, вырезанная из блочной модели рудного тела.

5.3.2 Модель литологии

Эта модель строится часто только в том случае, когда месторождение имеет сложную геологию и включает в себя много типов пород, руд с различными удельными весами. Если вмещающие породы достаточно однородны, то пространство под каркасной моделью топографической поверхности просто заполняется ячейками, которым присваивается код породы и значение плотности.

Имеется, по крайней мере, 2 технологии создания моделей литологии (моделей вмещающих пород).

1. Литологические разности пород разделяются каркасными поверхностями или заключаются в замкнутые каркасы. Одной из поверхностей может быть поверхность топографии. Все каркасы заполняются ячейками (внутри, сверху,

снизу или с боков). Прототип блочной модели должен быть тот же, что и для модели зон минерализации. Каждая часть созданной блочной модели обозначается собственным кодом породы (поле ROCK) и плотностью (поле DENSITY). Далее эти части попарно складываются (процесс **ADDMOD**) в такой последовательности, чтобы каждая следующая модель обновляла содержание ячеек предыдущей (см. следующий раздел). Процесс может идти как снизу - вверх, так и наоборот. Во втором случае первой моделью будет модель топографии, на которую будут последовательно накладываться все другие модели сверху вниз.

2. Создается единая блочная модель ниже каркаса топографии. С помощью литологических данных, содержащихся в файле опробования, по этой модели осуществляется интерполяция кодов пород методом ближайшей пробы (см. раздел 5.4.2). Таким образом, блочная модель будет содержать информацию по литологии. Данные по плотности дополняются в модель с помощью процессов **EXTRA** или **GENTRA** в соответствии с кодами пород, содержащимися в ячейках модели.

Модель литологии может также содержать в себе природные и технологические пустоты. Надо вспомнить, что она должна иметь такие границы, которые полностью и с некоторым запасом включают в себя максимально возможный карьер, который может быть спроектирован на месторождении при благоприятном уровне цен на извлекаемые из руд металлы.

5.3.3 Заполнение контуров ячейками

Существует еще одна технология создания блочных моделей без предварительного формирования каркасов. Напомним, что самый простой способ блочного моделирования заключается в элементарном заполнении всего предусмотренного прототипом объема ячейками заданного размера.

Иногда имеет место ситуация, когда мы имеем набор контуров (любой ориентации) зон минерализации, созданных интерактивно или введенных в компьютер с помощью какого-нибудь оцифровывающего устройства. Как правило, эти контуры имеют одинаковое приращение по координате, перпендикулярной плоскости контура. Например, периметры рудных зон нарисованные геологом для каждого из 5-ти метровых добычных горизонтов, или вертикальные разрезы, выполненные через каждые 20 м.

Эти контуры могут с помощью процесса PERFIL заполняться блоками требуемого размера. Например, в ситуации, приведенной на рис. 5.5. и 5.6, блоками были заполнены 3 контура. Не было разрешено деление блоков на субъячейки. Размер блоков был принят одинаковым по всем осям.

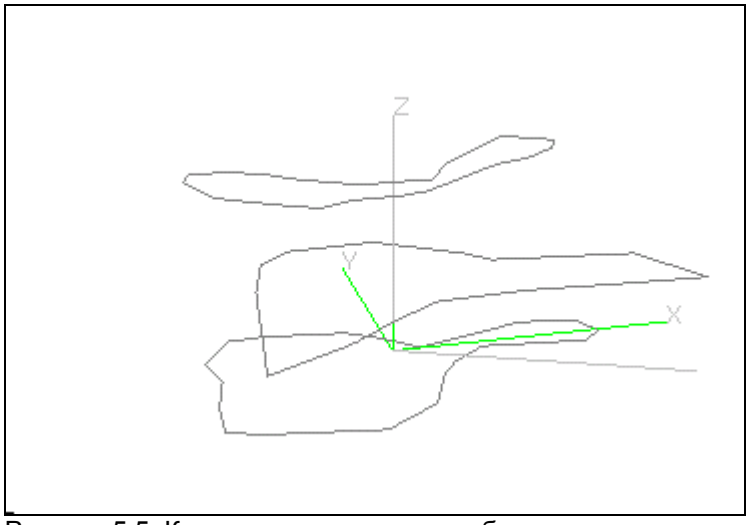


Рисунок 5.5. Контуры для заполнения блоками.

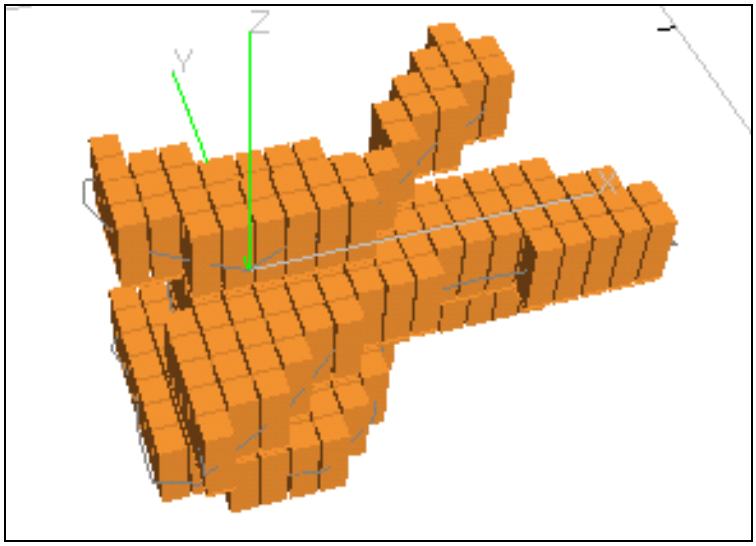


Рисунок 5.6. Контуры, заполненные блоками.

Этим способом удобно пользоваться, когда контуры зон минерализации получаются очень сложными, и соединение их в каркас представляет определенную сложность. В то же время некоторое огрубление модели за счет ступенчатого перехода от одного слоя к другому серьезно не сказывается на точности оценки запасов.

5.3.4 «Обрезание» и объединение моделей

После того, как блочные модели разного назначения и разных частей месторождения будут созданы, необходимо их объединить и (при необходимости) обрезать. Это делается с помощью процессом **ADDMOD, SELTRI, SELPER** и некоторые другие.

Процесс **ADDMOD** позволяет объединить 2 блочные модели . При этом:

- Если обе модели содержат информацию для одинакового поля в одних и тех же ячейках, то значения первой модели будут заменены величинами из второй модели. В несовпадающих ячейках информация из обеих моделей сохраняется.
- Выходная модель будет содержать все поля из обеих моделей. Если какого-то поля в одной из моделей нет, то в соответствующих ячейках выходной модели в этом поле будет прочерк (отсутствие данных).
- Каждая совпадающая ячейка выходной модели будет иметь полный набор подъячеек, соответствующий обеим входным моделям, поэтому количество подъячеек на выходе может оказаться очень большим.

Процесс **SELTRI** производит выборку ячеек и подъячеек блочной модели, центры которых находятся внутри, снаружи, сверху или снизу выбранного каркаса (замкнутого или поверхности). Дополнительного деления ячеек на подъячейки не происходит.

С помощью этого процесса удобно «отрезать» выступающие части моделей каркасом рельефа поверхности, выбирать промежуточные зоны минерализации, находящиеся между другими зонами и т.д. Заметьте, что этот процесс может аналогично выбирать любые данные (пробы, точки, линии), а не только блочные модели.

Процесс **SELPER** работает аналогично предыдущему. Производится выбор только тех ячеек, центры которых находятся внутри или снаружи введенного множества периметров. Вы должны определить также расстояния (полями во входном файле линий или параметрами) перед/за периметрами, которые при проецировании на них линий создают пространственный объем для отбора блоков модели.

5.3.5 Поворот блочных моделей

Обычный метод задания блочных моделей предусматривает определение размера ячеек и задание их количества по ортогональным осям координат. Однако в Датамайн имеется возможность разворачивать ячейки в пространстве по отношению к пользовательской системе координат. Это позволяет более полно заполнять пространство

зоны минерализации ячейками, т.е. более эффективно использовать имеющуюся геологическую информацию.

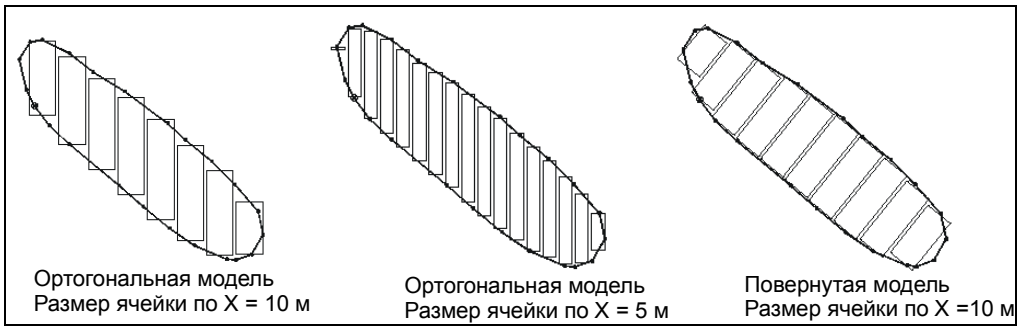


Рисунок 5.7. Три варианта заполнения контура ячейками.

Процессы заполнения каркасов блоками работают хорошо, когда структура моделируемого месторождения примерно соответствует стандартной системе координат или, когда зона минерализации представляет собой массивное тело, размеры которого существенно больше размеров ячейки. Если направление залегания рудных тел составляет, например, 45^0 по отношению к выбранной системе координат, а их мощность достаточно мала по сравнению с размером ячейки, то эффективное заполнение каркасов ячейками становится проблематичным.

На рис. 5.7. показан такой случай. Можно улучшить заполнение, уменьшив один из размеров блоков (тем самым существенно увеличивается величина файла модели), однако, наиболее разумным будет поворот осей блочной модели и совмещение их с главными структурами рудных тел. Преимущества поворота моделей:

- Уменьшается размер файла модели
- Ячейки лучше описывают конфигурацию геологических структур
- В некоторых ситуациях достигается небольшое улучшение качества оценки запасов руды.

Когда Вы делаете оценку суммированием ячеек внутри каркаса или контуров, то Датамайн будет рассчитывать 2 объема: по каркасу (контурам) и по блокам модели. Второй объем будет включать в себя углы ячеек, выходящих за пределы каркаса (контура) и имеющих некондиционные содержания. С другой стороны, из объема модели будут исключены углы «породных» ячеек, имеющих высокое качество. Таким образом, в оценку будет включено некоторое разубоживание руды, которое ухудшает ее качество. Работая с повернутой моделью, Вы уменьшаете степень такого пограничного разубоживания.

Чтобы повернуть модель, Вы должны создать локальную систему координат, которая будет развернута относительно мировой системы. Затем создается блочная модель, ориентация которой будет соответствовать локальной системе, а параметры разворота будут храниться в особых полях файла модели.

Некоторые процессы Датамайн способны непосредственно работать с повернутыми моделями, выполняя внутреннее преобразование их к мировой системе координат, а другим требуется предварительное преобразование координат с помощью процесса CDTRAN.

Процессы, непосредственно работающие с повернутыми моделями:

- PROTOM - создает дополнительные поля, описывающие поворот модели
- WIREFILL, TRIFIL - заполняют каркасы ячейками
- CDTRAN - может вводить параметры поворота модели, используя информацию модельного файла
- PLOTMX, PLOTCX - создают чертежи повернутой модели
- ESTIMA - преобразует повернутую модель к мировым координатам перед выполнением оценки запасов.

На рисунке 5.8. показана горизонтальная проекция крутопадающего рудного тела. Начало повернутой модели – это нижний левый угол пространственного параллелепипеда, вмещающего в себя все рудное тело. В данном случае требуется только 1 поворот мировой системы вокруг оси Z. Если для правильного позицирования локальной системы требуется 2

или 3 поворота, то найти правильное начало локальной координатной системы бывает нелегко.

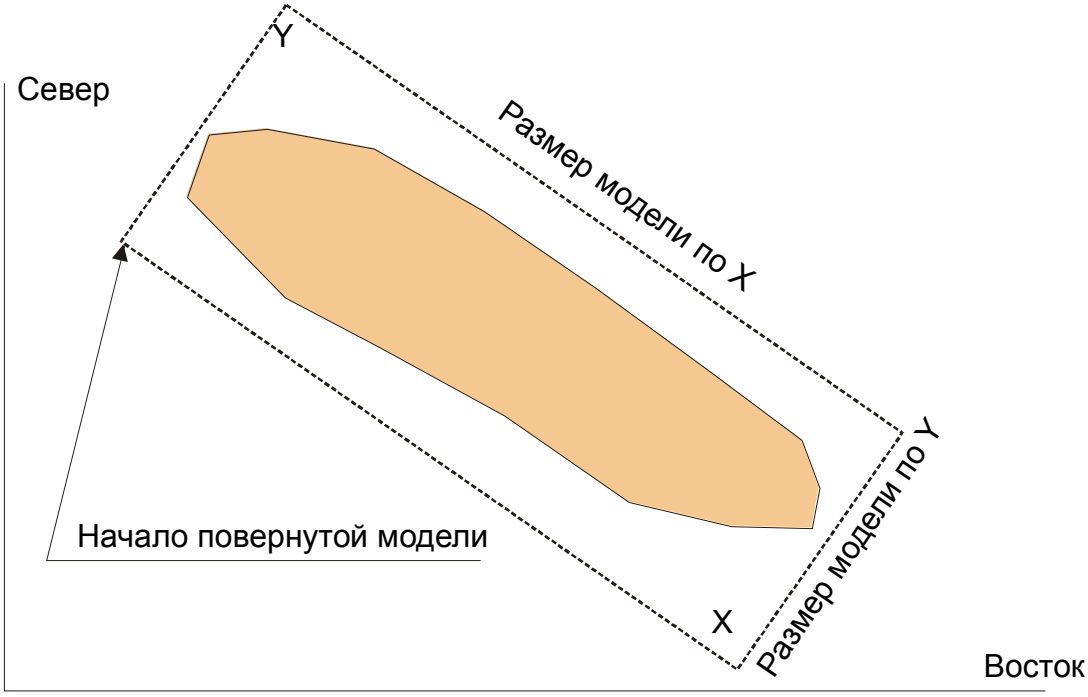


Рисунок 5.8. Разворот модели по отношению к мировой системе координат

Параметры, которые требуется определить, чтобы задать поворот модели:

- Мировые координаты начала модели,
- Углы поворота системы координат

В Датамайн имеется процесс ORIGIN, который помогает правильно рассчитать начало модели и ее протяженность по осям координат, что необходимо для создания прототипа повернутой модели. На входе процесса требуется задать множество координат точек, характеризующих граничные точки рудного тела. Это может быть файл каркаса или контуров рудного тела на горизонтальных или вертикальных сечениях.

Если пространство модели должно включать в себя не только само рудное тело, но и будущий карьер или подземный рудник, то в этом случае во входном файле должны быть линии, примерно описывающие требуемое пространство для размещения горных выработок. Эти линии могут быть легко созданы в Окне проектирования Датамайн-Студио. Вокруг границ рудных тел со всех сторон должен быть оставлен запас (параметр MARGIN). Процесс выдает на выходе протяженность модели по всем новым осям. Этот параметр равен произведению размера основной ячейки (в этом направлении) на число ячеек.

При определении прототипа повернутой модели мировые координаты начала локальной системы часто устанавливают равными 0, 0, 0, что подходит для большинства ситуаций. На выходе процесса ORIGIN создается файл прототип повернутой модели, а также (по требованию) – каркас, охватывающий весь прототип созданной модели. Он нужен только для предварительного визуального контроля пространства, внутри которого создана повернутая модель.

Углы поворота локальной системы задаются обычным порядком с помощью 3-х углов: ANGLE1, ANGLE2, ANGLE3 и соответствующих номеров осей (X=1, Y=2, Z=3), вокруг которых делается поворот: ROTAXIS1, ROTAXIS2, ROTAXIS3. Порядок задания углов и осей поворота – единый для всех процессов Датамайн. Одно из основных условий правильных действий – четко различать направления положительных и отрицательных разворотов.

1. Надо представить себе, что Вы смотрите в положительном направлении оси, вокруг которой предполагается поворот

2. Если Ваша систему требуется повернуть против часовой стрелки, то угол поворота – положительный
3. Если поворот – по часовой стрелки, то угол отрицательный.

Для создания прототипа повернутой модели используется процесс ORIGIN, как было описано выше. С этой целью надо задать имя выходного файла-прототипа и размер основной ячейки. Если Вы хотите сами задать все параметры повернутой модели, то Вы можете использовать процесс PROTOM. Для этого установите на входе в процесс параметр ROTMOD = 1. После этого Вы должны будете в интерактивном режиме ввести еще 9 параметров, описывающих процесс разворота модели: мировые координаты начала повернутой модели, 3 угла поворота и 3 оси, вокруг которых делается поворот.

Процессы Датамайн, которые не распознают повернутую модель (не учитывают дополнительных 9 параметров разворота), будут работать с ней, как с обычной моделью, т.к. они ничем не отличается, кроме вышеназванных дополнительных полей.

Если Вы используете для создания блочной модели процессы, не поддерживающие работу с повернутой моделью (например, PERFIL, SURFIP и т.п.), то самый простой путь создать полноценную повернутую модель, это:

1. Создать прототип повернутой модели процессами ORIGIN или PROTOM, как описано выше
2. Заполнить контуры (или каркасы) нормальными ячейками с помощью процессов PERFIL, SURFIP и т.п.
3. Объединить 2 полученных файла процессом APPEND.

Чтобы нормально работать с повернутой моделью, все входные данные должны быть предварительно развернуты и совмещены с используемой локальной системой. Например, входной каркас или периметры рудных тел для процесса TRIFIL должны быть предварительно развернуты процессом CDTRAN. Приведенные ниже макросы показывают последовательность действий при создании и оценке повернутых моделей.

```
!START M1  Создание повернутой модели, используя процесс TRIFIL (Wirefill)
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Сначала создается  прототип повернутой модели
!REM
-------------------------------------------------------------------
!PROTOM  &OUT(PROTOM),@ROTMOD=1.0
N  #  No  –  Поле  «MINED» не требуется
Y  #  Yes  –  Подъячейки будут создаваться
300  #  Координата X  начала модели в мировых координатах
400  #  Y  ....
500  #  Z  ....
0  #  Координата X  начала модели в локальных  координатах
0  #  Y  ....
0  #  Z  ....
25  #  Первый угол поворота
3  #  Ось первого поворота  -  Z
40  #  Второй угол поворота
1  #  Ось второго поворота  -  X
0  #  Третий угол поворота
0  #  Ось третьего поворота ;  0  =  отсутствие поворота
10  #  Размер ячейки по оси X
10  #  Y  ....
15  #  Z  ....
20  #  Количество ячеек по X
20  #  ....  Y
10  #  ....  Z

!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Каркас в мировых координатах задан файлами WBTR,  WBPT
!REM  Файл точек перед запуском TRIFIL будет преобразован в локальную систему
```

```
!REM ----------------------------------------------------------------
!CDTRAN &IN(WBPT),&OUT(WBPT-R),&PROTOROT(PROTOM),*X(XP),*Y(YP),
*Z(ZP),*NEWX(XP),*NEWY(YP),*NEWZ(ZP)
!TRIFIL &PROTO(PROTOM),&MODEL(MODEL1),&WIREPT(WBPT-R),&WIRETR(WBTR),
@MODLTYPE=1.0,@ZONE=1.0,@MAXDIP=0.0,@SPLITS=1.0,@PLANE='XY'
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM Преобразование данных опробования и сортировка их по X,
!REM и затем – интерполяция содержаний по блочной модели методом обратных расстояний
!REM ----------------------------------------------------------------
!CDTRAN &IN(SAMPLES),&OUT(TEMP1),&PROTOROT(PROTOM),*X(X),*Y(Y),
*Z(Z),*NEWX(X),*NEWY(Y),*NEWZ(Z)
!MGSORT &IN(TEMP1),&OUT(TEMP2),*KEY1(X)
!INTERP &PROTO(MODEL1),&MODEL(MODEL2),&IN(TEMP2),*X(X),*Y(Y),*Z(Z),
*VALUE(AU),@RADIUS=100
!END



!START M2 Создание повернутой модели, используя процесс PERFIL
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM Периметры в мировых координатах заданы файлом PERIMS
!REM Файл линий перед запуском PERFIL будет преобразован в локальную систему
!REM ----------------------------------------------------------------
!CDTRAN &IN(PERIMS),&OUT(PERIMS-R),&PROTOROT(PROTOM),*X(XP),*Y(YP),
*Z(ZP),*NEWX(XP),*NEWY(YP),*NEWZ(ZP)
!PERFIL &PROTO(PROTOM),&MODEL(MODEL1),&PERIMIN(PERIMS-R),*ATTRIB1(ZONE),
@MODLTYPE=1.0,@ZONE=1.0,@MAXDIP=0.0,@SPLITS=1.0,@PLANE='XY'
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM Добавление в полученную модель 9-ти дополнительных полей созданного ранее прототипа
!REM ----------------------------------------------------------------
!APPEND &IN1(MODEL1),&IN2(PROTOM),&OUT(MODEL2)
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM Преобразование данных опробования и сортировка их по X,
!REM и затем – интерполяция содержаний по блочной модели методом обратных расстояний
!REM ----------------------------------------------------------------
!CDTRAN &IN(SAMPLES),&OUT(TEMP1),&PROTOROT(PROTOM),*X(X),*Y(Y),
*Z(Z),*NEWX(X),*NEWY(Y),*NEWZ(Z)
!MGSORT &IN(TEMP1),&OUT(TEMP2),*KEY1(X)
!INTERP &PROTO(MODEL2),&MODEL(MODEL3),&IN(TEMP2),*X(X),*Y(Y),*Z(Z),
*VALUE(AU),@RADIUS=100
!END
```

Из всех интерполяционных процессов Датамайн только ESTIMA может работать с повернутыми моделями. Поэтому в этом процессе не требуется предварительного поворота данных опробования, а также приведения к локальной системе эллипсоидов поиска, вариограммных моделей и других параметров анизотропии. Все они должны быть в мировых координатах.

Процессы ADDMOD, IJKGEN, PROMOD, REGMOD также способны копировать в выходную модель 9 дополнительных полей повернутой модели. При объединении моделей процессом ADDMOD Вы должны убедиться в полной идентичности прототипов соединяемых моделей, включая параметры их поворота.

Процессы MODRES и TRIVAL, производящие оценку запасов, при работе с повернутыми моделями требуют на входе предварительно развернутых каркасов или периметров.

В окне проектирования Вы сможете увидеть повернутую модель в сечениях, как показано на рис. 5.7 (справа). Для того, чтобы оценить каркас по этой модели, система будет предварительно поворачивать его в локальную систему координат. Поэтому Вы сможете использовать для оценки запасов один или 2 контура, а также замкнутые каркасы. Существует

одно ограничение в этой части, Вы не сможете выполнить оценку запасов между каркасной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

5.3.6 Понятие о процессе UNFOLD

Процесс UNFOLD позволяет задать новую координатную систему для данных опробования, чтобы с большей точностью выполнить расчет вариограмм и моделирование месторождений складчатой или пластообразной формы.

Целью преобразования системы координат является возможность учета непрерывности минерализации. Метод является идеальным там, где пласты имеют цилиндрическую складчатость, т.е. когда оси складок параллельны, а сечения – перпендикулярны к этим осям (Рис 5.9.). Профиль складок будет аналогичным во всех сечениях. Процесс UNFOLD способен точно описывать и более сложные случаи, особенно тогда, когда непрерывность содержаний хорошо моделируется вариограммой на расстояниях меньших, чем зона влияния.

Для описания складчатых структур, вводимых в виде файла линий с вертикальных сечений, к стандартным полям: PVALUE, PTN, XP, YP, ZP добавляются поля: SECTION (номер сечения), BOUNDARY(постоянная величина для каждой линии, задающая номер границы пласта), TAG(числовое поле, указывающее целевую точку внутри и между сечениями для соединения с данной точкой).

Далее определяется файл, идентифицирующий введенные на сечениях линии пластов.(рис. 5.9). В данном случае они определены как:

- Идентификатор пласта: A = TOP, B = MIDDLE, C = BOTTOM.
- Номер линии верхней границы пласта
- Номер линии нижней границы пласта

Файл проб после его стандартной обработки (см. главу 3) также содержит информацию о координатах мест входа и выхода скважин из пластов.

После загрузки этой информации в процесс UNFOLD, он «распрямляет» складки и пересчитывает все координаты линий и проб в собственную систему координат (Unfolded Coordinate System (UCS)), которая учитывает не геометрические, а стратиграфические расстояния между пробами в плоскости пласта (рис. 5.10). Это позволяет рассчитывать истинные модели вариограмм и значительно более точно оценивать содержания в пределах пластов. После проведения оценочных расчетов система снова возвращается к мировым координатам

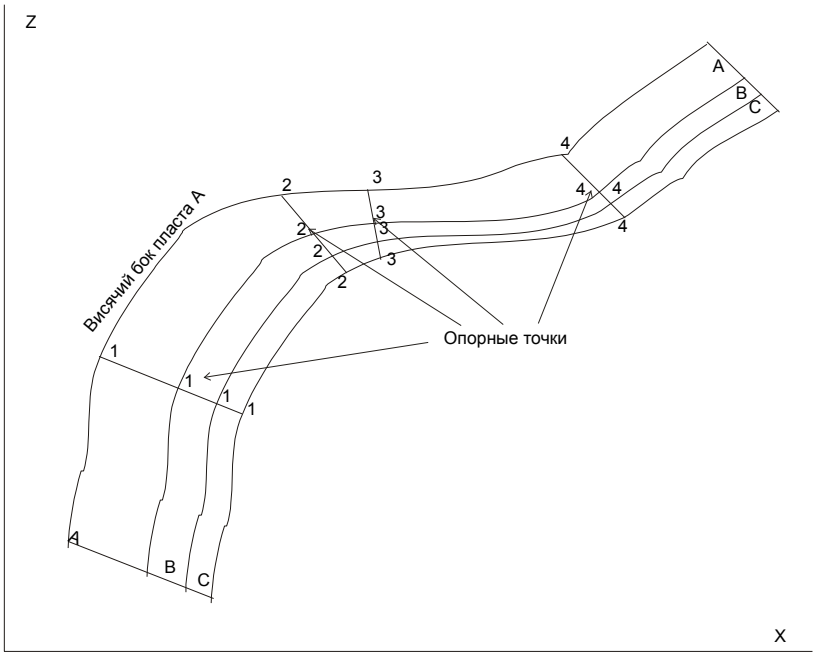


Рисунок 5.9. Вертикальное сечение пластовой залежи.

Подробное описание метода можно найти в документации системы Датамайн и в описании процесса UNFOLD. Кроме того, рекомендуется ознакомиться со статьей [6].

Для использования процесса ESTIMA в оценке содержаний в складчатых структурах необходимо, прежде всего, пересчитать (процессом UNFOLD) координаты данных опробования, а все параметры анизотропии, моделей вариограмм и т.п. привести в координатной системе UCS. Единственным исключением из этого будет прототип блочной модели, который использует мировые координаты.

На входе в процесс должен также задаваться специальный файл линий, который описывает структуру складок и связь пластов между собой, и файл параметров «выпрямления» складок. Детали создания этих файлов подробно описаны в указанных выше руководствах.

Эта технология не может применяться в повернутых моделях.

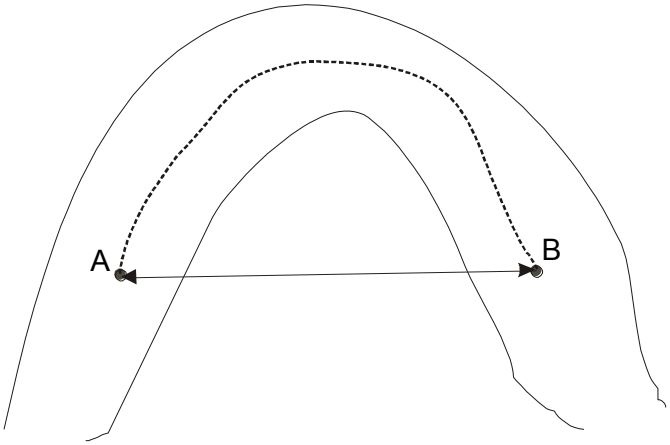


Рисунок 5.10. Геометрическое и стратиграфическое расстояние между двумя точками пласта

5.4 Интерполяция содержаний и других показателей качества руды

Теперь Вы имеете модель зон минерализации месторождения, которая содержит в ячейках только информацию о номере зоны, типе руды и (может быть) плотности. Следующим очень важным шагом в процессе моделирования является заполнение ячеек созданной Вами модели информацией о содержаниях в руде полезных компонентов и других показателях качества. Эти данные рассчитываются одним из методов интерполяции по имеющимся в базе данных результатам опробования месторождения.

Для интерполяции содержаний (и других параметров) в системе Датамайн-Студио имеется несколько основных процессов:

- **ESTIMA** - интерполяция любых параметров по блочной модели с использованием разных видов кригинга, методов обратных расстояний и ближайшей пробы
- **GRADE** - аналогичный процесс, но со значительно меньшими возможностями по сравнению с ESTIMA
- **PANELEST** - расчет средних содержаний в 2-х и 3-х мерных панелях без необходимости предварительного создания блочных моделей
- **SURFIP** - интерполяция поверхностей пластов методом обратных расстояний.

5.4.1 Процесс GRADE системы Датамайн

Этот процесс наиболее удобен для начального этапа освоения возможностей Датамайн. Он не очень сложный и, тем не менее, способен выполнять весьма ответственные расчеты.

Список основных исходных файлов, полей и параметров приведен ниже:

Файлы:

- Входной файл - прототип блочной модели. Это должна быть модель зон минерализации, для которого требуется оценка качества руды
- Входной файл проб

Поля:

- Имена полей координат X,Y,Z в файле проб
- Имя оцениваемого поля
- Имена полей для размещения информации о числе проб, по которым делается оценка, дисперсии кригинга, номере зоны и длине проб, которая используется для взвешивания проб (если такое взвешивание выполняется).

Параметры:

- Длины осей эллипсоида окрестности поиска проб (анизотропии) по направлениям X,Y,Z
- Углы поворота осей координат для совмещения их с главными направлениями анизотропии массива
- Минимальное число проб для оценки содержания в ячейке. Если число проб в окрестности будет меньше, то для этой ячейки в данном поле ставится «-» (отсутствие данных)
- Максимальное число проб для оценки содержания в ячейке. Если число проб в окрестности будет больше, то для оценки будут использованы ближайшие к оцениваемой ячейке пробы. Это число не может быть более 1400.
- Используемый метод интерполяции:
  - 1 – Ближайшая проба
  - 2 – Обратные расстояния (указывается показатель степени)
  - 3 –Обычный кригинг с одно или 2-х структурной сферической моделью вариограммы (указываются параметры пространственной вариограммной модели – от 6 до 10 параметров)
- Число октантов, в которых должны содержаться пробы для оценки (0 – 8)
- Минимальное и максимальное число проб в одном октанте
- Метод оценки подъячеек:
  - 1 – оценивается каждая подъячейка
  - 2 –оценивается основная ячейка, и эта оценка присваивается всем содержащимся в ней подъячейкам
- Количество точек внутри каждого блока (ячейки, подъячейки) по каждой координатной оси, для которых будет делаться интерполяция. Суммарная оценка блока будет рассчитана, как среднее оценок всех точек. Минимальное значение параметра (для одной оси):
  - Для метода обратных расстояний – 1
  - Для кригинга – 2

5.4.2 Процесс ESTIMA системы Датамайн

Датамайн-Студио включает в себя недавно созданный процесс ESTIMA, который охватывает все возможности предыдущих процессов интерполяции Датамайн (в том числе и GRADE) и существенно развивает их. Он создан для всесторонней профессиональной оценки содержаний по блочным моделям месторождений.

Главные особенности и достоинства процесса:

- Стандартные установки параметров для всех методов оценки и способов определения ее пространственных характеристик
- Оптимизация поиска проб в заданной окрестности для улучшения быстродействия процесса
- В одном запуске может быть оценено нужное количество переменных (содержаний)
- Каждая переменная может быть оценена различными методами, с различными параметрами окрестности (параллелепипед или эллипсоид), в которой ведется поиск проб, а также по каждой зоне и/или типу руды.
- Автоматическое увеличение размеров окрестности поиска при недостаточном количестве проб, требуемых для оценки.
- Ограничение числа выбираемых для оценки проб с помощью октантов и по ключевому полю
- Широкий выбор типов моделей вариограмм для обычного (простого), логнормального и индикаторного кригинга

- Автоматическое преобразование данных для повернутых моделей
- Возможен поворот системы координат для всех типов оценки
- Возможна оценка полных ячеек

Методы Оценки (интерполяции):

- Метод ближайшей пробы (БП)
- Метод обратных расстояний (ОР)
- Обычный Кригинг (ОК)
- Логнормальный Кригинг (ЛК)
- Простой Кригинг (ПК)
- Индикаторный Кригинг (ИК)
- Sichel's t оценка (ST)

ESTIMA - очень развитый и сложный процесс, который требует значительное количество входных параметров. Поэтому в Датамайн включено специальное меню для создания набора входной информации и последующего запуска самой оценки. В систему включен также процесс **DEFPARM**, который помогает сформировать необходимые файлы с исходной информацией. Руководство по работе процесса **ESTIMA** состоит из почти 100 страниц текста, поэтому включить его полностью в эту книгу не было возможности. Здесь будут приведены лишь основные особенности процесса, зная которые, специалист сможет в принципе работать с этой программой.

Файлы исходной информации, требуемые процессом:

- Входной файл - прототип блочной модели. Это должна быть модель зон минерализации, для которых требуется оценка качества руды
- Входной файл проб
- Файл линий, применяемый при оценке залежей со складчатой структурой (необязателен)
- Файлы исходных параметров **SRCPARM, ESTPARM, VMODPARM.**

Три последние файла являются главными источниками информации для процесса. Они состоят из следующих таблиц (табл. 5.1 – 5.3):

Таблица 5.1 Файл параметров окрестности поиска проб для оценки (SRCPARM)

Этот файл определяет размеры и ориентацию динамической (расширяющейся) окрестности с центром в оцениваемой точке. Для оценки этой точки будут использованы только те пробы, центры которых попадают внутрь окрестности.		
Имена Полей	**Значение по умолчанию**	**Описание**
SREFNUM*		Ссылочный номер окрестности поиска проб
SMETHOD	2	Форма окрестности поиска (1 = параллелепипед, 2 = эллипсоид)
SDIST1, 2, 3	100	Максимальное расстояние поиска для первой окрестности в направлениях: 1 (X), 2 (Y), 3 (Z)
SANGLE1, 2, 3**	0	Углы поворота системы координат
SAXIS1, 2, 3	3	Оси, вокруг которых делается поворот (1 = X, 2 = Y, 3 = Z)
MINNUM1 **MAXNUM1**	1 20	Минимальное и максимальное число проб для первой окрестности поиска
SVOLFAC2***	0	Множитель для расчета размеров второй окрестности поиска.
MINNUM2 **MAXNUM2**	1 20	Минимальное и максимальное число проб для второй окрестности поиска
SVOLFAC3***	0	Множитель для расчета размеров третьей окрестности поиска.
MINNUM3 **MAXNUM3**	1 20	Минимальное и максимальное число проб для третьей окрестности поиска
OCTMETH****	0	Используются ли октанты? (0 = не используются, 1 = октанты используются)
MINOCT	2	Минимальное число октантов
MINPEROC	1	Минимальное число проб в октанте

MAXPEROC	4	Максимальное число проб в октанте
MAXKEY***	0	Максимальное число проб, имеющих одинаковое значение ключевого поля

* Этот номер будет указан в файле **ESTPARM** для того, чтобы оценка производилась с требуемыми параметрами окрестности поиска.

** С помощью этих углов система координат совмещается с основными осями анизотропии

*** Обычно размеры первой окрестности – минимальные и соответствуют наивысшей категории запасов – **Measured resources**. Если для оценки точки недостаточно проб, то все размеры первой окрестности умножаются на коэффициент **SVOLFAC2**, и оценка повторяется. Полученные запасы будут соответствовать категории **Indicated resources**. Третий коэффициент **SVOLFAC3** используется для того, чтобы увеличить размеры окрестности до таких пределов, чтобы можно было оценить все блоки модели – **Inferred resources.**

**** Метод октантов используется, чтобы выполнять оценку по пробам, равномерно размещенным в пространстве, а не по ближайшим пробам одной выработки. Все сферическое пространство вокруг оцениваемой точки условно разделяется на заданное число (до 8) равных секторов (октантов). Оценка производится только тогда, когда в каждом из секторов используемой окрестности количество проб будет больше установленного минимума.

***** Пример ключевого поля – BHID. Если, например, показатель **MAXKEY** равен 3, то в каждый оценочный расчет будут приниматься не более 3-х проб из одной выработки.

Для подробного задания параметров оценки создается файл **ESTPARM** (Табл. 5.2)

Таблица 5.2. Файл параметров оценки (ESTPARM)

Этот файл требуется процессом для инструктирования программы, какие переменные, какие зоны и типы руды каким способом должны быть оценены				
Имя поля	**Тип***	**По умолчанию**	**Метод оценки****	**Описание**
VALUE_IN	A-8		Все	Имя поля для оценки
VALUE_OU	A-8	(VALUE_IN)	Все	Имя поля которое будет создано
SREFNUM	N		Все	Ссылочный номер окрестности поиска проб из файла **SRCPARM**
CUTOFF	N		ИК	Величины используемых бортов для ИК (для каждой зоны)
GRABCUT	N		ИК	Имя поля, в котором записывается оценка блока для данного борта (ИК)
{ZONE1_F}* **	A or N		Все	Первое поле зонального контроля
{ZONE2_F}* **	A or N		Все	Второе поле зонального контроля
NUMSAM_F	A-8		Все, кроме БП	Поле в выходном файле, указывающее число используемых проб
SVOL_F** **	A-8		Все	Поле в выходном файле, указывающее номер динамической окрестности поиска
VAR_F	A-8		Все, кроме БП	Поле в выходном файле, указывающее дисперсию оценки
MINDIS_F	A-8		Все	Поле в выходном файле, указывающее расстояние до ближайшей пробы
IMETHOD	N	1	Все	Метод оценки: 1=БП, 2=ОР, 3=ОК, 4=ПК, 5=ST
ANISO	N	1	БП, ОР	Тип анизотропии: 0=нет, 1=использовать файл **SRCPARM**, 2=использовать поворот системы координат (см. 6 следующих полей).
ANANGLE1	N	0	БП, ОР	Первый угол поворота вокруг оси X

ANANGLE2	N	0	БП, ОР	Второй угол поворота вокруг оси Y
ANANGLE3	N	0	БП, ОР	Третий угол поворота вокруг оси Z
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 1 (X)
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 2 (Y)
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 3 (Z)
POWER	N	2	ОР	Показатель степени для метода оценки - ОР
ADDCON	N	0	ОР, ST	ОР – константа, добавляемая к расстоянию ST – константа, добавляемая к логарифму
VREFNUM	N	1	ОК, ПК	Ссылочный номер модели вариограммы из файла **VMODPARM**
LOG*****	N	0	ОК, ПК	Метод кригинга: 0=линейный 1=логнормальный
GENCASE	N	0	Если LOG=1	Метод логнормального кригинга: 0=Rendu, 1=Обычный
DEPMEAN	N	0	Если LOG=1	Среднее по месторождению (Если 0, то рассчитывается кригингом)
TOL	N	0.01	Если GENCASE=1	Сходимость для логнормального кригинга
MAXITER	N	3	Если GENCASE=1	Максимальное число итераций для лог нормального кригинга
KRIGNEGW	N	0	ОК, ПК	Трактовка отрицательных весов кригинга: 0=использовать 1=игнорировать
KRIGVARS	N	1	ОК, ПК	Трактовка случая, когда дисперсия оценки больше порога: 0=использовать 1=игнорировать
LOCALMNP	N	2	ПК	Метод расчета локального среднего: 1=использовать поле из файла **PROTO**. 2=расчет среднего внутри окрестности
LOCALM_F	A - 8		ПК	Имя поля локального среднего в файле **PROTO**

* Тип переменной: N – числовая, A – 8 - алфавитно-цифровая с числом символов - 8.
** Метод оценки: БП (ближайшей пробы), ОР (обратных расстояний), ОК, ПК, ИК, ЛК (обычный, простой, логнормальный и индикаторный кригинг), ST - Sichel's t оценка.
*** Вместо названий этих полей должны быть введены реальные поля для зонального контроля, например “ZONE” и “ROCK”
**** Часто это поле называют CLASS для размещения в нем номера категории запасов для каждого блока в случае, если размеры окрестностей отвечают требованиям к соответствующим категориям запасов
***** Если используется логнормальная модель вариограммы, то Вы должны применить для оценки логнормальный кригинг

Некоторая информация о методах интерполяции, используемых в данном процессе, приведена в соответствующих разделах этой главы.

Если Вы выбрали кригинг как метод оценки, то Вы должны определить параметры используемых моделей вариограмм. Требуемые поля показаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Файл параметров вариограммных моделей (VMODPARM)

Этот файл требуется процессом для инструктирования программы, какие модели вариограмм будут использоваться в оценке методом кригинга.

Поле	По умолчанию	Описание
VREFNUM		Ссылочный номер модели вариограммы (используется в файле **ESTPARM**)
VANGLE1,* 2, 3	0	Углы поворота системы координат для совмещения с осями анизотропии, в которых рассчитаны вариограммы.
VAXIS1, 2, 3	0	Номера осей, вокруг которых делаются повороты (1=X, 2=Y, 3=Z)
NUGGET	0	Эффект самородка
ST1**	0	Тип модели вариограммы для первой структуры
ST1PAR1, 2, 3, 4***	0	Первый - четвертый параметры для первой структуры
……..		
ST9	0	Тип модели вариограммы для 9-й структуры
ST9PAR1, 2, 3, 4	0	Первый - четвертый параметры для 9-й структуры

* **Параметры поворота системы координат**. Необходимо удостовериться, что значения полей SANGLE1, SAXIS1, и т.д в файле SRCPARM были те же самые как значения полей VANGLE1, VAXIS1, и т.д в файле Параметров Модели Вариограммы.
** **Типы моделей вариограмм** (см. главу 4):
1 - сферическая
2 – показательная (в т.ч. линейная при показателе степени = 1)
3 - экспоненциальная
4 - гауссова
5 – логарифмическая (в т.ч. – Де Вийса)
*** **Параметры модели**:
1, 2, 3 – Величина зоны по осям 1, 2, 3
4 - Значение порога для данной стриктуры (за вычетом эффекта самородка и порогов предыдущих структур).

Легче всего создавать эти файлы в Excel, а затем – импортировать в Датамайн. В этом случае при появлении новой информации можно быстро отредактировать файлы. Второй вариант – использовать процесс DEFPARM, с помощью которого последовательно создаются в редакторе AED все 3 требуемые файла.

Кроме вышеописанных файлов процесс ESTIMA требует некоторое количество дополнительной исходной информации.

Поля:

- ***ZONE1_F, ZONE2_F*** - Имена полей во входных ***файлах модели и проб*** для осуществления первичного и вторичного зонального контроля. Например: «ZONE» и «ROCK». Эти поля должны обязательно присутствовать во входных файлах.
- ***KEY*** - ключевое поле для ограничения количества проб, используемых в оценке, например – BHID
- ***LENGTH_F, DENS_F*** – поля длины интервала и плотности, используемые для взвешивания оцениваемых содержаний (только метод OP) Эти поля должны существовать во входном файле проб
- Ряд полей, связанных с оценкой складчатых структур

Параметры:

- **DISCMETH** - Метод задания оцениваемых точек внутри блока: 1- задается число точек по каждой оси, 2- задается расстояние между точками
- Число точек или расстояние между ними по каждой оси
- **PARENT** - Способ оценки ячеек: =0 – оценивается отдельно каждая подъячейка, =1 – подъячейкам присваивается оценка, сделанная для основной ячейки, =2 - подъячейкам присваивается оценка, сделанная по точкам основной ячейки, попадающим внутрь данной подъячейки
- **MINDISC** – Минимальное число точек для оценки (только, если **PARENT**=2).
- **COPYVAL** – Возможность копирования значений из входного файла модели в выходной, когда недостаточно данных для оценки: =0 - не разрешать копирования, =1 – разрешить копирование.

- Координаты X, Y, Z для определения зоны модернизации модели

Кроме этих параметров задается еще целый ряд показателей, связанных с оценкой складчатых структур. Специалисты, интересующиеся этой методологией, могут ознакомиться с ней в соответствующем разделе Документации.

Ниже будут приведены основные сведения об используемых системой Датамайн методах интерполяции.

5.4.3 Метод многоугольников (ближайшей пробы)

При использовании этого метода оцениваемой ячейке присваивается значение ближайшей 'nearest' пробы. Если введены параметры анизотропии, то расстояние до пробы определяется с учетом анизотропии массива

Главным преимуществом метода является то, что он не использует какого-либо взвешивания значений проб, поэтому с помощью его может быть оценено любое цифровое или алфавитное (до 20 символов) поле. Наиболее удобно использовать его для интерполяции алфавитных переменных, например кодов литологии, стратиграфии и т.п. Он также не изменяет при интерполяции значений цифровых полей (различных кодов, типов руд и т.д.), что очень удобно в ряде ситуаций.

5.4.4 Метод обратных расстояний

При использовании этого метода оценка заданной переменной получается взвешиванием каждой пробы величиной, обратно пропорциональной расстоянию от пробы до оцениваемой точки.

$$\alpha = \sum_{i}^{n} \left(\frac{1}{R^p}\right)_i \alpha_i \qquad (5.1)$$

где α - оценка блока по пробам α_i

R - расстояние от пробы до оцениваемой точки

p - показатель степени (обычно = 2)

Параметр ADDCON процесса ESTIMA

Если проба лежит точно в оцениваемой точке (точка центра ячейки), тогда расстояние до нее будет ноль, а «вес» пробы будет 100%. Это может приводить к тенденциозной оценке, если имеется только одна точка и несколько проб, лежащих в пределах ячейки. Однако, Вы можете решить эту проблему путем ввода положительного значения в поле **ADDCON**.

Процесс будет добавлять исправленное анизотропией значение ADDCON к каждому расстоянию перед оценкой ячейки (точки).

Взвешивание по длине интервала и плотности породы (руды). Вы можете включить длину и/или плотность в расчет оценки, задав в процессе **ESTIMA** поля: *LENGTH_F и/или *DENS_F, которые должны быть в файле опробования. Если заданы оба поля, то при взвешивании они перемножаются.

Дисперсия оценки. В дополнение к оценке методом ОР, также рассчитывается дисперсия оценки. Однако, она рассчитывается как дисперсия классической статистики по всем пробам, участвующим в оценке.

5.4.5 Обычный кригинг

Кригинг – это геостатистческий метод для оценки содержаний в заданном объеме [1,2,3]. В ESTIMA используются два типа кригинга – Обычный Кригинг (Ordinary Kriging) и Простой Кригинг (Simple Kriging), которые определяются полем IMETHOD в файле параметров (Estimation Parameter file):

Обычный Кригинг (ОК) IMETHOD = 3

Простой Кригинг (ПК) IMETHOD = 4

Как и в методе обратных расстояний, кригинг определяет веса проб, участвующих в оценке точки или блока. Однако, одним из главных преимуществ кригинга является то, что «веса» рассчитываются таким образом, чтобы минимизировать дисперсию оценки (возможную ошибку).

Размещение проб в пространстве. Когда минимизируется дисперсия оценки, то кригинг берет в расчет пространственное положение проб относительно друг друга. Отсюда

получается что, если несколько проб группируются вместе, то они будут взяты в расчет с соответственно уменьшенными весами. Вы помните, что в методе обратных расстояний «веса» зависят только от расстояния между пробой и точкой оценки, а положение других проб в расчет не берется.

Веса кригинга рассчитываются по модели вариограммы, которая описывает корреляцию между двумя точками, как функцию расстояния между ними. Таким образом, в расчете оценки содержаний участвует дополнительный аргумент – корреляционная связь между пробами в пространстве, что делает эту оценку более точной. Детали моделирования вариограмм приводятся в главе 3, а способ задания их параметров - в разделе 5.4.2.

Обычный и простой кригинг - две разновидности линейного кригинга. Для Обычного Кригинга (ОК) вес рассчитывается для каждой пробы, и сумма этих весов равна 1. Для простого кригинга (ПК) «вес» W_i рассчитывается для каждой пробы и «вес» (1 - 3 W_i) назначается среднему содержанию. ПК не поддается влиянию локальных трендов данных как ОК, так как это зависит, отчасти, от среднего содержания, которое, как было сказано выше, предварительно задано и постоянно для всего пространства. Наиболее часто используемый метод кригинга - ОК. Дальнейшие детали методологии кригинга и расчета «весов» Вы можете найти в литературе, список которой представлен в конце данного руководства.

Ввод исходной информации для ОК и ПК очень похож, и поэтому все последующее описание подходит для обоих методов. В конце раздела будет сделано маленькое уточнение, касающееся специфики ПК.

Логнормальный Кригинг. Этот вид интерполяции использует нелинейные преобразования и наиболее подходит для оценки содержаний по месторождению, когда структура изменчивости массива характеризуется логнормальной моделью вариограммы. Процесс ESTIMA позволяет использовать линейный и логнормальный кригинг для обоих методов: ОК и ПК. Для их выбора используется поле LOG в файле Параметров оценки. Для линейного кригинга «веса» рассчитываются для реальных содержаний проб, а для логнормального кригинга – для логарифмов содержаний с последующим их обратным преобразованием в конце расчета. Все трансформации происходят внутри процесса ESTIMA, так что Вы не должны производить каких-либо дополнительных расчетов. Для ОК обратная логнормальная трансформация содержаний производится по формуле:

$$E_c = \exp(3W_i \times \log(G_i) + 0.5 \times (3W_i \times F(L_i, L_j) - 3.3W_i \times W_j \times F(L_i, L_j))), \qquad (5.2)$$

Где:	E_c	оценка кригинга
	W_i	вес пробы i
	G_i	содержание пробыi
	$F(L_i, L_j)$	ковариация логарифма содержаний проб i и j

Алгоритм для логнормального кригинга основывается на методе Питера Дауда (P.A.Dowd), описанном в его книге 'Lognormal Kriging – The General Case', (см. список литературы). Предполагается два метода расчетов – метод приближений Rendu's, и Основной Метод (General Method). Заметим, что Основной Метод это интерактивный процесс и может требовать нескольких последовательных решений матриц кригинга для каждого кригируемого объема. Поэтому по сравнению с методом Rendu он требует существенно большего времени для расчетов. Мы настоятельно рекомендуем прочесть книгу П. Дауда [5] перед применением этого метода и учесть, что он имеет некоторые особенности, требующие очень квалифицированного подхода, понимания теории и большой осторожности в интерпретации результатов.

Параметры логнормального кригинга. Если Вы, тем не менее, выбираете для оценки логнормальный кригинг, тогда Вы должны решить, какой из методов Вам больше подходит: приближение Ренду или Общий Случай. Для выбора используется поле GENCASE в файле Параметров Оценки.

Если GENCASE = 0, то будет использовано приближение Ренду, если GENCASE =1, то используется Общий метод. Когда Вы выбираете Общий Случай, то должны определить еще три поля: DEPMEAN, TOL и MAXITER (см. П. Дауд).

Модель вариограммы. Для каждого поля (VALUE_IN), которое будет оцениваться кригингом, в файле Параметров Оценки должен быть определен соответствующий ссылочный номер модели вариограммы (VREFNUM). Это – обычная ссылка на описание модели вариограммы и ее параметры, приведенные в файле Параметров Модели Вариограммы.

Поэтому здесь может использоваться любое числовое значение, если оно существует в файле Параметров Модели Вариограммы.

Модели, записанные в файле Параметров Модели Вариограммы, могут быть или обычными или логнормальными. Поле LOG в файле Параметров Оценки используется для выбора линейного или логнормального кригинга.

Кригинг ячеек. Кригинговая оценка для точек оцениваемого блока делается, когда число проб в окрестности поиска не меньше заданного минимума. Если их число больше установленного максимума, то выбираются только ближайшие к точке пробы.

Кроме самой оценки, кригинг формирует три вторичных переменных, которые могут быть рассчитаны для каждой ячейки и сохранены в файле Выходной Модели:

- число проб используемых для кригинга
- дисперсия кригинга
- расстояние до ближайшей пробы, трансформированное с учетом анизотропии

Чтобы сохранить эти вторичные переменные, их имена полей должны быть определены в файле Параметров Оценки (см. раздел 5.4.2).

Отрицательные веса кригинга. При некоторых условиях, веса, рассчитанные для одной или нескольких проб, могут быть отрицательными. Это наиболее вероятно, когда модель вариограммы имеет маленький эффект самородка, а проба ограждена (экранирована) от ячейки другими пробами, находящимися непосредственно между этой пробой и ячейкой.

Хотя отрицательные веса математически оправданы, однако в геостатистике существует направление, которое отрицает их правомерность и считает, что они должны быть установлены как 0. Если Вы хотите, то можете сделать это, используя поле KRIGNEGW (см. раздел 5.4.2).

Если отрицательные веса установлены, равными нолю, то веса других проб будут пропорционально отрегулированы так, чтобы сумма весов всегда равнялась 1.

Когда дисперсия кригинга больше порога. Из-за математической сложности вычислений уравнений кригинга иногда может случиться, что дисперсия кригинга будет немного больше чем порог модели вариограммы. С помощью поля KRIGVARS в файле Параметров Оценки Вы можете управлять, оставить ли рассчитанную дисперсию выше порога или установить ее равной порогу.

Этот контроль применяется только по отношению к линейному кригингу. Дисперсия для логнормального кригинга зависит от значения поля DEPMEAN и поэтому часто получается большей чем порог.

Простой кригинг. Простой кригинг кроме расчета весов для каждой пробы назначает также вес для местного среднего значения проб. Для того, чтобы установить, как это местное среднее значение будет определяться, используются поля LOCALMNP и LOCALM_F в файле Параметров Оценки,

При LOCALMNP = 1 для этого используется специальное поле во входном файле Модели. Если этот параметр равен 2, то программа вычисляет локальное среднее как арифметическое среднее всех проб, находящихся в окрестности поиска. Если LOCALMNP = 1, то Вы также должны также задать имя алфавитного поля во входном файле Прототипа Модели, которое определяет локальное среднее. Имя поля в файле Параметров Оценки - LOCALM_F.

Оценка Т Сичела (IMETHOD = 5). Этот метод может использоваться, чтобы оценить содержание ячейки, когда статистическое распределение проб в массиве - логнормальное. В отличие от методов ОР и кригинга здесь не требуется расчета расстояния от пробы до ячейки. Поэтому такая оценка наиболее подходит для оценки больших ячеек, каждая из которых содержит несколько проб, и где окрестность поиска имеет приблизительно те же размеры как и сама ячейка. Детали метода описаны в статье H.S.Sichel [4], упомянутой в Списке литературы в конце книги.

Оценка Т Сичела рассчитывается как:

$$t = \exp(\bar{x})({}_n(V), \qquad (5.3)$$

где:

$$({}_n(V) = 1 + \underset{r=1}{\overset{4}{E}}(n-1)^r / [2^r r!(n+1).....(n+2r-3)]$$

$$\bar{x} = [\underset{i=1}{\overset{n}{E}} x_i] / n$$

$$V = [\overset{n}{\underset{i=1}{E}}(x_i - \bar{x})^2]/n$$

$$x_i = \log_e[G_i + "]$$

Здесь G_i – содержание пробы I, а «”» - это такая константа, при которой $[G_i + "]$ является логнормальным распределением. Если распределение проб соответствует 3-м параметрам логнормального распределения, то Вы должны определить добавочную константу (используя поле ADDCON в файле Параметров Оценки). Это - то же самое поле, которое используется в методе обратных расстояний, но оно здесь имеет совершенно другое значение в этом контексте. Выходные поля NUMSAM_F, SVOL_F, VAR_F и MINDIS_F определяются также как и для метода ОР.

5.4.6 Оценка панелей

Часто возникает ситуация, когда требуется оценить среднее содержание в каком-то пространственном объеме, ограниченном в плане только контуром, или – в каком–то выделенном объеме имеющейся блочной модели. Для этих целей в Датамайн имеется процесс PANELEST.

Панели определяются или множеством линий в файле PERIM, или множеством отдельных точек в файле DISPTIN. Для интерполяции используются все описанные выше основные методы: БП, ОР, ОК.

Определение панелей с помощью множества линий. Файл PERIM должен содержать одну или несколько линий. Если они не замкнуты, то перед обработкой будут замыкаться. Необходимо проконтролировать, чтобы эти линии не содержали «перехлестываний». Количество точек в одной линии не должно быть больше 5000. Линии должны быть плоскими и размещаться (не обязательно – все) на одной из координатных плоскостей: XY, XZ или YZ.

Далее Вы можете определить независимые (+/-) расстояния проецирования DPLUS и DMINUS для того, чтобы создать из плоских контуров объемы. Если хотя бы один их этих параметров не равен 0, то панель считается 3-х мерной, в противном случае – 2-х мерной.

Если она 2-х мерная, то все пробы будут спроецированы на эту плоскость. В этом случае Вы должны проверить, чтобы несколько проб не проецировались в одну точку, иначе кригинг не будет работать.

Каждая панель в процессе расчетов представлена множеством отдельных 2-х или 3-х мерных точек. Вы можете задать расстояния между этими точками независимо в каждом из 3-х направлений с помощью параметров XDSPACE, YDSPACE и ZDSPACE. Если Вы не введете эти параметры, то процесс будет самостоятельно использовать подходящие значения. Например, для квадратной панели будет создана 121 точка (по 11 в каждом направлении).

Множество регулярных точек генерируется процессом внутри прямоугольника, самого близкого к форме панели, а затем оставляются только те точки, которые попадают внутрь контура панели. В 3-х мерных панелях точки генерируются и в 3-м измерении, а затем «обрезаются» границами объема, полученного проецированием периметра панели. Общее количество созданных точек не должно быть менее чем установка параметра MINDISC. Если оно меньше, то расстояния между точками последовательно уменьшается на 20% с последующей, новой проверкой их количества.

Определение панелей с помощью множества отдельных точек. Вместо генерирования точек внутри контуров (см. выше) Вы можете ввести эти точки непосредственно с помощью файла DISPTIN. В этом случае параметры XDSPACE, YDSPACE, ZDSPACE, MINDISC, DPLUS и DMINUS будут игнорироваться. Одним из способов создания множества регулярных точек является процесс TRIFIL, с помощью которого Вы можете заполнить внутренность замкнутого каркаса или одну из сторон каркаса поверхности регулярными ячейками (без деления их на подъячейки!!), центры которых будут играть роль множества точек для процесса PANELEST (Рис.5.11). Выходной файл процесса TRIFIL может быть непосредственно использован в PANELEST, как файл DISPTIN.

Множество точек может быть задано также существующей блочной моделью с уже интерполированными содержаниями. Лучше, если предварительно подъячейки будут объединены в нормальные ячейки. Выбрав какое-то множество ячеек или всю модель, Вы можете получить среднее содержание и дисперсию оценки для них.

Выбор проб для оценки. Параметры MINNUM и MAXNUM используются, чтобы задать минимальное и максимальное количество проб, которое будет использоваться для оценки каждой точки. Для методов БП и ОР параметр MAXNUM игнорируется, а для ОК он не должен превышать 1399.

Если в панели найдено меньше проб, чем MINNUM, то оценка не выполняется. Если проб больше, чем MAXNUM, то для оценки выбираются ближайшие пробы.

Если панель задана периметрами (файл PERIM), то установка параметра INSIDE=1 приведет к тому, что для оценки будут использованы только пробы, находящиеся внутри панели. Если INSIDE=0, то используются все пробы. При задании точек файлом DISPTIN этот параметр игнорируется.

Методы интерполяции. Используется 3 метода интерполяции: 1- БП, 2 – ОР, 3 – ОК (если параметр LOG=1, то используется логнормальный кригинг, см. предыдущий параграф). Отметьте, что при использовании кригинга будет рассчитываться дисперсия кригинга, а при методе ОР – классическая дисперсия проб, используемых для оценки.

Анизотропия. В случае использования кригинга анизотропия определяется параметрами вариограммной модели. Для других методов она задается набором стандартных параметров ANANGLEn, ANAXISn и ANDISTn (см. выше).

Результаты расчета. Когда параметр TOTAL=1 и оценивается более одной панели, то рассчитываются суммарные показатели для всех панелей (площадь/объем и содержание), взвешенные по площади или по объему каждой панели. Дисперсия оценки будет рассчитана только для кригинга путем взвешивания аналогичных параметров по квадрату площади/объема каждой панели. В этих расчетах предполагается, что панели независимы друг от друга. Это часто бывает справедливым, если панели большие.

Если панели определены как множество точек, то должен быть оценен объем каждой панели. Он рассчитывается в зависимости от количества точек и расстояний между ними.

Результат расчета будет показан на экране, как показано ниже.

Пример.

```
!panelest    &IN(holes.c),&VMODPARM(VMODEL),&DISPTIN(points),&OUT(RESNEW),
&SAMPOUT(sampout),*X(X),*Y(Y),*Z(Z),*VALUE(Fe),*PANEL(AZONE),@MINNUM=1,
@MAXNUM=1399,@INSIDE=0,@XDSPACE=0,@YDSPACE=0,@ZDSPACE=0,@MINDISC=20,
@DPLUS=0,@DMINUS=0,@IMETHOD=3,@VMODNUM=1,@LOG=0,@POWER=2,@TOTAL=1,
@ANANGLE1=0,@ANAXIS1=3,@ANANGLE2=0,@ANAXIS2=1,@ANANGLE3=0,@ANAXIS3=3,
@ANDIST1=1,@ANDIST2=1,@ANDIST3=1,@PRINT=0,@ECHO=0
```

Вариограммная модель может содержать до 9 структур. В данном случае задана очень простая одно-структурная изотропная сферическая модель

Эффект самородка = 0.0000
Все углы поворота равны 0.
Зона во всех направлениях равна 100 м, порог = 1.

Метод оценки – обычный кригинг (ОК)
Полигон задан точками файла ‘points’
Всего оценены 4 зоны (полигона)
Ниже приведены результаты оценки, которые показываются на экране:

AZONE (номер панели)	1.0000
Number of discretisation points (число точек)	= 845
Volume of panel (объем панели)	= 845000.0000
Kriged grade (среднее содержание)	= 46.2306
Kriged variance (дисперсия кригинга)	= 0.0432
Arithmetic mean of samples (арифм. Среднее проб)	= 45.1471
Number of samples used (число проб)	= 183

AZONE	2.0000
Number of discretisation points	= 160
Volume of panel	= 159999.9844
Kriged grade	= 50.8482

Kriged variance	= 0.0644
Arithmetic mean of samples	= 45.1471
Number of samples used	= 183

AZONE	3.0000
Number of discretisation points	=25
Volume of panel	= 12799.9512
Kriged grade	=47.5234
Kriged variance	=0.3584
Arithmetic mean of samples	=45.1471
Number of samples used	=183

AZONE	4.0000
Number of discretisation points	=90
Volume of panel	=6184.7759
Kriged grade	=43.6955
Kriged variance	=0.5730
Arithmetic mean of samples	=45.1471
Number of samples used	=183

Average / Totals Over All Panels (Общие параметры для всех панелей)	
Total discretisation points	=1120
Total volume	= 1023984.6875
Average kriged grade,all panels	=46.9530
Kriged variance, all panels	=0.0440
Total number of samples	=732

В выходной файл выводится следующая информация:

AZONE	Fe	VARIANCE	NUMSAM	FVALUE	NDISCPTS
1.0	46.23064	0.04319	183.0	0.801666	845.0
3.0	50.8482	0.064417	183.0	0.513691	160.0
4.0	47.52341	0.358402	183.0	0.277084	25.0
5.0	43.69546	0.573013	183.0	0.234732	90.0
-	46.953	0.044021	732.0	-	1120.0

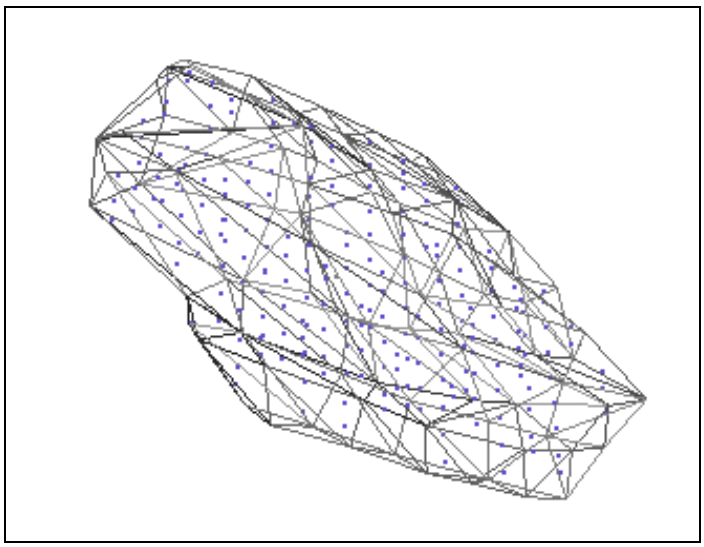


Рисунок 5.11. Вид каркаса, заполненного регулярным множеством точек (ячеек). Размер сети: X=10, Y=5, Z=5 м.

5.4.7 Индикаторный кригинг

Во многих случаях, наиболее подходящим видом интерполяции является индикаторный кригинг. Часто он полезен там, где подозревается различная корреляционная связь между пробами в зонах рудного тела с различным содержанием полезных компонентов. Например, в золоторудных залежах богатые участки имеют характер анизотропии, иногда существенно отличающийся от аналогичных характеристик бедных зон. Особенно ярко это проявляется в случае различного генезиса и геологического строения этих зон.

Индикаторный кригинг, в отличие от обычного, рассчитывает оценки для выделенных интервалов содержаний по отдельным вариограммным моделям, действительным только для этого типа руд. Для любого блока рассчитываются элементарные оценки для каждого выделенного класса содержаний. Суммарная оценка блока вычисляется, как средневзвешенная, в зависимости от того пробы каких классов использовались в расчетах. Таким образом, достигается более высокая точность оценки.

Ниже приведена краткая инструкция по использованию процесса Датамайн – ESTIMA для оценки модели месторождения индикаторным кригингом. Более подробные сведения по каждому этапу читатель может найти в соответствующих разделах этого руководства или в документации процесса ESTIMA.

На первом шаге надо разделить весь интервал содержания оцениваемого компонента на определенное число классов, соответствующих геологическим представлениям о месторождении. Каждый такой класс в дальнейшем будет рассматриваться и оцениваться отдельно. Для него будет определено собственное бортовое содержание. Желательно, чтобы такие классы включали в себя примерно одинаковое количество проб. С этой целью рекомендуется:

1. Провести композирование файла проб и «урезать» в нем ураганные содержания;
2. Запустить процесс QUANTILE и разбить КОМПОЗИРОВАННЫЙ файл проб на требуемое число квантилей (ранжированных по возрастанию подмножеств проб с равным количеством записей в каждом квантиле, например – 10);
3. Для каждого квантиля выписать минимальное содержание, которое и будет БОРТОМ в дальнейших расчетах;
4. Создать файл (например – CUTFILE), в котором единственное поле (CUTOFF) должно содержать значения выписанных бортов. Файл можно создать в Excel и импортировать в Датамайн;
5. Для каждого содержания (металла) должен быть создан свой файл CUTFILE

Расчет экспериментальных индикаторных вариограмм и подбор моделей производится описанными в главе 3 методами. Рекомендуется следующая последовательность действий:

1. С помощью процесса VGRAM рассчитать экспериментальные вариограммы для каждого структурно обоснованного направления в пространстве и каждого содержания. Если в исходных файлах процесса будет упомянут файл CUTFILE, то процесс рассчитает множество индикаторных вариограмм для каждого установленного борта.
2. С помощью процесса VARFIT подобрать к экспериментальным вариограммам (для каждого варианта борта) пространственные модели. Рекомендуется оперировать с ОТНОСИТЕЛЬНЫМИ вариограммами, которые дают более гладкие графики, сохраняя в целом главные параметры функций. Логарифмические вариограммы потребуют в будущем использования логнормального кригинга.

Для дальнейшей работы требуется создать 3 файла (см. предыдущие разделы и описание процесса ESTIMATE):

1. Файл геометрии эллипсоида поиска проб в процессе оценки (SRCPARM)
2. Файл параметров оценки (ESTPARM). Для ИК в файле должны быть сделаны следующие дополнения:
    a. Введено поле CUTOFF, в котором для каждой зоны перечислены все используемые для расчетов вариограмм бортовые содержания
    b. Введено поле GRABCUT, в котором для каждого борта определено поле (например GRAB1), в котором будет записано среднее содержание в оцениваемом блоке для доли руды с бортом номер 1.
    c. В поле VALUE_OU вводятся имена полей (например, PRAB1), в которых будут записаны пропорции блоков, содержащих руду с бортом номер 1.

d. Все значения поля VALUE_IN должны быть одинаковыми для данного запуска программы;
e. Этот файл параметров должен иметь только одно входное содержание (поле VALUE_IN) и рассчитан только на один метод интерполяции (кстати, возможна интерполяция индикаторным методом как с помощью кригинга, так и с помощью ОР и даже БП).

3. Файл параметров вариограммной модели (VMODPARM), который должен содержать характеристики моделей для всех установленных выше бортовых содержаний

Процедура Индикаторной оценки включает в себя следующие этапы:

1. При запуске в процесс ESTIMATE (запуск производится с помощью меню, приложенного к системе) водятся последовательно названия всех файлов, упомянутых выше и требуемых программой
2. В опции Advanced parameters устанавливаются параметры зонального контроля и другие, если необходимо.
3. Запускается опция Индикаторной оценки. Выбирается (по умолчанию) позиция номер 3 Относительной корректировки (другие детали см. в документации по процессу)
4. После расчета статистических параметров программа выводит окно с файлом CUTOFFS, в котором могут быть отредактированы (при необходимости) средние значения классов содержаний для каждого борта.
5. После закрытия пользователем этого окна программа показывает для контроля все установленные параметры Индикаторной оценки. Если все нормально, то производится запуск расчета.
6. По окончании вычислений в блочной модели кроме полей, указанных выше (характеризующих каждый класс содержаний для каждого блока), программой рассчитывается поле INDGRADE, в котором содержится полная оценка содержания для всех блоков.

5.5 Оптимизация, обновление и пересчет блочных моделей при поступлении новой информации

5.5.1 Оптимизация моделей

После того, как Вы оценили качество руды по созданной Вами блочной модели, необходимо проверить полученную модель, объединить с моделью литологии (если это представляет интерес) и, при необходимости, – оптимизировать ее или полученную общую модель.

Итак, Ваша модель содержит все поля типов руд и пород, содержания всех компонентов, а также другие параметры, которые Вы считаете важными. Лучше, если Вы теперь добавите в модель информацию о плотности руды. Это делается обычно процессом EXTRA (GENTRA), в котором Вы можете присвоить известные значения плотности всем имеющимся в модели типам руд. Возможно использовать для этого любое аналитическое выражение, если плотность руды зависит от содержания в ней металлов и т.п. Операция до предела упрощается, когда вся руда имеет одинаковую плотность. Для хранения этой информации целесообразно применять стандартное название поля **DENSITY**, т.к. в дальнейшем программа сможет его использовать, не спрашивая Вас каждый раз о вводе величины плотности.

Иногда модель получается очень большой из-за громадного количества маленьких субъячеек, созданных при заполнении ячейками узких (извилистых) каркасов или при объединении нескольких больших блочных моделей в одну. Во втором случае часто происходит аварийное наложение ячеек друг на друга, а это, в свою очередь, вызывает ошибки при использовании такой модели в других процессах (например, при оценке запасов). Наложение ячеек бывает также следствием заполнения блоками взаимно пересекающихся каркасов в одном запуске процессов TRIFIL или WAREFILL.

Такие ситуации могут быть исправлены оптимизацией субъячеек модели процессом PROMOD. Он будет копировать входную модель в новый файл, и при этом выполнять следующие функции:

- Для каждой субъячейки определяется ее «родительская» ячейка
- Ликвидируются наложенные субъячейки в «родительских» ячейках
- Маленькие субъячейки объединяются без ухудшения точности модели по 10 ключевым полям.

Задаются от 1 до 10 ключевых полей. Субъячейки объединяются, если значение поля в них одинаково, а параметр OPTIMISE=1 или 2.

Параметры:

- **DENSITY** - плотность руды, если это поле отсутствует во входном файле.
- **X(Y,Z)INCMIN** – минимальный размер подъячейки в данном направлении. Любые подъячейки с размером, меньшим чем указанный, будут объединяться с соседними (если OPTIMISE=1 или 2 и, если это возможно) при совпадении значений ключевых полей.
- **OVERLAP** – способ проверки и устранения наложений подъячеек (по умолчанию – 0).
  =0: программа сообщает о наличии наложений и прекращает работу.
  =1: программа сообщает о наличии наложений и переносит их без изменения в выходной файл.
  =2: все наложения будут исправлены, как это делает процесс ADDMOD, т.е. 2-я подъячейка будет перезаписывать содержание 1-й подъячейки.
- **OPTIMISE** – способ объединения подъячеек (по умолчанию – 2).
  =0: - Объединения не делается.
  =1 - Подъячейки объединяются только тогда, когда они полностью заполняют «родительскую» ячейку.
  =2 - Подъячейки объединяются для минимизации их количества.
- **TOL** – допуск (в % к величине) для сравнения значений ключевых полей в субъячейках. Если различие в смежных субъячейках будет меньше допуска, то они объединяются (если OPTIMISE=1 или 2). По умолчанию – 0.001.

На рис.5.12. показаны результаты оптимизации модели золоторудного месторождения по ключевому полю AU с допуском 1%. Минимальный размер подъячеек был установлен 2.5*2.5 м в плане. Размер «родительской» ячейки 10*10 м. В процессе оптимизации было исправлено 140 наложений подъячеек.

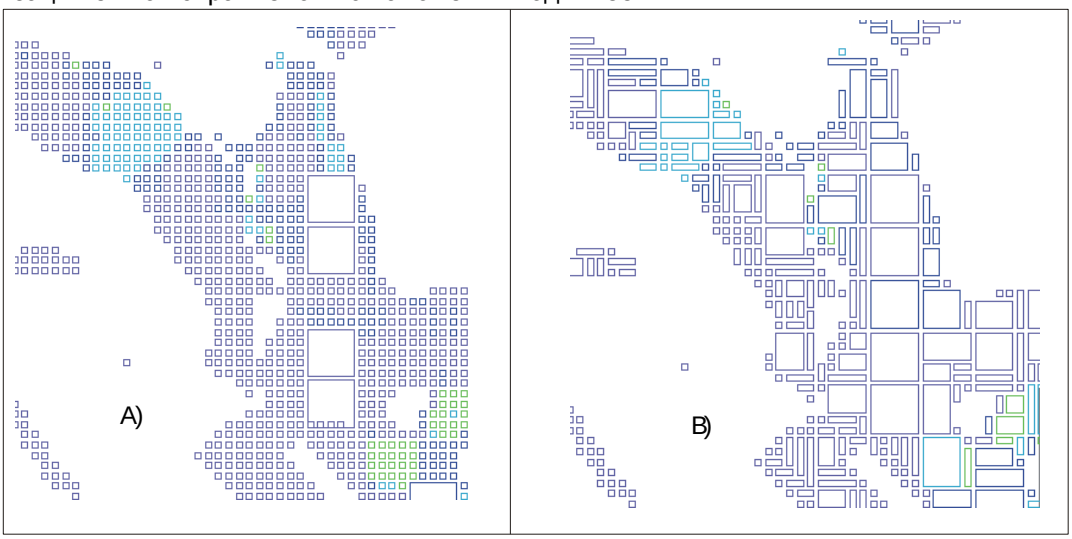


Рисунок 5.12. План блочной модели до (A) и после (B) оптимизации

В Датамайн имеется еще один процесс - SLIMOD, который исправляет ситуацию, когда субъячейки выходят за пределы «родительской» ячейки. Это осуществляется путем «разрезания» таких субъячеек границами их «родительской» ячейки. Он может также использоваться, если необходимо изменить прототип для существующей модели. Однако, если Вы укажете в исходных данных тот же прототип, какой используется в исправляемой модели, то произойдет только корректировка наложенных субъячеек. Пример использования процесса приведен на рис. 5.13. В данном случае был изменен прототип модели:

- координаты начала модели и

- размер основных ячеек (X: с 10 до 20 м, Y: с 10 до 15 м).

Как видно из рисунка, произошедшие изменения в модели в данном случае оказались несущественными.

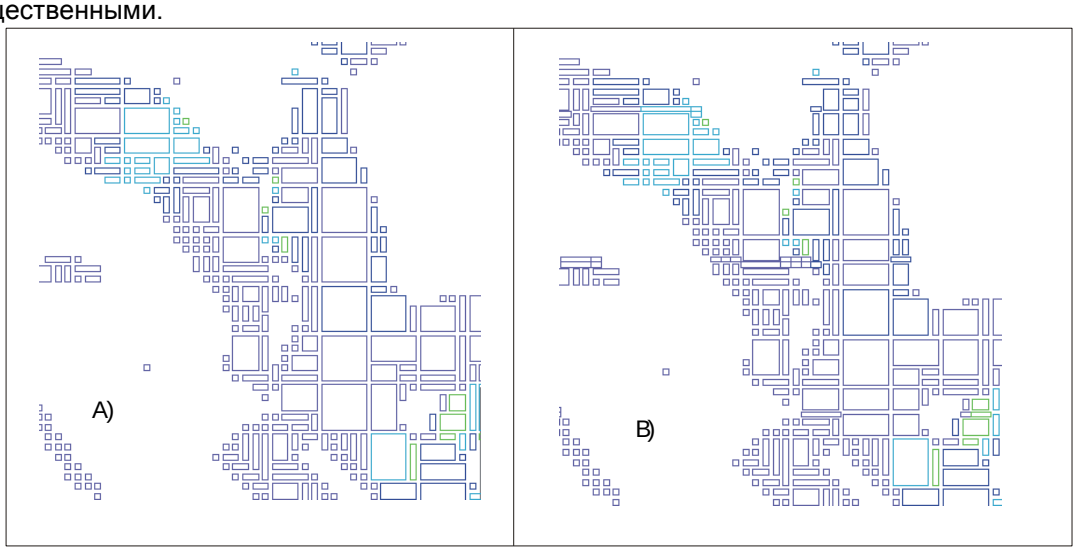


Рисунок 5.13. План блочной модели до (A) и после (B) изменения прототипа процессом SLIMOD

5.5.2 Дополнение моделей новой информацией

При поступлении новой информации о месторождении (как правило, за счет эксплоразведки и доразведки) необходимо внести изменения в существующие модели. Здесь могут быть 3 варианта:

- Контуры минерализации не изменяются. Изменяется только распределение качества руды
- Контуры минерализации в некоторых местах расширяются
- Контуры минерализации в отдельных местах сужаются

В первом, самом простом случае достаточно дополнить файл проб новой информацией (см. Главу 2), и с полученным новым файлом опробования провести повторную интерполяцию всей (или только измененной части) модели с помощью процессов GRADE или ESTIMA. Если Вы считаете нужным, то пересчитайте вариограммы в измененной части модели и, соответственно, измените параметры процессов интерполяции. Если свойства массива после дополнения новой информации существенно не изменились, то можно применять для интерполяции все прежние параметры.

Когда контуры минерализации в результате появления новой информации расширились, то можно или исправить существующую каркасную модель полностью, или (что намного легче) сделать новую каркасную (а затем и блочную) модель только измененного участка. Затем дополняется файл опробования, и из него выбираются пробы, попадающие в новый каркас. Для новой части модели производится интерполяция содержаний с прежними или измененными параметрами. Полученная таким способом новая модель с полями, соответствующими старой модели (это надо обязательно проверить!), процессом ADDMOD накладывается на существующую модель и (если необходимо) подвергается оптимизации процессом PROMOD.

Когда контуры минерализации сужаются, то обычно приходится корректировать весь каркас существующей модели, т.к. при наложении измененной (более узкой) части часть ячеек прежней модели будет оставаться не перезаписанной, отражая нереальную информацию. Далее необходимо повторить весь процесс заполнения нового каркаса ячейками и интерполяции содержаний. При сохранении информации о прежних установках процессов и макросов это занимает минимум времени.

Можно пойти и другим путем. Как описано выше, создать новый каркас в измененной части, заполнить его ячейками и провести интерполяцию содержаний. Желательно, чтобы измененный каркас опирался на плоскости системы координат (XY, XZ и/или YZ) и хорошо совмещался в этих плоскостях с прежним каркасом. После этого из старой блочной модели с

помощью фильтров выбирается только неизмененная часть, которая затем объединяется процессом ADDMOD с новой частью модели.

На рис. 5.14. на вертикальном разрезе показан процесс модернизации блочной модели золоторудного месторождения. По данным эксплоразведки была создана новая каркасная модель верхней части залежи, блочная модель которой показана в части B рисунка.

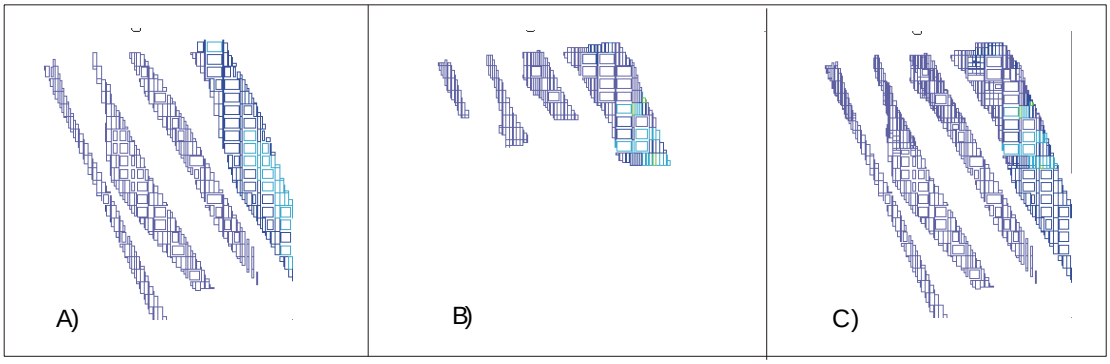


Рисунок 5.14. процесс дополнения блочной модели: A – старая модель, B – обновляемая часть модели, C – обновленная основная модель.

6 Оценка рудных запасов

Завершающим этапом моделирования месторождений является оценка их рудных запасов. Если Вы проделали всю предыдущую работу качественно, то эта операция доставит Вам удовольствие. Она делается очень быстро; можно в течение минут пересчитать тоннаж и содержание для нескольких бортовых содержаний и для всех рудных тел. Простота этого процесса обусловлена тем, что он выполняет только элементарное суммирование информации о всех блоках, соответствующих установленным Вами условиям.

Запасы можно оценивать не только по блочным моделям, но и (ориентировочно) по данным опробования залежей полезных ископаемых.

6.1 Процессы Датамайн для оценки запасов

6.1.1 Процесс MODRES

Основной процесс Датамайн для подсчета запасов руды – **MODRES**, который имеет много опций и позволяет с помощью фильтров и ограничивающих критериев оценить запасы практически для любой комбинации условий, которые Вы пожелаете использовать. После ввода в процесс файла блочной модели и необходимых ограничений Вы (если не используется специально написанный макрос) должны будете в диалоговом режиме определить все параметры оценки, которые наиболее подходят для Вас. Полученная программой информация о запасах будет размещаться в выходном файле результатов, который может быть прочитан специальным процессом TABRES.

Этот процесс может также использоваться для поуступной оценки запасов в карьере (карьерах), если на входе будет указан файл периметров его (их) уступов. На выходе может быть получен также файл блочной модели, в котором появится новое поле MINED, отражающее информацию об отработке каждого блока (значения 0 или 1).

Если на входе отсутствует файл периметров, то для поуступной оценки запасов процесс создает их самостоятельно. Когда этот стандартный файл линий Датамайн присутствует, то контуры в нем должны быть направлены «по часовой стрелке», не пересекаться и не быть замкнутыми. Имеется 2 типа таких файлов.

1. Линии по отметке Z соответствуют центру уступа (параметр @PAIRS=0). В этом случае, если параметр @ZVALUE=0 (т.е. поле Z игнорируется), то номер уступа и периметра записываются в поле PVALUE каждого контура. Например, для уступа № 6 имеется 2 периметра. В этом случае поле PVALUE для них будет иметь значения 6.0 и 6.1. Номер 1 присваивается самому верхнему уступу. Когда @ZVALUE=1, то для идентификации периметра используется координата ZP его последней точки.

2. Линии для каждого уступа задаются в виде пары контуров, соответствующих его нижней и верхней бровкам (параметр @PAIRS=1). Отметка по вертикали для каждого периметра контролируется координатой Z и номером периметра в поле PVALUE. Например, 2 смежных (по вертикали) периметра могут иметь PVALUE = 3.00 и 3.01, а отметки ZP соответственно 275 и 282 (кровля и подошва уступа). Отметьте, что верхний и нижний периметры уступа могут отличаться друг от друга, что позволяет обрабатывать данные по карьерам с очень сложной конфигурацией.

Параметры оценки определяются пользователем интерактивно в процессе диалога, предлагаемого программой. Результаты могут быть классифицированы по типам руд/пород (по соответствующему полю в файле и по значению (коду) этого поля). Во втором случае указанное поле должно существовать в файле. Все блоки, не имеющие кодов руд/пород, будут приплюсованы к последнему типу в списке, где их легко будет обнаружить. Если запасы разделены на группы ORE, WSTE (руда, порода), то все блоки без обозначений будут отнесены во вторую группу.

Запасы могут быть также классифицированы по интервалам содержаний для выбранного поля. Эти интервалы могут быть неодинаковыми.

Полная иерархия классификации результатов оценки имеет вид:

Уступ – Периметр – Тип породы/руды – Интервал содержаний.

Все числовые поля, которые не являются стандартными полями файлов модели и линий и не выбраны, как поле типа руды/породы или поле главного содержания, будут оцениваться автоматически.

Расчет объемов производится программой автоматически с вычислением разницы между объемом внутри периметров (площадь периметра*высоту уступа) и суммарным объемом блоков модели, центры которых находятся в пределах периметра. Может быть заказана как полная (параметр @FULLCELL=1), так и частичная оценка объема блоков, попадающих в пределы периметров.

Если объем периметров окажется больше соответствующего объема модели, то разница будет соответствовать незаполненному ячейками объему периметров. Небольшая отрицательная разница между объемами встречается, когда заказана оценка полных ячеек. Большая отрицательная разница свидетельствует об ошибке или в модели, или в периметрах. Одна из причин этого – наличие в модели дублированных или наложенных ячеек. Для исправления таких ошибок используется процесс PROMOD. Другой причиной может быть перехлестывание периметров (они становятся похожи на цифру 8) и образование, в связи с этим, контуров с различными направлениями (по и против часовой стрелки).

Для расчетов тоннажа используется поле модели DENSITY. Если его нет, то применяется значение параметра @DENSITY. Если же и он не указан, то по умолчанию используется плотность 1.0.

Диалог этого процесса выглядит следующим образом.

>ENTER EVALUATION PARAMETERS ---------- Предлагается стандартная оценка: среднее содержание и тоннаж для каждого периметра или сечения.
Ввод Yes (или <RETURN>) - выполняется стандартная оценка.
Ввод N или No – программа переходит к вводу параметров пользователя.

>ROCKTYPE CLASSIFICATION ---------- Определение классификации по типу руд/пород.
Ввод Yes (или <RETURN>) – программа переходит к описанию классификации. Далее необходимо будет ввести имя поля для классификации.
Ввод N или No – классификация не выполняется
>CLASSIFICATIONS POSSIBLE ON FIELD nnnn OF TYPE n ----------Если классификация выполняется по указанному Вами полю nnnn , то Вы можете ввести до 20 значений этого поля, для каждого из которых запасы будут подсчитаны отдельно. Вы можете также классифицировать запасы как руду, породу, воздух, склады и т.п.
Ввод Yes (или <RETURN>) - выполняется классификация по руде, породе и т.п
Ввод N или No - выполняется классификация по значениям указанного поля.

Do you wish to classify by ore etc.? Вы хотите классифицировать запасы по руде и т.п.?

Ввод Yes (или <RETURN>) – переход к следующему вопросу:
>CLASSIFICATION BY ORE, WASTE ETC. ---------- Для классификации по руде, породе и т.п. необходимо ввести пары значений указанного выше поля в виде: «значение поля, класс». Класс может быть: ORE, WSTE, AIR, S1, S2, S3….S7. Значения поля – обычно коды соответствующих пород в поле типов руд/пород (обычно – ROCK). Максимум введенных пар – 40. Конец ввода – пробел или 2 пробела. Не перечисленные типы пород будут отнесены к пустой породе WSTE.

Если в предпоследнем вопросе было введено N или No, то - переход к следующему вопросу:

>CLASSIFICATION BY VALUES OF FIELD nnnnnnnn ----------Для классификации по значениям указанного поля необходимо ввести все нужные значения этого поля (по одному в строке). Максимум значений – 20. Конец ввода – пробел.

После указания условий классификации по типам пород (или при отсутствии таковой), а также когда модель содержит поля содержаний:

>GRADE INTERVALS ---------- Здесь надо указать будут ли в оценке запасов использоваться интервалы содержаний. Если нет, то программа будет рассчитывать только средние содержания.

Ввод Yes (или <RETURN>) – далее будут введены интервалы содержаний.
Ввод N или No – будут рассчитаны только средние содержания.

Если введен Y, Yes или <return>;

>Enter name of main grade field. Необходимо ввести поле, для которого будут введены интервалы содержаний.

>GRADE INTERVALS FOR MAIN GRADE nnnnnnnn ----------Здесь надо ввести (попарно в строке) нижние и верхние пределы интервалов. Например:
0.1,2
2, 3.5
3.5,10
Максимальное число пар – 20. Конец ввода – пробел.

>Is this satisfactory? Введено все правильно? Программа показывает все введенные условия оценки.

Ввод Yes (или <RETURN>) – программа начинает работу.
Ввод N или No – процесс возвращает Вас к началу диалога.

6.1.2 Процесс TRIVAL

Этот процесс аналогичен вышеописанному; он предлагает пользователю тот же диалог и создает очень похожий файл результатов. Отличие состоит в том, что здесь оценивается блочная модель, попадающая внутрь замкнутой каркасной модели или находящаяся сверху/снизу каркасной поверхности. Этим процессом Вы сможете пользоваться интерактивно в Окне проектирования, но здесь он имеет несколько урезанные возможности, не позволяя, например, двойную классификацию: по типам пород и по интервалам содержаний. Впрочем, все зависит от квалификации пользователя и знания им всех возможностей Датамайн.

6.1.3 Процесс TONGRAD

Новый процесс, появившийся в Датамайн - Студио, позволяет очень быстро оценить блочную модель, т.е. получить средние содержания и тоннаж руды по всем выделенным ключевым полям. К сожалению, он не дает возможности вводить критерии ограничения, а также требует, чтобы все указанные ключевые поля и поля содержаний не содержали отсутствующих данных. Если Вы хотите оценить только часть блочной модели, то необходимо сначала выбрать нужную ее часть и записать в отдельном файле, который будет затем оцениваться. На выходе Вы получаете таблицу, где для каждого ключевого поля (например, блока, зоны или типа руды) указан объем, тоннаж руды и средние содержания всех компонентов. Эта таблица может быть выведена процессом в текстовом формате ‘csv’,

который непосредственно читается программой EXCEL. Одновременно может быть обработано до 10 полей содержаний и до 3-х уровней ключевых полей.

6.1.4 Процесс PANELEST

Этот процесс был подробно описан в разделе 6.4.6. Он позволяет также оценить тоннаж и средние содержания компонентов в пространственных объемах, заданных замкнутыми контурами или множеством регулярных точек.

6.1.5 Процесс TABRES

Когда в результате оценки запасов процессами MODRES, TRIVAL и некоторыми другими мы получаем файлы результатов, то эти файлы для получения таблиц в требуемом виде следует обработать процессом TABRES.

На входе в процесс задается файл результатов оценки запасов.

Далее программа открывает диалог, в процессе которого пользователь задает характеристики для наиболее удобного табличного представления данных оценки запасов.

>TABULATION INFORMATION Предлагается вывести оценочную информацию в стандартном виде, т.е.: по каждому периметру, по каждому типу породы и по каждому интервалу содержаний. Будут выведены также первые 5 показателей качества руды (содержаний).
Ввод Yes или <return> - вывод информации в стандартном виде
Ввод N или No – ввод параметров пользователя
.
>PLANE SELECTION Предлагается выбрать основную плоскость (слой) для оценки: 1- LEVEL (горизонтальный слой), 2 – COLUMN (столбец), 3 – ROW (ряд), 4 - SECTION (сечение)
Ввод: 1-4.

>OUTPUT TABLE SELECTION Предлагается выбрать тип таблицы:

1- Суммарные запасы для каждого слоя
2- Суммарные запасы для каждого периметра
3- Суммарные запасы для каждого слоя и периметра.
4- Полный отчет о всех интервалах содержаний в каждом типе руд и для каждого периметра.
5- Суммарные запасы руды и породы для каждого слоя.
6- Суммарные запасы руды и породы для каждого периметра.
7- Суммарные запасы руды и породы по всему месторождению
8- Полный отчет (как в п.4), объединенный только по типам руды/породы
9- Суммарные запасы руды и породы для каждого слоя (Phelps Dodge).
10- Запасы по требованию пользователя

По умолчанию используется [4]

Ввод: 1-9.

Если в файле есть поля содержаний, то:

>Grade fields selected: Программа показывает доступные поля содержаний
Ввод: Y - все поля оцениваются и выводятся в выходную таблицу.
Ввод: N – переход к следующему вопросу:

>GRADES FOR EVALUATION Вести поля для оценки. Необходимо выбрать до 5 полей из показанного списка. Для окончания списка введите пустую линию.

>CUTOFF FOR FIELD nnnnnnnn Если необходимо, то здесь можно ввести поле, для которого Вы хотите установить бортовое содержание. Заметьте, что ввод любого борта может изменить установленную до этого классификацию: руда/порода (если она имеется).

CUT-OFF> Здесь Вы можете ввести значение борта, если ранее Вы выбрали тип таблицы 5-8.

>RUN TITLE ========= Enter up to 40 characters of title:- ---------0---------0---------0---------0
Здесь можно ввести заголовок таблицы длиной до 40 символов
>VOLUME AND TONNAGE FACTOR В этом месте вводится коэффициент для расчета объема или тоннажа: 1 – для тонн, 1000 – для тыс.тонн, 1000000 – для млн.тонн.

>TABLE OUTPUT TO PRINTER Укажите, нужно ли выводить таблицу на принтер (или в принт-файл). ECHO = 1 – нужно, =0 – нет.

>IS THIS WHAT IS REQUIRED ? Это все, что Вы хотели? Программа показывает все введенные параметры.
Ответ Yes или <return> - запускает процесс,
Ответ N или No – возвращает Вас к началу диалога.

6.2 Интерактивная оценка запасов в Окне проектирования Датамайн – Студио

В Датамайн существует много возможностей для интерактивной оценки запасов непосредственно в Окне проектирования .

6.2.1 Оценка по скважинам (блочной модели)

Оценку запасов можно выполнить интерактивно в Окне проектирования или по блочной модели, или по данным опробования. При этом Вы получаете на экране (или в обозначенном Вами файле) результаты такой оценки, которые соответствуют используемой Вами легенде.

6.2.1.1 Оценка по одной линии

Например, на рис. 6.1. изображен контур, который предполагается оценить по пробам, попадающим внутрь пространства, определяемого проекциями этого контура: +20 и –10 м. Таким образом, будет создан объем, оценка которого приведена ниже.

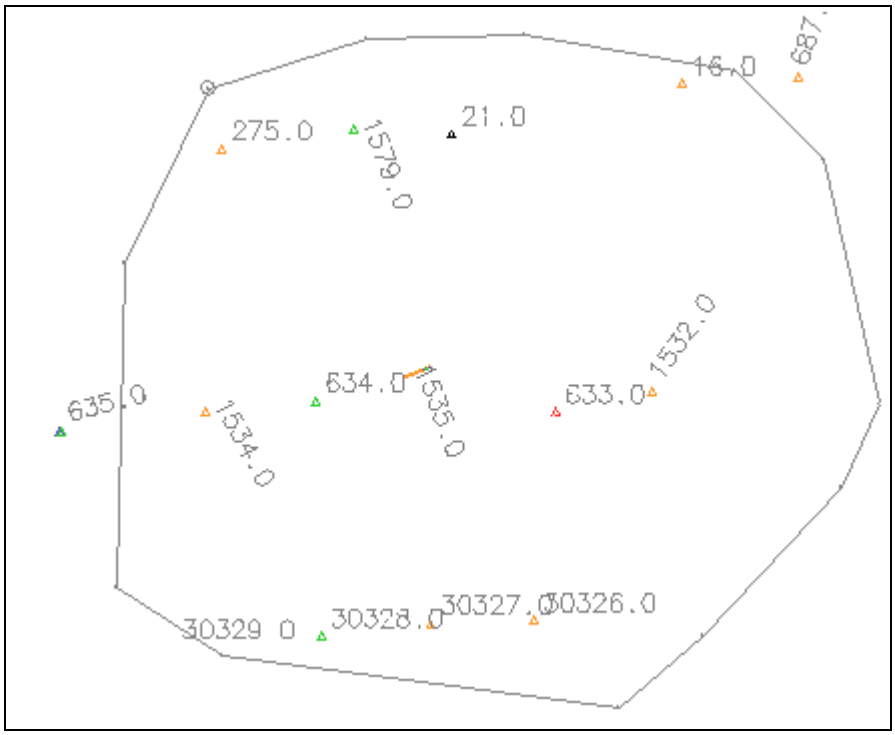


Рис. 6.1. Оценка запасов по одной линии, проецируемой на заданное расстояние от рабочей плоскости. Цифрами обозначены номера разведочных выработок (BHID).

Объем созданного каркаса 357837.4

Тоннаж 966161.0
Плотность 2.70
Общая длина проб 254.1

AU	AG	LS	L	PR	BLOCK
1.9	3.15	152.0	2.17	-	58.78

Выше приведены оцененные программой (по результатам опробования) средние показатели качества руды, попадающей внутрь созданного пространственного объема. Заметьте, что при этом усредняются все числовые переменные, например, BLOCK, которые в принципе нельзя усреднять

Интервал: От	До	Общая длина проб	Содержание Au
0.001	1.4	132.8	0.6
1.4	2.3	26.2	1.7
2.3	5.0	31.4	3.4
5.0	1000.0	28.2	8.9

Одна из главных особенностей оценки этим способом заключается в том, что итоговая таблица содержит информацию по интервалам содержаний. Если Вы захотите получить оценку запасов по всему диапазону содержаний (или выше какого-то борта), то Вам придется суммировать цифры, приведенные в таблице.

Ту же самую операцию вы сможете провести не по пробам, а по блочной модели, если загрузите ее в Окне проектирования (показывать ее на экране не обязательно), рис. 6.2.

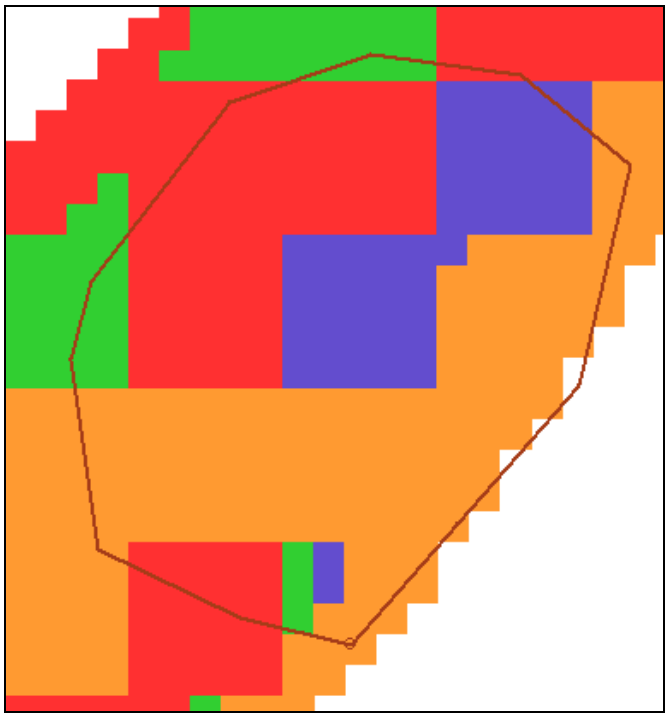


Рис.6.2. Оценка периметра по блочной модели.

Оценка вышеуказанного периметра с проекциями +10/-20 м приведена ниже.
Объем по блочной модели 6371.4
Объем по созданному каркасу 7254.5
Разность объемов, абсолютная . . . 883.1
Разность объемов, процентная. . . 13.9

Общий тоннаж блоков 17202.8
Плотность 2.7

Интервал: От До Тоннаж Содержание Au

0.001	1.400	5049.8	0.626
1.400	2.300	3858.5	1.813
2.300	5.000	4530.7	3.373
5.000	100.000	3761.9	6.287

6.2.1.2 Оценка по 2-м линиям

Можно оценивать запасы не только по одному периметру, но также и по двум, имеющим разную форму, площадь и ориентацию (рис.6.3). В этом случае программа опять создает каркас и оценивает запасы по блокам, попадающим внутрь его.

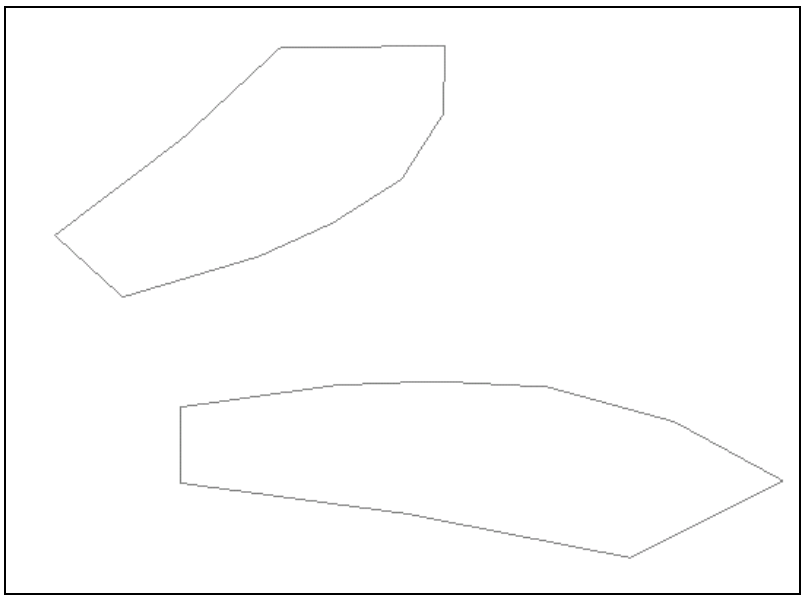


Рис. 6.3. Два периметра, ограничивающих оцениваемый объем.

Результаты оценки по блочной модели приведены ниже.

Объем по блочной модели 114.509
Объем по созданному каркасу 908229.9
Разность объемов, абсолютная . . . 214998.4
Разность объемов, процентная. . . 1024.2

Общий тоннаж блоков 580495.7
Плотность 2.7

ОЦЕНКА ПО БЛОКАМ Оценка выполнена по показателю, для которого не создавалась легенда. В такой ситуации программа рассчитывает только его средневзвешенное значение по всему объему.

Взвешенное среднее	2.31
Тоннаж	580495.7

Аналогичную оценку можно сделать и по пробам. Она будет выполнена по всему объему, включенному в каркас, с помощью взвешивания (по длине) всех попавших в этот замкнутый объем проб.

6.2.1.3 Оценка каркаса

Совершенно аналогично делается оценка каркасов. Единственная разница заключается в том, что каркасы могут иметь, значительно более изощренную форму, чем показано выше, рис.6.4.

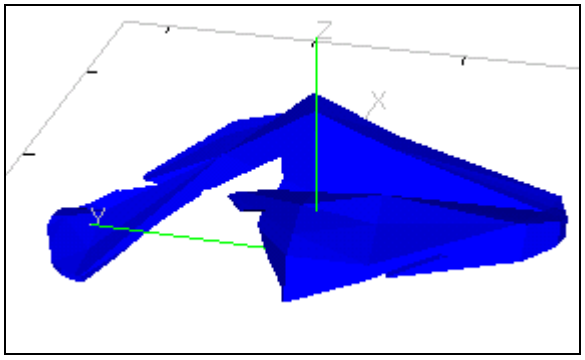


Рисунок 6.4. Вид оцениваемого каркаса.

Результаты оценки каркаса по блочной модели:

Объем по блочной модели 170327.8
Объем по созданному каркасу 175578.2
Разность объемов, абсолютная . . . 50.352
Разность объемов, процентная. . . 3.1

Общий тоннаж блоков 434335.9
Плотность 2.5

ОЦЕНКА ПО БЛОКАМ:

Интервал: От	До	Тоннаж	Содержание Au
0.000	1.400	319846.4	0.807
1.400	2.300	91894.1	1.685
2.300	5.000	22575.6	2.859
5.000	100.000	19.8	5.242

6.3 Оценка извлекаемых запасов

6.3.1 Понятие об извлекаемых запасах

Проблема оценки извлекаемых запасов является одной из центральных при освоении полезных ископаемых. Она тесно связана с решением таких вопросов, как изучение природной изменчивости оруденения и определение степени селективности добычи руды, которая зависит от размеров выемочных блоков и достоверности разведочных данных, необходимых для разделения блоков на промышленные и некондиционные. Для решения этой проблемы требуется комплексный количественный анализ разнообразных факторов: геологических, горнотехнических и геолого-экономических, которые вызывают отклонения характеристик извлекаемых запасов от запасов, подсчитанных в результате предпроектной разведки.

Согласно определению [1-2], "Руда представляет собой естественное твердое вещество, из которого могут быть (посредством горных работ и сепарации) с выгодой получены полезные компоненты при условиях, существующих во время оценивания". Эти условия подразделяются на три типа:

- экономические, которые зависят от результатов геолого-экономической оценки месторождения и синтезируются в величинах бортового и минимального промышленного содержания полезного ископаемого в руде;
- горно-технологические, которые не ограничиваются только выбором открытой или подземной системы разработки, а включают в себя также определение оптимальных (и минимальных) размеров эксплуатационных блоков;
- информационные, которые определяются качеством, количеством и местом размещения в массиве месторождения геологоразведочных объектов, которые являются источником информации о месторождении.

Любое изменение этих условий во времени влечет за собой необходимость корректировки оценок качества полезного ископаемого и, следовательно, - запасов месторождения, которые в данной ситуации приобретают экономическую природу.

В свою очередь экономическая оценка запасов месторождения является информационной основой планирования деятельности горнодобывающего предприятия, которое реализуется по принципу "от общего - к частному" и сопровождается изменением информационной базы оцениваемых единиц (участков, блоков) месторождения от крупных к все более мелким.

Геолого-промышленные характеристики эксплуатационных блоков, подлежащих отработке в планируемый период, всегда отличаются от характеристик включающих их крупных блоков, выделенных в процессе разведки. Серьезной проблемой при освоении месторождений является такая ситуация, когда эксплуатационное бортовое содержание полезного ископаемого близко к среднему содержанию по месторождению. В этом случае многие эксплуатационные блоки после проведения больших объемов вскрышных и горно-подготовительных работ могут оказаться непромышленными.

Планирование разработки месторождения представляет собой последовательность взаимоувязанных процедур анализа имеющейся информации и принятия управленческих решений, основанных на предположении, что имеющиеся исходные данные в достаточной мере характеризуют объект разработки и отдельные его части. Однако, это предположение всякий раз требует доказательств, и одна из главных задач геостатистики заключается в том, чтобы предоставить такие доказательства или определить стратегию накопления необходимой для них информации в достаточных объемах, а также стратегию выбора и применения соответствующих методов обработки этой информации.

Применение геостатистики предоставляет планировщику необходимую исходную информацию для процесса принятия решений в соответствии с существующими экономическими и горнотехническими критериями и ограничениями. Эффективность геостатистики особенно проявляется при краткосрочном планировании, ***цель которого – обеспечить поступление на обогатительную фабрику нужного количества руды планируемого качества с учетом существующих экономических и горных ограничений.*** Такое планирование осуществляется на основе геологоразведочных данных, которые могут быть представлены результатами детальной и эксплуатационной разведки месторождения.

Таким образом, планирование проводится на основе разведочных оценок руд, которые обычно отличаются от реальных результатов работы обогатительной фабрики. Поэтому важным условием эффективной разработки месторождения является правильное определение различий между параметрами добываемых руд и их оценками, т.е. достоверный прогноз реальных параметров рудопотоков горного предприятия.

Любые ошибки такого рода, особенно по бедным блокам, вызывают неритмичное снабжение обогатительной фабрики кондиционной рудой и дорогостоящее, непредвиденное перемещение фронта горных работ, а также - проходку дополнительных, не предусмотренных проектом горных выработок. Таким образом, одной из основных задач геологического изучения месторождения в процессе эксплуатации является предсказание фактического распределения запасов руды в выемочных блоках, а также - изменчивости качества поставляемого на переработку полезного ископаемого во времени.

Первая задача решается с помощью учета эффекта основания и информационного эффекта с соответствующей корректировкой извлекаемых запасов руды, а вторая – расчетом дисперсии изменчивости качества руды в блоках и условным моделированием месторождения.

6.3.2 Влияние геометрической базы геологической информации на извлекаемые запасы; эффект основания.

Практика освоения полезных ископаемых постоянно сталкивается с влиянием размеров объемов селекции на степень извлечения промышленных запасов. Геостатистический термин “основания” (support) относится к размерам и объему пробы или блока.

Исходными данными для оценки месторождения по итогам разведки являются обычно результаты определения содержаний полезных компонентов в рядовых разведочных пробах. В период эксплуатации меняются требования к геометрической базе исходных данных для

подсчета запасов - возникает необходимость определения количества полезного ископаемого в каждом эксплуатационном блоке.

Изменение геометрической базы исходных данных опробования влечет за собой изменение дисперсии содержаний полезного ископаемого, что непосредственно сказывается на зависимости "запас - содержание". Из практики известно, что выход руды зависит не только от бортового содержания, но и от дисперсии соответствующей пространственной переменной.

На рисунках 6.5 и 6.6 представлены действительные содержания для блоков с размерами (основанием) 1 на 1 м (Рис. 6.5) и - 2 на 2 м (Рис. 6.6). Средние значения обоих множеств практически одинаковы (201). Небольшая разница обусловлена округлениями содержаний до целых чисел. Но дисперсии множеств не одинаковы. Дисперсия для блоков 2*2м равна 16,641, что значительно меньше, чем для блоков 1*1м (27,592).

735	325	45	140	125	175	167	485
540	420	260	128	20	30	105	70
450	200	337	190	95	260	245	279
180	250	380	405	250	80	515	605
124	120	430	175	230	120	460	260
40	135	240	35	130	135	160	170
75	95	20	35	32	95	20	450
200	35	100	53	2	45	58	90

Рисунок 6.5. Истинные значения содержаний 64-х блоков размерами 1 на 1 м

505	143	88	207
270	328	171	411
102	220	154	263
101	54	44	155

Рисунок 6.6. Истинные значения содержаний 16-ти блоков размерами 2на 2 м

Распределения блоков (рис. 6.7) показывают, что меньшие по размерам блоки более рассеяны, чем большие. При бортовом содержании 300, больше руды будет добыто для блоков с размером 1м на 1м, чем для блоков - 2м на 2м. Этот эффект называется эффектом основания.

Когда месторождение разведано серией скважин, то очень важно, чтобы гистограмма по данным рядовых керновых проб примерно соответствовала бы истинному "идеальному" распределению, при котором все месторождение разбито на объемы равные объему пробы.

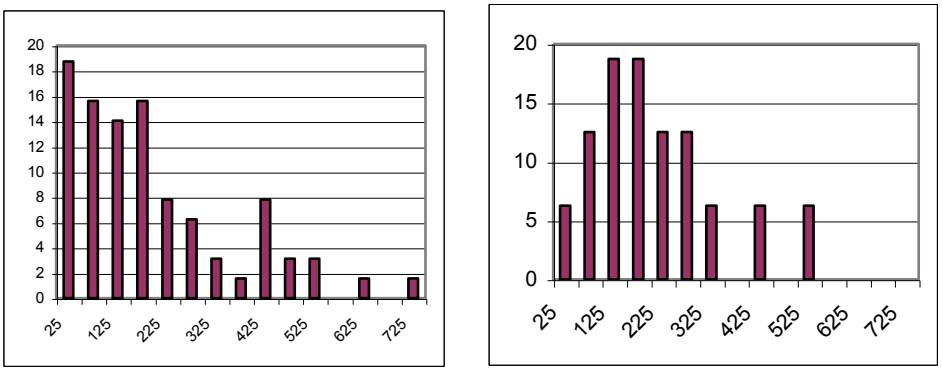


Рисунок 6.7. Гистограммы содержаний для блоков 1*1 м (слева) и 2*2 м (справа)

Такое соответствие скорее всего можно получить, если скважины бурились по регулярной сети, что очень нечасто встречается на практике. В противном случае единственным выходом для получения более или менее корректного распределения будет взвешивание проб перед расчетами.

Для последующего изложения примем, что мы имеем достаточно корректное распределение по рядовым пробам, которое характеризуется оцененными средним значением и дисперсией, а также определенной формой гистограммы.

При разработке месторождений оценка качества руды делается уже для объемов значительно больших, чем объем керновой пробы (Рис.6.8). Таким образом, мы получим гистограмму, характеризующую реальные условия разработки месторождения.

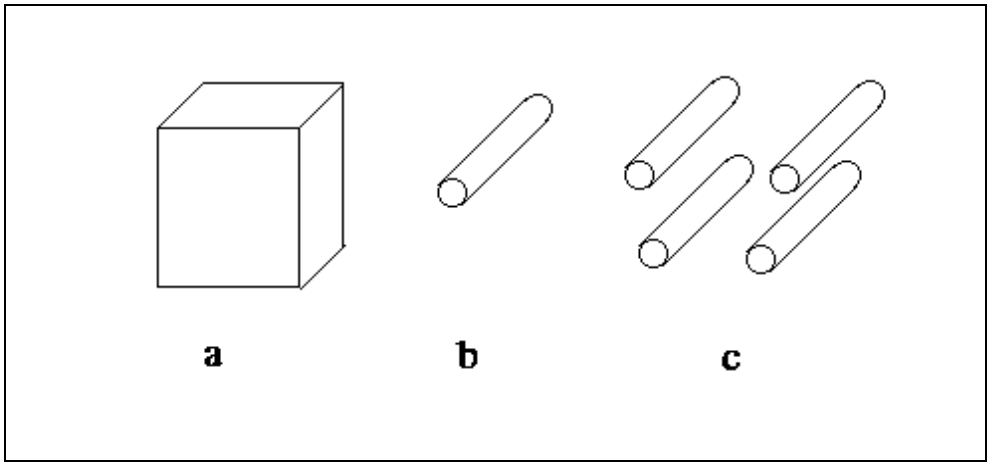


Рисунок 6.8. Разлиные основания для оценки запасов: a - выемочный блок, b - керновый образец, c- группа керновых образцов.

Если сеть разведочных выработок регулярна, то среднее этого распределения не будет сильно отличаться от среднего гистограммы проб. Однако, дисперсия будет намного меньше (Рис.6.9).

Если задавать различные бортовые содержания и для каждого значения рассчитывать запасы (тоннаж) руды и запасы металла, то получим функцию "тоннаж - металл" (Рис.6.10).

Из рисунка видно, что ***оценка месторождения по керновым пробам всегда приводит к переоценке запасов металла, т.е. - к переоценке средних содержаний по месторождению.*** И эта переоценка тем больше, чем больше разница в объемах пробы и элементарного выемочного блока и чем больше изменчивость месторождения.

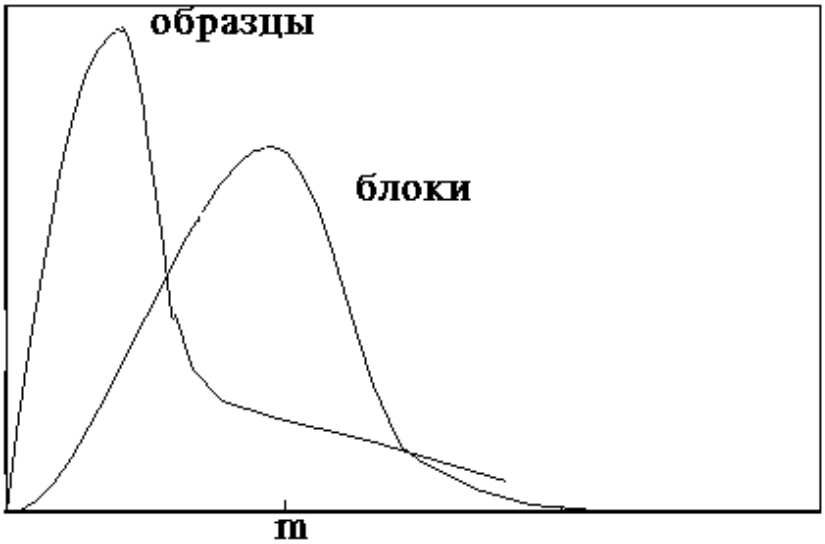


Рисунок 6.9. Гистограммы содержаний, построенные по разным основаниям

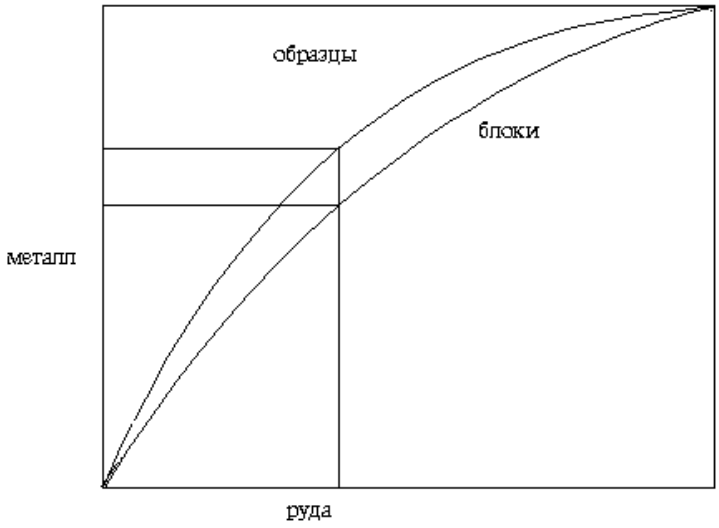


Рисунок 6.10. Зависимость запасов металла от запасов руды для различных оснований: образцов и блоков .

6.3.3 Информационный эффект оценки извлекаемых запасов.

Оценка запасов месторождения и проектирование горных работ, как правило, осуществляются после геологоразведочных работ по результатам довольно редкого опробования месторождения. Если мы выполним на этой стадии кригинговые расчеты и оценим блочную модель месторождения, то получим распределение с дисперсией равной разности фактической дисперсии используемых блоков и дисперсии кригинга. Но мы уже знаем, что чем меньше информации о залежи, тем большее сглаживание дает кригинг и тем меньше будет дисперсия полученного распределения кригинговых оценок.

Разработка месторождения обычно сопровождается появлением дополнительной информации, что приводит к изменению формы, размеров и пространственного положения эксплуатационных блоков; они часто оказываются меньше тех, которые оконтуривались и оценивались во время разведки. Меняются запасы месторождения и их структура - запасы оказываются иначе распределенными по установленным типам руд и классам содержаний полезного ископаемого. В результате горных работ обычно оказывается, что реальные запасы промышленных руд внутри оцененного ранее контура меньше, чем предсказанные. Особенностью оценивания является то, что ошибки предсказания запасов

становятся известными только через длительные интервалы времени после получения оценок, т.е. только после добычи соответствующих объемов руды.

Решения, принимаемые в процессе горных работ, недолго остаются основанными на ранних оценках; они корректируются с учетом вновь поступающей информации.

Информационный эффект обуславливается неполнотой геологической информации, доступной во время разведки. Мы имеем только оценки значений блоков вместо истинных значений. Чтобы наглядно представить себе это, мы нарисуем диаграмму рассеивания истинных значений (ось Y) против оценок (ось X) для различных методов оценивания (рис. 6.11). В идеале оценочные значения должны быть эквивалентны настоящим, поэтому точки должны лежать на линии, проходящей через центр координат под углом 45 градусов. К сожалению, это не так. Они образуют облако точек, которое может быть представлено эллипсом.

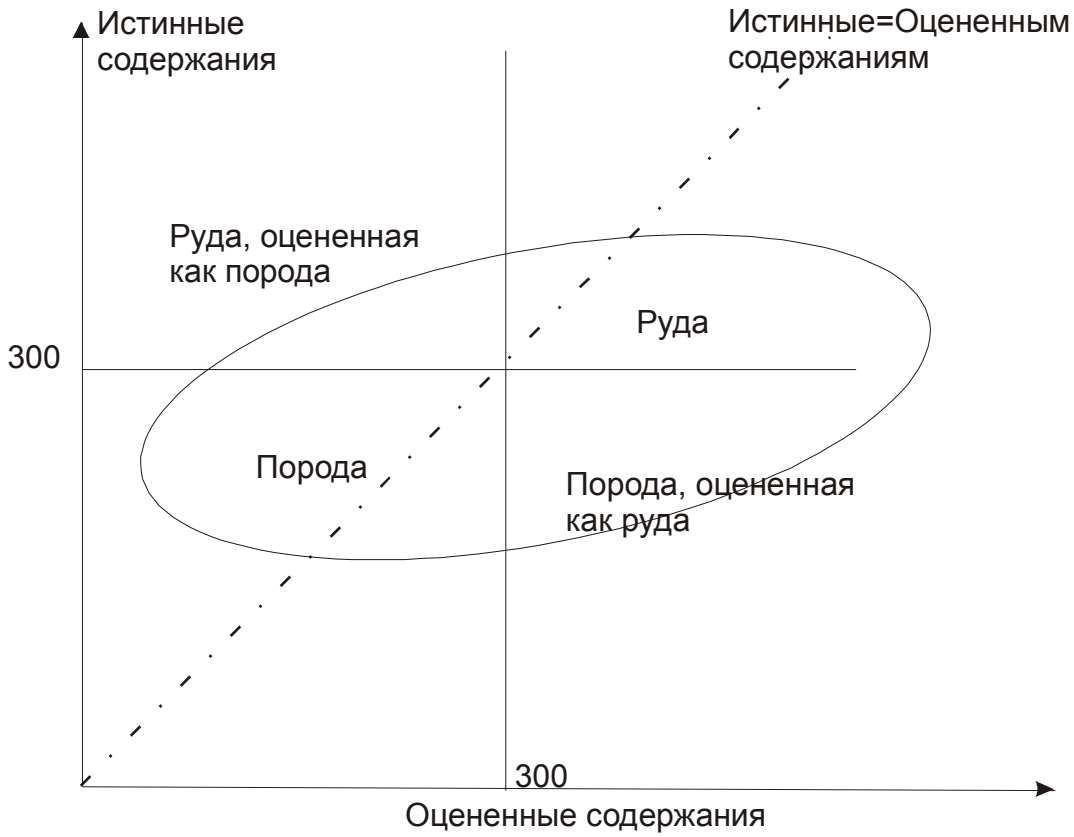


Рисунок 6.11. Диаграмма разброса истинных значений против оценочных. Облако точек ограничено эллипсом. Блоки с оцененным значением больше 300 намечены для добычи, в то время как могут быть добыты только блоки с действительным содержанием больше 300.

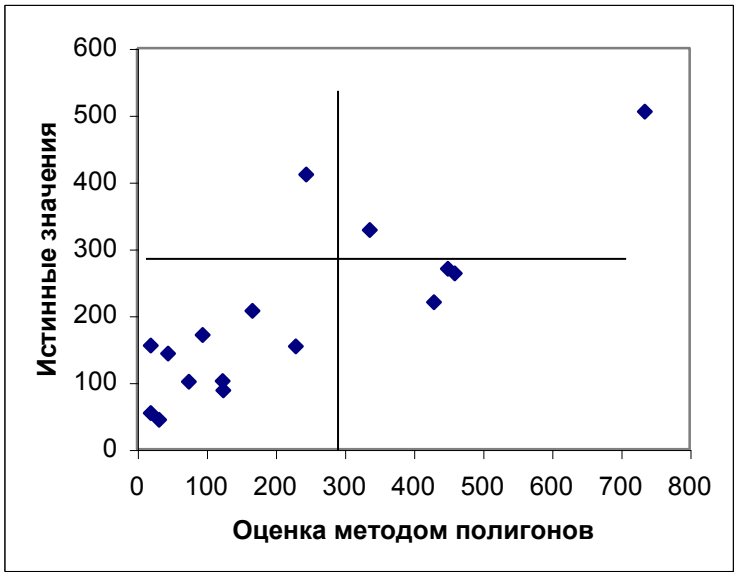
Когда планируется добыча руды, то все блоки, оцениваемые значения которых выше борта, считаются рудосодержащеми. Это показано графически с помощью вертикальной линии с координатой X=300. Блоки правее этой линии выбраны для добычи. В действительности же мы хотим добыть блоки, истинные значения содержания которых больше 300. Горизонтальная линия с координатой Y=300 показывает это. Блоки выше этой линии должны быть добыты. Эти 2 линии делят всю область на четыре зоны:

1. Истинные значения > 300; значение оценки > 300. Эти блоки правильно оценены, как рудосодержащие. Они соответствуют правой верхней части диаграммы.
2. Настоящее значение < 300; значение оценки < 300. Эти блоки пустой породы корректно оценены как пустая порода. Они лежат в левой нижней части диаграммы.
3. Настоящее значение > 300; значение оценки < 300. Эти истинные рудосодержащие блоки были ошибочно отнесены к пустой породе; эта ошибка

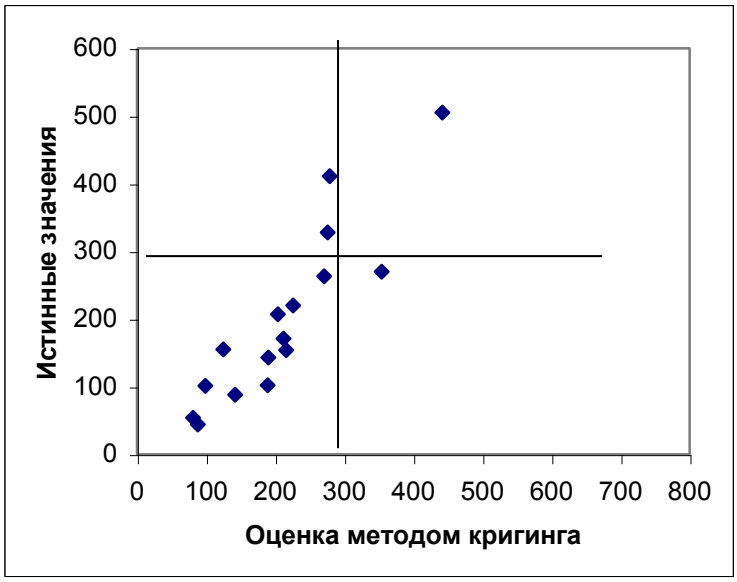
оценивания может иметь важное значение для рудника в будущем. Такие блоки лежат в левой верхней части диаграммы.

4. Настоящее значение < 300; значение оценки > 300. Эти блоки пустой породы были некорректно отнесены к рудосодержащим. Этот второй тип ошибки может иметь негативные экономические последствия для рудника. Такие блоки расположены в правой нижней части диаграммы.

Рисунок 6.12 показывает диаграмму рассеяния, соответствующую 2-м методам оценки запасов для нескольких выемочных блоков: полигональному (БП) и кригингу. Для кригинга наклон кривой регрессии стремится к 1.0 (т.е. - 45 градусов), тогда как для полигонального метода он меньше 1.0. Теперь посмотрим на “форму” двух облаков. Кригинг дает более “тонкое” облако. Читатель может увидеть результат неверной интерпретации блоков для каждого метода оценки (см. блоки в левой, верхней и правой, нижней четвертях). Сравнение подтверждает, что кригинг работает лучше.



a)



b)

Рисунок 6.12.. Диаграмма рассеяния истинных значений в сравнении с оценками; (**a**) для полигональной оценки и (**b**) для кригинга. В идеале, точки должны лежать на диагонали (настоящие значения = значениям оценки).

Итак мы увидели, что эффекты информации и основания могут являться двумя важными причинами для неверного предсказания запасов. Поэтому учет их последствий при прогнозировании будущих рудопотоков очень важен.

6.3.4 Возможности Датамайн по оценке извлекаемых запасов

Сведения об извлекаемых запасах обычно приводятся в табличном или графическом виде и несут в себе информацию о том, сколько руды и какого качества может быть извлечено из месторождения, если отрабатывать его с каким-то бортовым содержанием (рис 6.13).

Например, из приведенных графиков видно, что при борте 3 г/т мы сможем добыть 6500 тыс. тонн руды со средним содержанием золота 8.5 г/т.

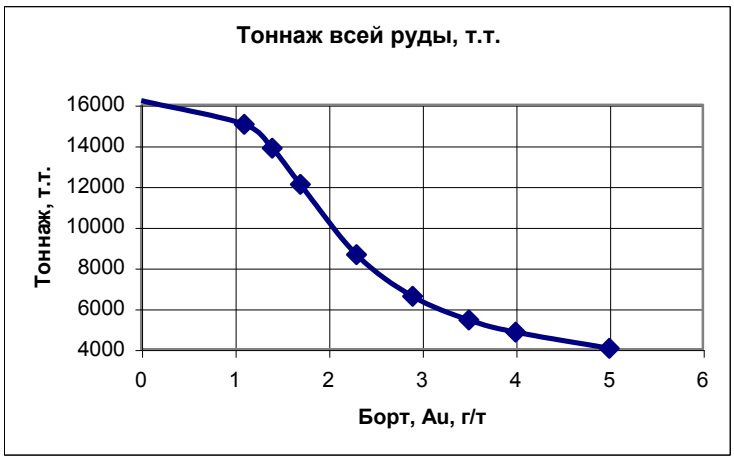


Рисунок 6.13. Кривые “Тоннаж-Содержание” для золоторудного месторождения

Графики на рисунке рассчитаны на основе геологических «in situ» запасов руды. Известно, что с изменением основания оценки (формы, ориентации и объема пространственных единиц, по которым выполняется оценка месторождения: керновая проба, валовая проба, выемочный блок и т.д.) характеристика запасов месторождения будет меняться. Теоретические основы этого явления (эффект основания) описаны в специальной литературе [1-3]. В системе Датамайн имеются специальные процессы, которые на основе 'Shortcut' метода (метод кратчайшего пути) позволяют определить тоннаж и содержание реальных извлекаемых запасов.

Процесс SMUHIS по результатам обработки блочной модели рассчитывает гистограммы тоннажа и среднего содержания в реально извлекаемых запасах для данного бортового содержания главного полезного компонента.

Процесс SMUMOD создает на выходе файл блочной модели, в котором для каждого блока рассчитаны извлекаемый тоннаж и среднее содержание (для указанного борта).

Хотя оба процесса используют на входе блочную модель, но Вы можете смоделировать месторождение в виде одного блока и рассчитать для него извлекаемые

запасы. В этом случае Вы не должны проходить стадию создания блочной модели для использования этого метода.

Перед детальным описанием метода необходимо ввести 2 новых термина.

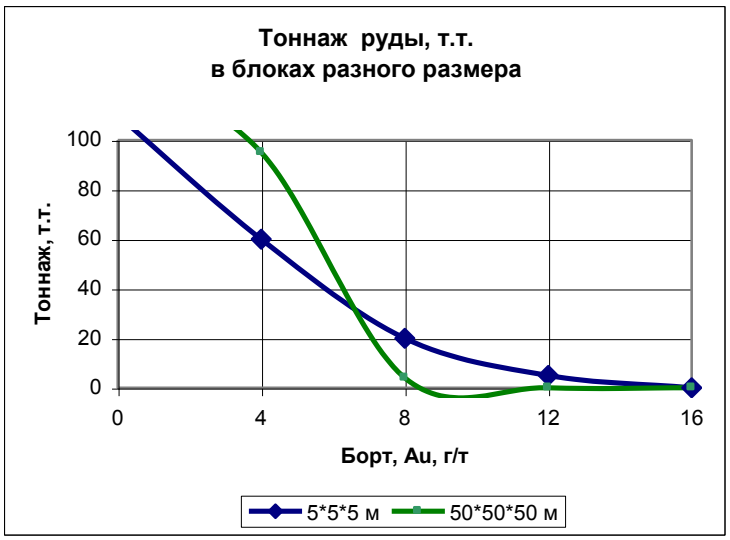
Блок геологических запасов – это ячейка или подъячейка блочной модели месторождения, которая характеризуется оценкой содержания и дисперсией этой оценки. Обычно интерполяция выполняется с помощью кригинга и созданной Вами вариограммной модели (см. гл. 5).

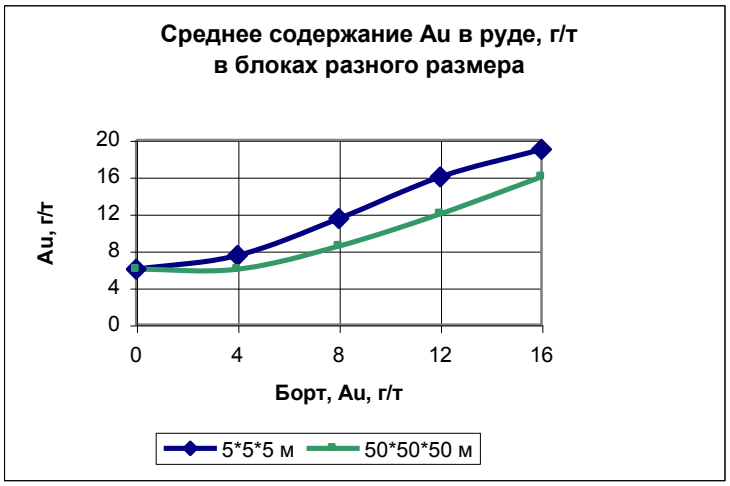
Выборочная горная единица, ВГЕ (**Selective Mining Unit, SMU) -** наименьшее количество добываемой горной массы, которое может быть выборочно отработано и классифицировано как руда или порода. При открытой разработке - это может быть объем одного самосвала или часть блока взорванной руды, характеризуемый средним содержанием по скважине БВР. Для подземных работ наиболее подходящим объемом может быть часть подэтажа или слой, отбиваемый одним веером скважин. Обычно размер ВГЕ меньше чем размер «родительской» ячейки блочной модели.

Рассматриваемые методы оценки извлекаемых запасов дают ответ на вопросы:

1. ***КАКОЕ КОЛИЧЕСТВО ВГЕ С СОДЕРЖАНИЕМ ВЫШЕ БОРТОВОГО НАХОДИТСЯ В ПРЕДЕЛАХ ЯЧЕЙКИ БЛОЧНОЙ МОДЕЛИ И***
2. ***КАКОЕ ОНИ ИМЕЮТ СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ?***

Извлекаемые тоннаж и содержание в значительной степени зависят от размера ВГЕ. На рис. 6.14. показаны зависимости тоннажа и среднего содержания золота в руде от величины борта для разного размера ВГЕ.





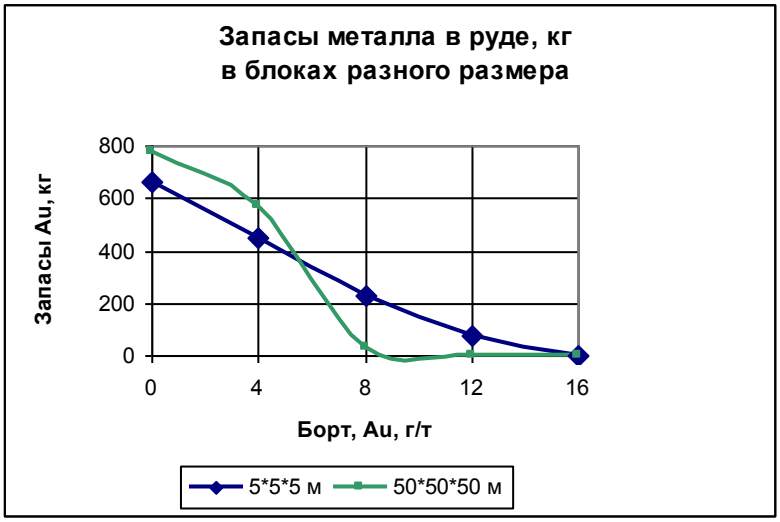


Рисунок 6.14. Зависимость тоннажа, среднего содержания и запасов золота в руде от борта для разных размеров ВГЕ.

Среднее содержание Au в руде месторождения равно 5.6 г/т. Первый график (рис. 6.14) показывает, что при борте ниже среднего содержания меньшие по размерам блоки дают меньшие извлекаемые запасы руды и золота. Это результат высокой степени сглаживания содержаний в больших блоках. Статистическое распределение содержаний в больших блоках будет иметь очень маленький разброс значений, т.к. из-за сглаживания в нем будут отсутствовать блоки с очень высоким или очень низким содержанием. Из второго графика видно, что среднее содержание в маленьких блоках всегда будет выше, чем в больших.

Чтобы использовать данную технологию оценки извлекаемых запасов Вы должны иметь предварительное представление о **законе распределения ВГЕ внутри ячеек блочной модели.** Вы можете сделать выбор из 2-х возможностей (см. Главу 2):

- Нормальное распределение
- Логнормальное распределение

Это не такое простое дело – выбрать наиболее подходящий закон распределения. Если размер ВГЕ очень мал, а распределение проб близко к логнормальному, то есть большая вероятность, что распределение ВГЕ также будет логнормальным. Когда распределение проб нормальное или слабо асимметрично, или когда размер ВГЕ относительно велик, то следует использовать нормальное распределение. Более детальное рассмотрение этой темы Вы сможете найти в специальной литературе [1-3].

Чтобы улучшить характеристики логнормального распределения, иногда используются **дополнительная константа**, вводимая параметром @ADDCON. При этом делается предположение, что, если к оцененным содержаниям прибавить какую-то константу, то полученное множество будет распределено логнормально.

Кроме типа предполагаемого распределения ВГЕ при запуске рассматриваемых процессов необходимо задать еще 2 параметра:

- Среднее содержание в ВГЕ и
- Дисперсию содержаний ВГЕ.

Лучшей оценкой среднего содержания в ВГЕ является содержание в соответствующей ячейке блочной модели. Лучшей оценкой дисперсии будет рассчитанная с помощью процесса FFUNC (см. ниже) дисперсия изменчивости для заданного размера ВГЕ. При отсутствии этого параметра (@DISVAR), программа рассчитывает его самостоятельно, как сумму дисперсии кригинга и дисперсии изменчивости ВГЕ. Имея значения среднего содержания и дисперсии ВГЕ в ячейках модели, программа легко может рассчитать долю запасов с содержанием выше заданного бортового. Следует понимать, что программы SMUHIS и SMUMOD не могут при этом указать расположение кондиционных запасов в оцениваемом блоке.

Оба вышеназванных процесса работают аналогично и требуют почти идентичного набора входной информации. Если параметр @DVMETHOD=1, то программа будет

использовать значение дисперсии, указанное параметром @DISVAR. При @DVMETHOD=2 или =3 программа будет рассчитывать ее самостоятельно.

Когда Вы используете вариант @DVMETHOD=1, то получаете большую гибкость в действиях, т.к. сможете в любое время изменить параметр @DISVAR, рассчитывая его другими более подходящими методами. Однако, в этом случае параметр @DISVAR будет применен ко всем ячейкам модели, что при различном их размере приведет к искажению результатов. Таким образом, эта опция подходит только в случае, когда в модели нет подъячеек.

В случае использования @DVMETHOD=2, программа будет рассчитывать единственное значение дисперсии только для основных ячеек модели. Единственное преимущество этого варианта перед предыдущим – то, что Вам не надо будет предварительно рассчитывать параметр @DISVAR.

Вариант @DVMETHOD=3 самый точный и удобный (принимается программой по умолчанию), т.к. программа будет сама рассчитывать дисперсию для каждой ячейки и подъячейки модели.

Для ускорения работы программы иногда необходимо контролировать еще ряд параметров.

Если @VARTYPE=1, то при расчете дисперсии каждый раз учитываются точные размеры ячейки (подъячейки). Это самый медленный способ расчета.

Когда @VARTYPE=2, то программа запоминает ранее использованные размеры подъячеек и применяет аппроксимацию для подбора наиболее подходящего известного ей размера к очередной подъячейке. Этот метод работает намного быстрее, но требует дополнительного определения параметров @XSTEP, @YSTEP и @ZSTEP. Точность оценки извлекаемых запасов для этого метода практически не отличается от метода 1.

Например, если установлено @XSTEP=2, @YSTEP=3, @ZSTEP=5 (эти размеры определяют минимальную подъячейку), а размер основной «родительской» ячейки равен 20x30x10, то количество возможных вариантов подъячеек с разными размерами составит 10X10X2=200, начиная от 2x3x5, 4x3x5, 2x6x5, 2x3x10 и т.д. до 20x30x10. К каждой конкретной подъячейке будет подбираться ближайший размер (из разрешенных), и ей будет присвоено значение дисперсии, рассчитанное ранее для подобранного варианта. Минимальное значение параметров @XSTEP, @YSTEP и @ZSTEP не должно быть меньше размера основной ячейки (в данном направлении), деленного на 20.

В процессе расчета дисперсии каждая подъячейка преобразуется к 3-х мерной матрице регулярных точек, количество которых по каждому направлению задается параметрами @IPOINTS, @JPOINTS и @KPOINTS. Чем больше Вы зададите точек, тем дольше программа будет работать. Обычно бывает достаточно задать матрицу 4X4X4 точки.

Тип распределения задается параметром @SMUDIST (1=нормальное, 2=логнормальное). Один из недостатков нормального распределения является теоретическая возможность иметь точки (пробы) с отрицательными значениями, хотя в геологической практике такое не встречается. В некоторых ситуациях это может привести к переоценке запасов. Такая же ситуация может иногда встретиться и при логнормальном распределении, когда используется дополнительная константа. Если такая ситуация имеет место, то процесс будет предупреждать об этом пользователя.

Применяя @DVMETHOD = 2 или 3, Вы должны будете задать характеристики вариограммной модели. Тип модели определяется @VGRAM, а параметры вводятся интерактивно в ответ на запросы программы после запуска процесса. Если применяется логнормальная модель, то параметр @LOG должен быть равным 1.

6.3.5 Процесс SMUHIS

Процесс создает файл суммарной гистограммы извлекаемых запасов для нескольких вариантов заданных бортовых содержаний. Если используется параметр @RECOVERY, то программа будет учитывать установленный с его помощью уровень извлечения (от 0 до 1) запасов ячеек (подъячеек). Если фактическое извлечение для данного варианта борта будет больше установленного, то такая ячейка (подъячейка) будет полностью «извлекаться». Это позволяет Вам вводить, например, условие, при котором блок будет считаться полностью кондиционным, если он содержит более 90% (@RECOVERY=0.9) запасов (ВГЕ) с содержанием выше бортового. Этот параметр предусматривает также, что, если количество кондиционных ВГЕ в блоке меньше 10%, то он считается полностью породным.

Можно ввести в процесс необязательный файл периметров. В этом случае программа будет рассчитывать отдельные гистограммы для каждого контура. Обычно таким способом оцениваются поуступные извлекаемые запасы руды. Отметка Z периметров должна находится в пределах соответствующих отметок оцениваемого слоя (уступа) блочной модели.

Ниже приведен примерный макрос для запуска этого процесса.

```
!START M1  Расчет гистограммы извлекаемых запасов по блочной модели.
!REM ------------------------------------------------------------------
!SMUHIS  &IN(MODEL),&OUT(HISTFILE), #  Входной и выходной файлы
*VALUE(AU),*VARIANCE(KV), #  Поля содержания и дисперсии
@DVMETHOD=3, #  Метод расчета дисперсии изменчивости
@VARTYPE=2, #  Метод аппроксимации размеров подъячеек
@DENSITY=2.8, #  Плотность
@SMUDIST=2,@ADDCON=0.0, #  Логнормальное распределение для ВГЕ
@RECOVERY=0.9, #  Параметр извлечения
@BINSIZE=0.5,@MINIMUM=0,@NUMBINS=20, #  Параметры гистограммы
@VGRAM=1,@LOG=0,          #          Сферическая          модель          вариограммы
@SMUXINC=5,@SMUYINC=5,@SMUZINC=5, #  Размеры ВГЕ
@IPOINTS=6,@JPOINTS=6,@KPOINTS=6, #  Количество точек
@XSTEP=2,@YSTEP=2,@ZSTEP=2 #  Размер шага для аппроксимации  размеров подъячеек
5 #  Эффект самородка модели вариограммы
5
5
15 #  Порог - Эффект самородка
15
15
30 #  Зона влияния
30
30
0 #  Углы поворота
0
0
!END
```

Выходной файл гистограммы показан ниже (Табл. 6.1.).

Таблица 6.1. Выходной файл процесса **SMUHIS**

LOWER	TONNE	AVGRADE	CTONNE	CGRADE	BRFTONNE	BRFGRADE	ARFTONNE	ARFGRADE	TOTONNE	TOGRADE
-	-	-	4307	6.83	0	-	0	-	4307	6.83
0.0	2	0.42	4307	6.83	0	-	0	-	4307	6.83
0.5	28	0.82	4306	6.83	0	-	2	0.42	4307	6.83
1.0	83	1.28	4278	6.87	0	-	30	0.80	4307	6.83
1.5	138	1.77	4195	6.98	0	-	113	1.15	4307	6.83
2.0	183	2.26	4056	7.16	0	-	232	1.50	4288	6.85
2.5	218	2.76	3873	7.39	0	-	259	1.86	4132	7.04
3.0	243	3.25	3655	7.67	0	-	138	2.40	3793	7.47
3.5	260	3.75	3412	7.98	0	-	189	2.82	3600	7.71
4.0	267	4.25	3152	8.33	0	-	193	3.24	3345	8.04
4.5	266	4.75	2885	8.71	0	-	261	3.60	3146	8.28
5.0	259	5.25	2619	9.11	0	-	71	4.04	2690	8.98
5.5	247	5.75	2360	9.53	0	-	49	4.44	2408	9.43
6.0	231	6.25	2113	9.98	0	-	0	-	2113	9.98
6.5	213	6.75	1882	10.43	0	-	0	-	1882	10.43
7.0	195	7.25	1669	10.90	0	-	0	-	1669	10.90
7.5	176	7.75	1474	11.39	17	12.20	0	-	1457	11.38
8.0	157	8.25	1298	11.88	142	12.51	0	-	1156	11.80
8.5	140	8.75	1141	12.38	321	13.02	0	-	820	12.13
9.0	124	9.24	1001	12.89	315	13.55	0	-	686	12.58
9.5	109	9.74	877	13.41	278	14.12	0	-	599	13.07

Название колонок таблицы переведено ниже:

- LOWER– нижнее значение столбца гистограммы (в данном случае – это борт)
- TONNE, AVGRADE – общий тоннаж и среднее содержание для данного интервала при полном извлечении (до применения параметра @RECOVERY)
- CTONNE, CGRADE - кумулятивный тоннаж и содержание при полном извлечении
- ARFTONNE, ARFGRADE – тоннаж и содержание в некондиционном материале, который считается рудой, т.к. фактическое извлечение в блоке больше, чем @RECOVERY.
- BRFTONNE, BRFGRADE - тоннаж и содержание в кондиционном материале, который считается породой, т.к. фактическое извлечение в блоке меньше, чем 1-@RECOVERY.
- TOTONNE, TOGRADE - общий кумулятивный тоннаж и среднее содержание для данного интервала после применения параметра @RECOVERY.

Первая запись в таблице показывает суммарный тоннаж запасов. В большинстве случаев она повторяет следующую строку таблицы.

6.3.6 Процесс SMUMOD

Этот процесс создает на выходе блочную модель (такую же как и на входе), но для каждой ячейки (подъячейки) дополнительно рассчитывает (с учетом заданного борта):

- Долю кондиционных запасов (ВГЕ)
- Среднее содержание для кондиционных запасов

Ниже приведен примерный макрос для запуска этого процесса.

```
!START M1  Создание модели с информацией об извлекаемых запасах
!REM ----------------------------------------------------------------
!SMUMOD  &IN(MODEL),&OUT(RMODEL), # Входной и выходной файлы моделей
*VALUE(AU),*VARIANCE(KV), # Поля содержания и дисперсии
*FRREC(FR-2),*VALREC(AU-2), # Выходные новые поля модели
@DVMETHOD=3, # Метод расчета дисперсии изменчивости
@VARTYPE=2, # Метод аппроксимации размеров подъячеек
@CUTOFF=2.0, # Заданный борт
@SMUDIST=2,@ADDCON=0.0, # Логнормальное распределение для ВГЕ
@VGRAM=1,@LOG=0, # Сферическая модель вариограммы
@SMUXINC=5,@SMUYINC=5,@SMUZINC=5, # Размеры ВГЕ
@IPOINTS=6,@JPOINTS=6,@KPOINTS=6, # Количество точек
@XSTEP=2,@YSTEP=2,@ZSTEP=2 # Размер шага для аппроксимации размеров подъячеек
5 # Эффект самородка модели вариограммы
5
5
15 # Порог - Эффект самородка
15
15
30 # Зона влияния
30
30
0 # Углы поворота
0
0
!END
```

Если требуется оценить извлекаемые запасы для более чем одного варианта борта, то процесс необходимо запускать несколько раз, используя выходной файл предыдущего запуска как входной для следующего. Если необходимо, то надо для каждого нового борта задавать новые имена полей *FRREC и *VALREC.

6.3.7 Процесс FFUNC

Процесс FFUNC позволяет рассчитывать величину геостатистического параметра F (значение вариограммы для точек, находящихся в пределах блока заданного размера), требуемую для расчета дисперсии изменчивости ВГЕ в пределах блока с большими размерами. На входе в него требуется задавать параметры, уже знакомые при использовании рассмотренных выше процессов: @VGRAM, @LOG, @IPOINTS, @JPOINTS, @KPOINTS. Кроме этого, в интерактивном режиме Вы должны будете ввести характеристики вариограммной модели и размеры ВГЕ, а затем – размеры блока модели. Процесс будет рассчитывать для них значение F. Требуемая дисперсия изменчивости будет равна разности этих величин.

6.3.8 Оценка извлекаемых запасов без модели месторождения.

Описанные выше процессы обычно работают с мелкоблочной моделью месторождения. Однако, иногда Вы располагаете только оценкой среднего содержания в залежи и вариограммной моделью. Даже в этом случае Вы будете способны оценить извлекаемые запасы для заданного размера ВГЕ.

1. Прежде всего, с помощью процесса PROTOM создайте псевдо-прототип блочной модели с одной ячейкой, которая имеет размеры Вашего месторождения.
2. Каким-либо процессом (например, PERFIL) создайте файл модели с одной ячейкой и с помощью процесса EXTRA или GENTRA введите в него значения среднего содержания и дисперсии (установить величину дисперсии = 0).
3. Затем используйте процесс SMUHIS для расчета гистограммы извлекаемых запасов. Обычный вид макроса для этой операции приведен ниже.

```
!START M1  Оценка глобальных извлекаемых запасов
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Создание прототипа модели с одной ячейкой
!REM ----------------------------------------------------------------
!PROTOM  &OUT(PMODEL) Имя выходного файла
N  Поле MINED  не требуется
N  Подъячейки не требуются
0  X  Координаты начала модели
0  Y  ..  ..
0  Z  ..  ..
1000  X  Размеры ячейки
1500  Y  ..  ..
500  Z  ..  ..
1  Число ячеек по X
1  ..  ..  ..  ..  Y
1  ..  ..  ..  ..  Z
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Заполнение прототипа ячейками
!REM ----------------------------------------------------------------
!PERFIL  &PROTO(PMODEL),&MODEL(TEMP1),@MODE=0.0,@ZONE=0.0,
@OPTIMISE=2.0,@FULLCELL=0.0,@XSUBCELL=1.0,@YSUBCELL=1.0,
@ZSUBCELL=1.0,@RESOL=0.0,@OVCHECK=1.0
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Ввод среднего содержания и дисперсии
!REM ----------------------------------------------------------------
!GENTRA  &IN(TEMP1),&OUT(MODEL1)
SETC AU 5.6; SETC KV 0
END
OK
!REM ----------------------------------------------------------------
!REM  Расчет гистограммы  извлекаемых запасов. Размеры ВГЕ = 20  *  20  *  10 м
!REM ----------------------------------------------------------------
!SMUHIS  &IN(MODEL1),&OUT(RECHIST1),*VALUE(AU),*VARIANCE(KV),
@DVMETHOD=3.0,@VARTYPE=1.0,@SMUDIST=2.0,@DISVAR=0.0,
```

```
@DENSITY=2.6,@ADDCON=0.0,@RECOVERY=1.0,@BINSIZE=1.0,
@MINIMUM=0.0,@NUMBINS=15.0,@VGRAM=1.0,@LOG=0.0,@SMUXINC=20,
@SMUYINC=20,@SMUZINC=10,@XSTEP=1.0,@YSTEP=1.0,
@ZSTEP=1.0,@IPOINTS=6.0,@JPOINTS=6.0,@KPOINTS=6.0
5  Эффект самородка вариограммной модели
5  ..  ..
5  ..  ..
15  Порог - Эффект самородка
15  ..  ..
15  ..  ..
30  Зона влияния
30  ..
30  ..
0  Угол поворота
0  ..
0
!END
```

7 Работа с информацией в Окне проектирования Датамайн-Студио и создание графики

7.1 Основные приемы работы с информацией в Окне проектирования

Те, кто раньше работал с Датамайн 5, хорошо знает графическую оболочку Гайд. Окно проектирования Датамайн-Студио – это тот же Гайд, только объединенный с Датамайн. По сравнению с прежней версией в графические процессы были внесены некоторые изменения, о которых говорилось в главе 1. В частности, появилось много новых команд, а также изменились краткие команды некоторых процессов.

Ниже будут кратко описаны главные возможности, предоставляемые пользователю при работе в Окне проектирования. Рассмотрим их на примере данных опробования.

7.1.1 Загрузка требуемой информации

Чтобы загрузить в Окне проектирования файл результатов опробования:

1. Выберите в основном меню (или щелкните на Окне проектирования правой кнопкой, а затем выберите) **Data | Load | Drillholes** .

2. Найдите в базе данных нужный файл и нажмите **Select**.

3. Нажмите ENTER, если не хотите использовать фильтры (если хотите, то введите их в появившемся окне).

4. Выберите **Yes**, если предполагаете использовать все поля файла (в противном случае введите нужные поля в появившемся окне).

После этого Вы, скорее всего, ничего на экране не увидите, т.к. его границы по умолчанию останутся очень узкими, и не будут вмещать в себя всю загруженную информацию. Чтобы вывести на экран всю информацию, выберите из меню **View | Zoom | Zoom All Data** (или наберите краткую команду “za”). ***Заметьте, что краткие команды, список которых имеется в документации по системе, значительно облегчают жизнь пользователя. С помощью их можно быстро запустить нужный процесс, не совершая длительного путешествия по системе взаимосвязанных меню.***

Теперь на экране появиться картинка, включающая в себя всю информацию из загруженного файла.

Используя команды меню **View | Set Viewplane,** Вы можете установить любую ориентацию плоскости изображения в пространстве. Перед этим лучше рассмотреть пробы в окне визуализера и выбрать требуемое положение плоскости экрана в Окне проектирования.

7.1.2 Визуализер

Чтобы сделать активным окно визуализера и обновить в нем информацию (она должна соответствовать установкам Окна проектирования), выберите иконку **Update Visualizer** (или щелкните правой кнопкой на Окне проектирования (ОП) и выберите эту команду в появившемся меню). В открывшемся Окне визуализера (ОВ) будет находится в 3-х мерном виде вся информация из Окна проектирования. Вы сможете разворачивать ее, изменять масштаб, передвигать по экрану, отключать и изменять изображения разных объектов и т.д. и т.п. движением мыши с нажатой левой кнопкой или пользуясь меню, появляющемся при нажатии правой кнопки.

7.1.3 Создание сечений

Вы можете рассмотреть в ОП любое сечение, которое создается с помощью меню **View | Set Viewplane** или кратких команд:

- «1» - вертикальное (С-Ю, Ю-С, З-В, В-З) или горизонтальное сечение, параллельное осям координат; указывается единственная точка центра сечения,
- «2» - сечение по 2-м указанным курсором точкам (горизонтальное, вертикальное или перпендикулярное к плоскости изображения),
- «3» - сечение по 3-м указанным курсором точкам; оно будет соответствовать плоскости треугольника, созданного этими точками.

Во всех этих командах Вы можете использовать привязывание линии сечения к любой изображенной на экране точке, если укажете эту точку правой кнопкой мыши.

7.1.4 Установка расстояния проецирования

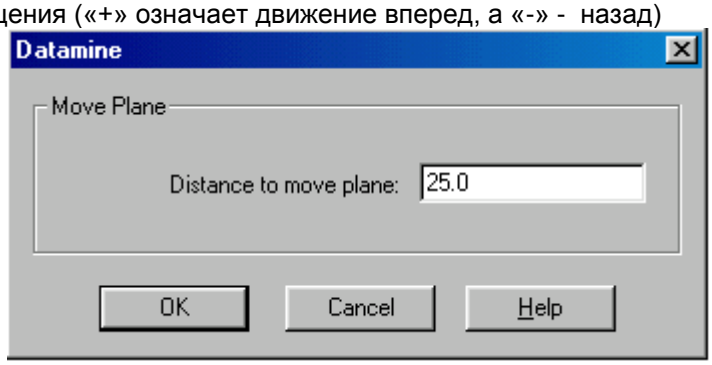
Сейчас Вы видите на сечении всю информацию файла опробования, которая спроецирована на плоскость изображения. Для того, чтобы установить расстояние проецирования, выберите **View | Set Clipping Limits** или нажмите кнопку . Появится окно, в котором Вы должны ввести расстояния проецирования перед (Back) и за (Front) плоскостью изображения.

7.1.5 Масштаб изображения

Для того, чтобы изменить масштаб изображения пользуйтесь кнопками **«Zoom In (Out, All data, Extents)»**, расположенными с правой стороны экрана. Команда **«Zoom In»** (краткая команда – «zx») требует указания на экране требуемой прямоугольной области с помощью движения мыши **с нажатой левой кнопкой**.

7.1.6 Передвижение плоскости изображения

Для того, чтобы перейти к следующему сечению (передвинуть плоскость изображения вперед или назад на нужное расстояние), необходимо выбрать из меню команду **View | Set Viewplane | Move Orthogonal** (краткая команда – «mpl») и указать расстояние перемещения («+» означает движение вперед, а «-» - назад)



7.1.7 Сохранение текущей плоскости изображения

Чтобы сохранить текущую плоскость изображения, выберите из меню команду **View | Save View** и введите в Окне базы данных имя файла, где будет храниться информация о текущем ОП, его ориентации и установках. Для восстановления этой информации выберите команду **View | Get View** и имя файла, где хранится требуемая информация. Таким образом, мы можем сохранить, например, все созданные сечения для последующей их демонстрации.

7.1.8 Создание легенды

Для создания легенды и требуемой раскраски информации на экране используются команды меню **Format | Legend:**

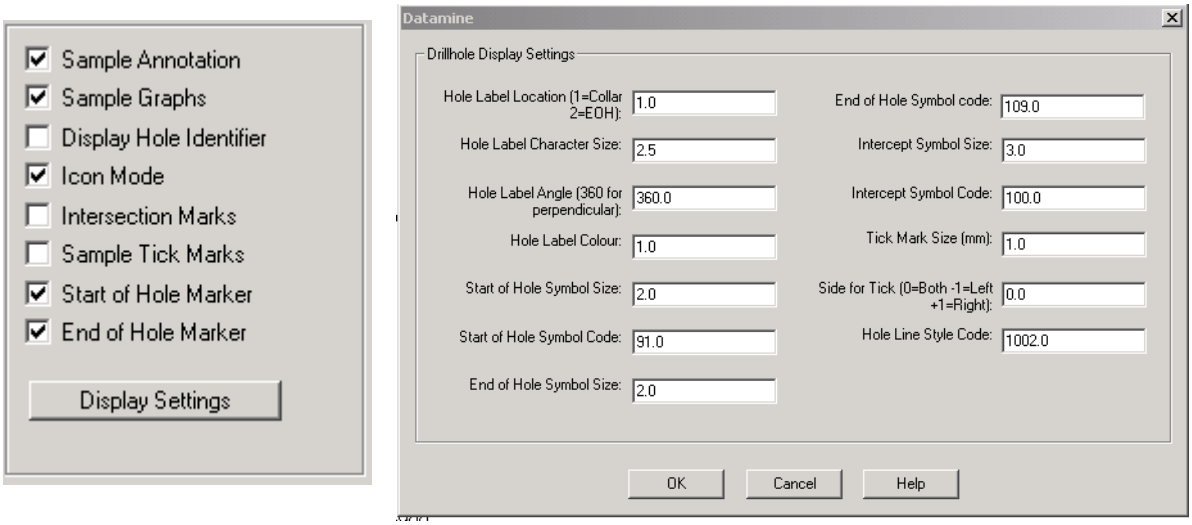
- **Use Percentile Fill –** программа автоматически сортирует и разбивает весь массив данных выбранного поля на заданное число «бинов» *с равным количеством данных в каждом из них,* а также раскрашивает их в подходящие цвета
- **Automatic Legend** – программа автоматически разбивает весь интервал значений выбранного поля на заданное число «бинов» (делит величину интервала на число «бинов»), а также раскрашивает их в подходящие цвета
- **Assign Fill Codes** – здесь Вы можете сами задать интервалы легенды (с помощью фильтров или интерактивно) и требуемые цвета.

Последняя операция выполняется в следующей последовательности.

1. Задайте способ ввода информации (с помощью фильтров, или интерактивно)
2. Для интерактивного режима выберите поле для создания легенды, например, Au
3. Выберите требуемый цвет для данного интервала в появившейся палитре
4. Напечатайте (если необходимо) имя этого интервала, например, WAST
5. Введите границы интервала (или выражение фильтра для него)

7.1.9 Настройка изображения данных опробования

Если Вы хотите изменить параметры изображения скважин, то необходимо это сделать с помощью команды **Drillholes | Display Control | Drillhole Settings.** Появится окно, в котором Вы сможете настроить Ваше изображение, как Вы хотите.



В частности Вы сможете настроить показ текстовой или графической (в виде гистограмм) аннотации (рис.7.1, 7.2), номеров выработок, знаков начала и конца скважин, границ проб и т.д. и т.п. Если нажать кнопку **«Display Setting»**, то появится новое окно (см. выше), в котором Вы можете более тонко настроить формат и стиль изображения деталей скважин на экране.

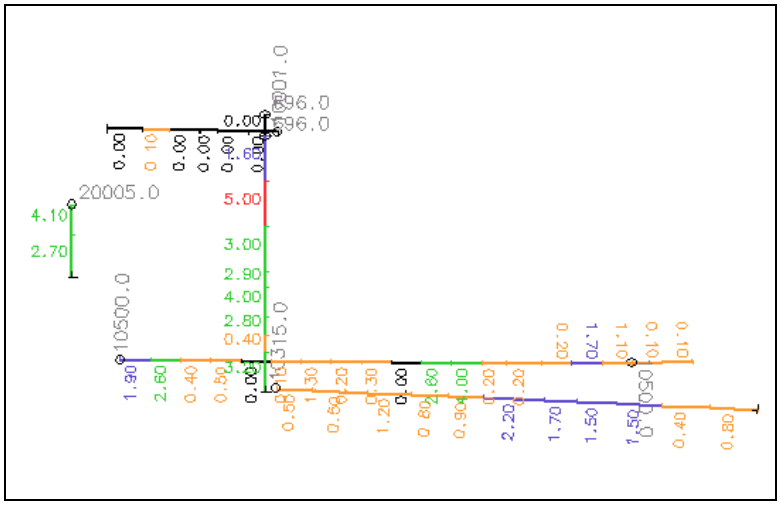


Рисунок 7.1. Пример цифровой аннотации содержания золота по скважинам и канавам

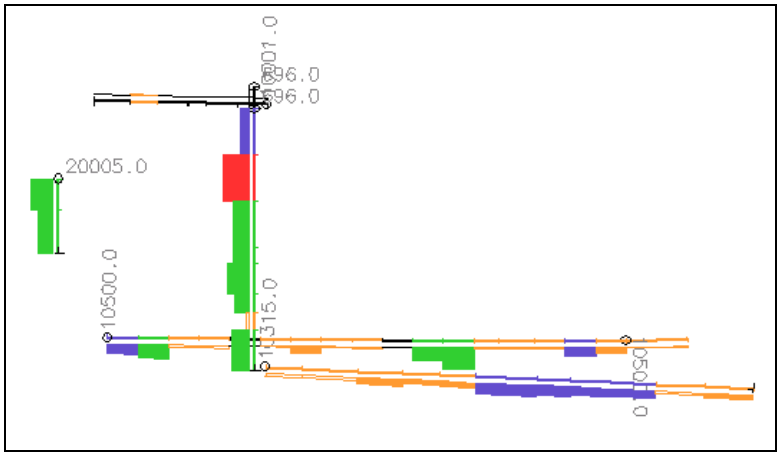


Рисунок 7.2. Пример графической аннотации содержания золота по скважинам и канавам

7.1.10 Изменение стиля сетки

Если Вас не устраивает установленная по умолчанию сетка, то Вы сможете ее изменить командой **Format | Grid.** В появившемся окне Вы сможете установить Тип сетки, цвет и стиль линий, а также характер цифровой и текстовой аннотации.

7.1.11 Заполнение периметров штриховкой и вывод на экран аннотации

В Датамайн имеется возможность заполнять созданные периметры различной штриховкой. Имеется 20 стандартных типов штриховки, приведенные в документации. Для того, чтобы заполнить периметр необходимо:

3. Дополнить командой **Format** I **Add New Attribute** (применительно к линиям) цифровую атрибуту «**FILLCODE**»
4. Выбрать на экране требуемый периметр и установить командой **Design** I **Edit Attributes** номер кода штриховки (см.документацию).
5. Установить требуемый цвет штриховки

На рис. 7.3 показан пример заполнения периметров штриховкой с кодами, указанными в прямоугольных рамках. Заметьте, что каждый следующий заполняемый периметр перезаписывает предыдущий.

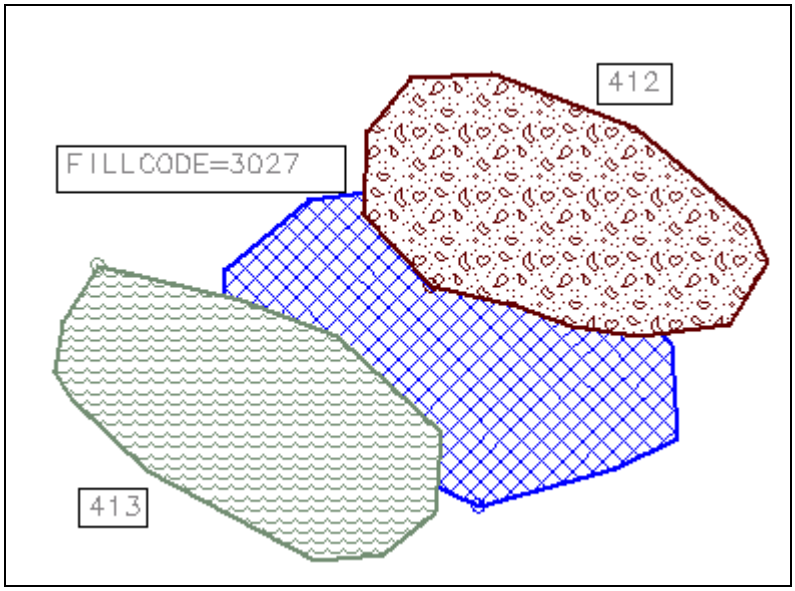


Рисунок 7.3. Пример заполнения периметров штриховкой с сопутствующей аннотацией

В отличие от предыдущей версии системы в Датамайн-Студио (с помощью команды **Format** I **Annotate)** Вы можете вводить аннотацию для линий, точек и просто текстовую аннотацию, заключаемую в прямоугольные рамки (рис.7.3).

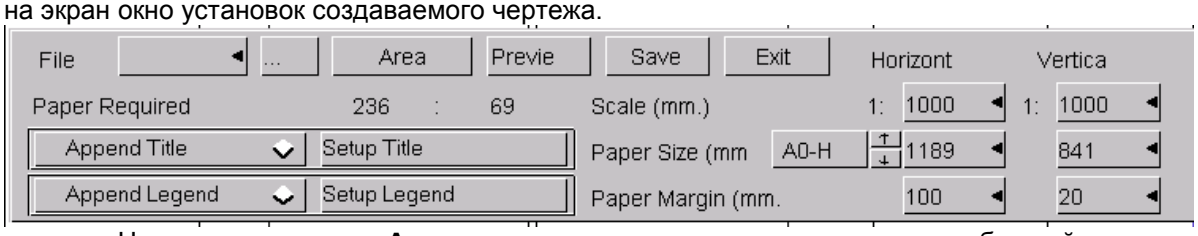
Мы рассмотрели здесь только основные приемы работы в Окне проектирования с данными опробования. Даже из приведенного материала видно, насколько велики возможности пользователя по обработке графической информации. Отметьте, что Окно проектирования имеет не меньше специфических инструментов для манипуляций со всеми другими видами файлов Датамайн (точки, линии, блочные и каркасные модели т.д.). Мы не ставили целью подробное их рассмотрение в этом Руководстве, и отсылаем квалифицированного пользователя к технической документации Датамайн.

7.2 Создание и вывод графики в Окне проектирования

Любое изображение, созданное в Окне проектирования (ОП) или в Окне визуализера (ОВ) может быть сохранено в виде твердой копии, т.е. направлено на плоттер или принтер. Здесь Вы можете задать требуемый формат бумаги и любой масштаб чертежа.

Например, создадим чертеж из разреза по скважинам, показанный на рис. 7.1.

С помощью команды **Tools | Interactive Plotting | Plot From Design Window** выводим на экран окно установок создаваемого чертежа.



Нажатием кнопки **Area** и курсором мыши установите требуемый размер изображения. Установите размер бумаги (формат) и подходящий масштаб (можно выполнить эти действия и наоборот, смотря, что для Вас важнее).

Когда Вы двигаете курсор мыши в ОП, то на экране будет виден синий (красный) прямоугольник, который покажет Вам выбранный размер бумаги в заданном масштабе чертежа. Передвиньте его в такое место, где он будет захватывать все данные, выбранные для черчения с некоторым запасом. Затем захватите курсором перекрестие в левом нижнем углу прямоугольника, перетащите рамку района изображения в нужное место и проследите, чтобы все данные были включены в зону чертежа, а штамп и легенда не закрывали важных деталей.

В данном случае выбран формат бумаги А2 (горизонтальный) и масштаб изображения – 1:50 (рис. 7.4).

Вы должны также задать (если это необходимо):

- Размеры, место расположения, стиль и надписи (до 5 строк) штампа чертежа
- Размеры и место расположения легенды

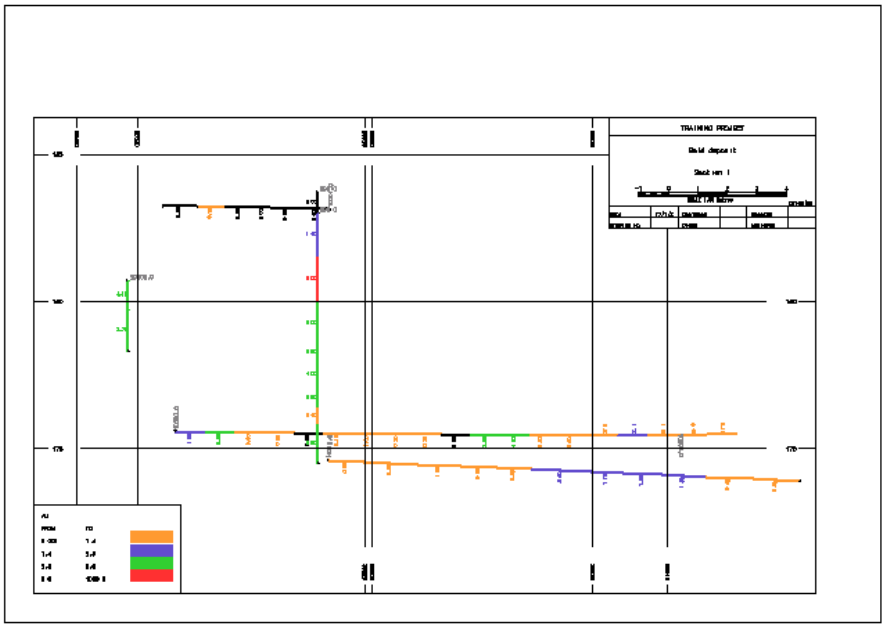


Рисунок 7.4. Общий вид созданного чертежа на листе формата А2.

На каждом шаге изменения параметров чертежа его следует просматривать в реальном масштабе с помощью кнопки **Previe.** Когда чертеж Вас полностью удовлетворяет, Вы сохраняете его в файле чертежа с помощью кнопки **Save**.

Если Ваш плоттер правильно настроен и подсоединен к системе, то Вы сможете непосредственно послать на него плот-файл.

Обычно все чертежи перед использованием требуют некоторой доводки с целью комбинирования их на листах бумаги, более удобного цветового оформления, создания на чертежах таблиц, различных вспомогательных изображений, надписей и, наконец, для приведения их в соответствие с Российскими стандартами. Это делается с помощью специализированных графических пакетов, таких как Corel Draw или AutoCAD.

Для импорта плот-файлов в эти пакеты используются стандартные форматы векторной графики: “.plt” или “.dxf”. Система Датамайн имеет возможность непосредственно экспортировать плот-файлы в эти форматы. Первый формат создается процессом **PDRIVE** с установкой любого принтера фирмы HP. Перевод плот-файлов в формат Автокада делается или с помощью специальных макросов (color.mac), или с помощью стандартного интерфейса экспорта информации.

7.3 Графические процессы Датамайн

Чертежи могут создаваться не только интерактивно в Окне проектирования, но и в автоматическом режиме с помощью многочисленных процессов Датамайн.

7.3.1 Введение

Графические процессы внутри ДАТАМАЙН разделяются на две категории:

- Общие процессы для вычерчивания линий, диаграмм, гистограмм, диаграмм рассеяния, осей, надписей и так далее. Эти процессы работают с любыми файлами, имеющими подходящие данные.
- Специальные чертежи для горных работ. Они включают совмещение данных, вычерчивание различных сечений и изометрических изображений. В этих процессах, входные файлы имеют, как правило, более специфическое содержание.

В общем случае чертежи внутри ДАТАМАЙН создаются в два этапа; сначала запускается процесс, который преобразует файл данных в плот-файл ДАТАМАЙН, затем этот плот-файл может быть передан на любое имеющееся графическое устройство или на дисплей с использованием подходящего драйвера ДАТАМАЙН. Для примера, плот-файл выводится на графический экран с помощью процесса DISPLA (команда **Tools** I **Display Plot File**).

Плот-файлы – это стандартные файлы ДАТАМАЙН, и поэтому они могут быть просмотрены и откорректированы с помощью стандартных системных процедур. Эти файлы могут быть скопированы из базы данных с применением процедуры OUTPUT, поэтому имеется возможность передать их в любую другую графическую систему. Изображения могут быть добавлены к существующим плот-файлам простым использованием процесса APPEND. Так, например, координатные оси и сетка могут быть наложены на имеющийся разрез по скважинам или контура могут быть наложены на чертеж блочной модели. Добавляемые плот-файлы, естественно, должны быть созданы с идентичным масштабом, соответствующим базовому чертежу.

Компоновка чертежа, его форма, размер, масштаб и т.д. зависят от требований пользователя. В начале каждого проекта графика в виде гистограмм, различных распределений и диаграмм обычно выводится на экран. На этом этапе детали расположения чертежа не важны. Когда создаются окончательные чертежи, тогда их компоновка, размер и масштаб становятся важными. ДАТАМАЙН разрешает пользователю полностью контролировать все эти аспекты использованием файла прототипа чертежа, который вводится в каждый процесс.

Необходимо всегда помнить, что каждый чертеж, как и любые содержащиеся в нем символы и обозначения в мм, всегда изображаются на бумаге в своих истинных размерах, соответствующих прототипу.

Чтобы получить окончательный завершенный чертеж диаграммы рассеяния, например, необходимо сделать несколько шагов:

- Создать прототип плот-файла (процесс PROTOP),
- Создать чертеж самой диаграммы рассеяния (процесс PLOTAN),
- Добавить к нему рамку и сетку чертежа (процесс PLOTFR),
- Отрисовать необходимые надписи (процесс PLOTTI).
- Наложить все созданные отдельные плот-файлы друг на друга (процесс APPEND)

Поскольку каждый вышеназванный процесс создает свой отдельный плот-файл, то для успешного наложения их друг на друга все составные части должны иметь одинаковые размеры или, другими словами, - тот же самый прототип плот-файла.

7.3.2 Создание прототипа плот-файла

Для создания прототипа выводимой на плоттер графики используется процесс PROTOP. Пользователь определяет размер чертежа (в мм) и внутри его - размер и форму района изображения данных (рис. 7.5). Масштаб данных по X и У может быть определен (если необходимо) на этой стадии или позже - непосредственно на стадии вывода чертежа. Когда плот-файл передается на плоттер (процессом PDRIVE), то он будет вычерчен полностью в размерах, обусловленных прототипом.

Перед началом работы по созданию чертежа Вам следует четко представить себе все размеры и масштабы бумаги и вычерчиваемых объектов, а также требуемый тип, стиль символов, сетки, рамки, надписей и т.п.

При запуске процесса PROTOP пользователь в интерактивном режиме должен ответить на все вопросы, предлагаемые программой:

- Выбрать один из стандартных размеров листа бумаги (14 вариантов, в т.ч. – размер, задаваемый пользователем)
- Определить координаты (в мм) нижнего левого угла района изображения (XORIG, YORIG)
- Определить размер района изображения (в мм) по осям X и Y
- Если Вы желаете определить масштаб изображения на этой стадии, то необходимо ввести, по крайней мере, 2 пары данных из перечисленных ниже:

- XMIN, YMIN – XMAX, YMAX (минимальные и максимальные координаты ваших данных)
- XMIN, XSCALE – YMIN, YSCALE (минимальные координаты данных и масштаб изображения). Масштаб по осям X и Y задается в пользовательских единицах (например – метрах), содержащихся в 1 мм чертежа. В этом случае масштаб, равный 1м в 1 мм будет соответствовать обычному масштабу 1:1000.
- XMAX, XSCALE - YMAX, YSCALE (максимальные координаты данных и масштаб изображения)

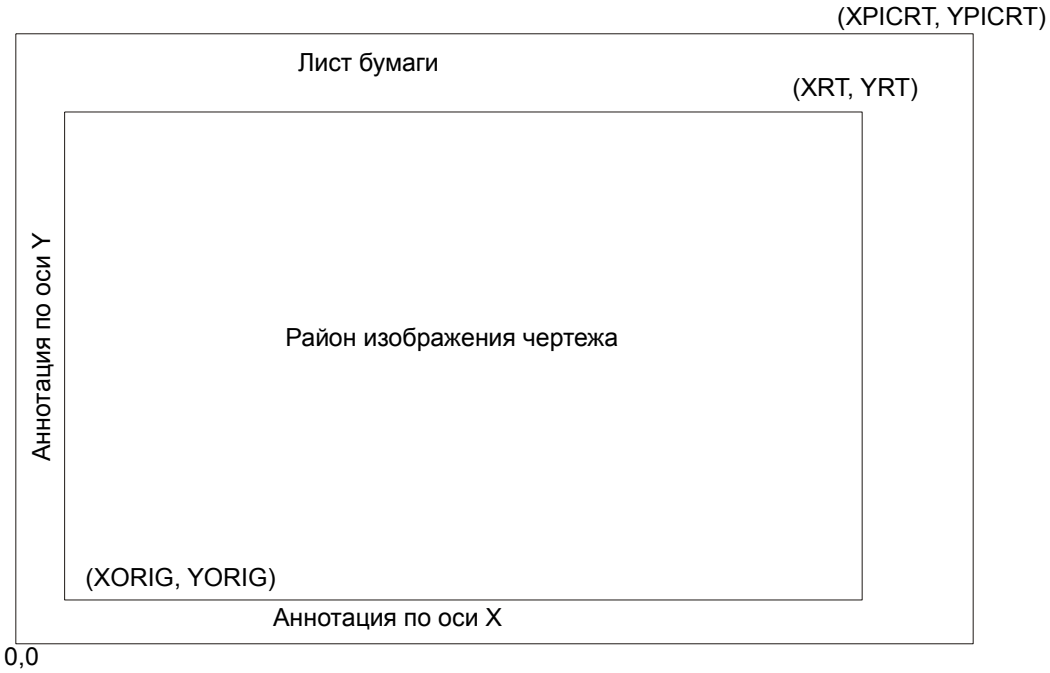


Рисунок 7.5. Параметры размещения чертежа на листе бумаги

Если Вы задали слишком маленькое пространство для аннотации (параметры XORIG, YORIG), то получите предупреждение программы, что Ваши текстовые данные могут быть потеряны.

8.3.2 Структура плот-файла

Все плот-файлы, включая прототипы, имеют следующие поля (кроме полей файла прототипа, описанных выше):

- X - координата в мм.
- Y - координата в мм.
- S1 - вторая X координата, или высота знака (или символа) в мм, зависящая от величины поля CODE
- S2 - вторая У координата в мм, или угол наклона символов в градусах по часовой стрелке от оси X или ширина символа в мм, зависящая от величины поля CODE
- CODE - цифровое поле, определяющее тип символа, контура, линии, стиля изображения и т.п.
- CHARSIZE - высота знака (символа) в мм, по умолчанию 4.
- ASPRATIO - отношение ширины к высоте знака, по умолчанию 0.9.
- COLOUR - номер цвета.

Отметим, что эта структура делает каждую строку независимой от других. Все линии характеризуются начальными и конечными точками, а положение, размер и угол наклона специфицируются для каждого знака (символа). Если единичная строка будет утеряна или испорчена, результат этого на чертеже будет ограничен одной «бракованной» линией, рамкой, символом или знаком, имеющим отношение к испорченной строке. Таким

образом, всегда остается возможность откорректировать этот плот-файл и получить из него качественный чертеж.

8.3.3 Подробнее о масштабировании чертежа

Все единицы плот-файла заданы в мм и соответствуют истинным размерам чертежа. Однако помните, что оба процесса PDRIVE (вывод плот-файла на печать) и DISPLA (просмотр его на экране) также позволяют установить нужный масштаб на выходе. Ниже мы будем предполагать, что файл изображается или выводится на плоттер в его истинных размерах.

Внутри графических процессов единицы пользовательских данных наносятся на чертеж в установленных границах изображения, которые задаются в мм. Границы реальных данных задаются полями плот-файла: XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, а масштаб изображения – полями: XSCALE и YSCALE.

Например: XSCALE = 0.02 пользовательских единиц на мм означает 2 пользовательских единицы (обычно – метров) на 100 мм.

Отметим, что если пользовательские единицы даны в метрах, то величина XSCALE, равная 0.02, эквивалентна стандартному масштабу 1:20. Другими словами, если пользовательская единица - метр, то, чтобы получить значения XSCALE и YSCALE, требуется разделить стандартный масштаб на 1000. Таким образом, масштаб 1:1000 дает величину XSCALE и YSCALE = 1, а масштаб 1:5000 - 5.

В общем случае, если требуемый масштаб 1:S и f - размер пользовательских единиц в метрах, то:

XSCALE (YSCALE) = S * F/1000.

В некоторых случаях бывает необходимо получить разный масштаб для направлений X и У. Это легко делается с помощью установки соответствующих значений XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, XSCALE и YSCALE.

Как показано выше, пользователь должен гарантировать, что чертеж будет соответствовать заданному размеру района данных (изображения). Это достигается правильным подбором пределов изображения и масштаба.

Выше было сказано, что для задания нужного масштаба возможно ввести любые из 2-х пар величин: XMIN, XMAX и XSCALE или YMIN, YMAX и YSCALE. Однако, они должны быть совместимыми и корректно размещать данные внутри района изображения. В большинстве случаев из-за ошибки масштабирования процесс создания чертежа будет прекращен. Такой же «результат» будет получен, если во входном прототипе отсутствует информация о масштабе, или она не была затем введена при запуске процесса создания чертежа.

Хотя в принципе, возможно, переопределить любую из величин: XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, XSCALE и YSCALE (определенных в прототипе плот-файла) введением новых значений при запуске графических процессов, однако это не рекомендуется делать, так как существует большой шанс получить разный масштаб суммарного чертежа при объединении составляющих его плот-файлов. Еще необходимо запомнить, что во входном прототипе устанавливаются обычно все три параметра: XMIN, XMAX и XSCALE, поэтому все они должны быть переустановлены в процессе любой корректировки.

Процесс экранного просмотра плот-файлов DISPLA может быть использован для создания истинного размера изображения применением параметра @TRUESIZE=1. Если имеется возможность распечатки изображения экрана, и требуется точное соблюдение в ней размеров изображения, то таким образом можно получить твердую копию с реальными размерами.

Для любого периферийного графического устройства 1 мм плот-файла обычно соответствует 1 мм на чертеже, что достигается с помощью внутреннего графического драйвера ДАТАМАЙН. Таким образом, необходимо только создать предварительно масштабированный плот-файл в его истинном размере, чтобы получить правильное изображение на чертеже. Это достигается установкой требуемого параметра масштаба @SCALE = «-» (отсутствие данных) в процессе PDRIVE.

8.3.4 Компоновка нескольких изображений на одном чертеже

Если требуется создать комплексные чертежи, которые необходимо разместить на таком же листе бумаги, то для этого в Датамайн существует несколько способов:

- Применение редактора изображения PICTED для конструирования требуемого составного чертежа на экране и записи его в плот-файл.
- Применение параметров XOFFSET и YOFFSET в процессе PDRIVE для установления начала района изображения (в мм) чертежа на исходном листе.
- Задание нескольких прототипов плот-файлов, по одному для каждого рисунка. Площадь чертежа будет та же самая в каждом прототипе, а размеры районов данных - разные. Когда плот-файлы соединяются вместе, составляющие чертежи будут располагаться на одном общем чертеже.

Однако, самый удобный способ – доводка чертежей Датамайн в графических редакторах Corel Draw или AutoCAD. Там операция размещения нескольких чертежей на одном листе выполняется очень быстро и легко.

8.3.5 Основные графические процессы Датамайн

Ниже перечислены только основные графические процессы, которые используются в Датамайн-Студио. В действительности их намного больше, и значительное количество из них осталось от старых версий системы. Часть устаревших процессов выполняет вычерчивание только какой-то специфической информации, например, таблиц или текста, аксонометрических изображений и т.д. Многие из них с большим эффектом заменены командами Окна проектирования.

Основные графические процессы ДАТАМАЙН:

CONTOU – Создает изолинии по блочной модели месторождения
ISOHOL – Чертеж данных опробования в изометрии.
ISOMET – Чертеж блочной модели в изометрии.
ISOPER – Чертеж периметров и линий в изометрии.
ISOTRI – Чертеж каркасной модели в изометрии.
PLOTAN - Диаграммы разброса с аннотацией
PLOTAR - Стрелки, векторы.
PLOTCN - Создает изолинии в плане или на вертикальных сечениях по точкам, каркасам или блокам.
PLOTCX - То же что и PLOTCN, но значительно больше возможностей
PLOTDA - Диаграммы разброса с символами.
PLOTFR - Оси и рамки чертежа.
PLOTFT - То же, но в линейном, логарифмическом и вероятностном представлении.
PLOTFX - Создает основу чертежа (рамки, штамп, заголовки и т.п.).
PLOTGR - Линии сетки под любым углом.
PLOTHI - Гистограммы, графики.
PLOTLI - Линии.
PLOTLN - Отрезки линий.
PLOTMX - Сечения блочной модели с аннотацией.
PLOTPA - Периметры.
PLOTPE - То же.
PLOTPI - Множество числовых переменных в виде цветных секторов с радиусами, пропорциональными величине переменной
PLOTSI - Диаграммы разброса. Объединяет возможности PLOTAN, PLOTDA, PLOTVA и частично PLTLAY.
PLOTSK - Аннотированные сечения по скважинам по технологии Kidd Creek.
PLOTSX - Аннотированные сечения по скважинам.
PLOTTI - Заголовок чертежа.
PLOTTR - Каркасные модели.
PLOTTX - Вычерчивает текст из заданного файла.
PLOTVA - Многомерная диаграмма разброса (до 10 полей).
PLOTWS - Сечения каркасной модели.
PLTABL - Выводит на плоттер таблицы.
PLTLAY - Интерактивное редактирование и дополнение чертежей.
SPLICO - Создает изолинии в плане или на вертикальных сечениях по точкам, каркасам или блокам.

Заключение

В прочитанном (просмотренном) Вами Руководстве содержится описание только основных этапов компьютерного моделирования и оценки запасов рудных месторождений. Рассмотрены главные процессы новейшей версии системы Датамайн-Студио, которые используются для решения геологических задач. Этот материал, я надеюсь, поможет **квалифицированным** геологам самостоятельно (или с небольшой помощью) справиться с довольно сложными задачами оценки минерального сырья.

К сожалению, объем книги не позволил включить в нее подробное изложение всех возможностей системы Датамайн, вплоть до описания последствий нажатия каждой кнопки. Для этого существует техническая документация и несколько руководств пользователей, которые постоянно модернизируются и дополняются специалистами компании Датамайн. Часть из них уже переведена на русский язык.

После создания модели месторождения и оценки ее запасов жизнь не кончается. Далее следует проектирование карьера или подземного рудника и после этого – самое «интересное» занятие – планирование и оперативное управление процессом горных работ, маркшейдерский и геологический контроль за извлекаемыми запасами.

Надеюсь, что процесс создания отраслевых инструкций и методических руководств в МНПО «Полиметалл» на этом не закончится, а настоящее Руководство будет периодически обновляться и дополняться по мере появления новых данных, программных продуктов и производственного опыта.

Литература

1. Clark I . Practical Geostatistics, Applied Science Publishers Ltd, London 1979
2. Isaaks E.N. and Srivastava R.M. An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, 1989
3. Капутин Ю.Е., Ежов А.И., Хенли С. Геостатистика в горно-геологической практике. Апатиты, ГИ КНЦ РАН, 1995, 190 с
4. Sichel H.S. The Estimation of Means and Associated Cofidence Limits for Small Samples from Lognormal Populations. APCOM, 1966
5. Dowd P.A. Lognormal Kriging – The General Case. Mathematical Geology, 1982
6. Newton M.J. Variogram Calculation and Kriging for Folded Deposits. Mineral Resource Evaluation ’95 Conference. April 1995, Leeds University, UK
7. Cressie N. Towards resistant geostatistics. – Geostatistics for natural resources characterization. Dordrecht, p.21-44, 1984
8. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л, Недра, 1980, 360 с