УДК 662.014.2.001.2

А.Ю.ЗВОНАРЬ, *технический директор – главный инженер, azvonar@phosagro.ru*
А.М.ГОРЦУЕВ, *ведущий инженер геологической службы Центрального рудника, agortsuev@phosagro.ru*
ОАО «Апатит», г.Кировск Мурманской обл.

A.Yu.ZVONAR, *technical director – chief engineer, azvonar@phosagro.ru*
A.M.GORTSUEV, *senior engineer of geologic departament of the Tsentralniy ore mine, agortsuev@phosagro.ru*
OJSC «Apatit», *Kirovsk, Murmansk region*

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПЛАНИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Приведен вариант планирования горных работ на Центральном руднике ОАО «Апатит» с помощью системы Mine Frame. Пояснены подходы и набор инструментов для решения задач планирования горных работ. Показаны преимущества ввода данной системы проектирования перед существующими.

***Ключевые слова*:** ОАО «Апатит», система Mine Frame, каркасные модели рудных тел.

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN DESIGNING AND PLANNING OF MINING OPERATION

The paper present the variant of planning of mining operations at the Central ore mine of OJSC «Apatit» with the use of the MineFrame system. Explanation to the approaches and a tool kit for solution of problems in planning of mining operations are given. The advantages of putting this system of designing into operation oover the existing approaches are shown.

***Key words*:** OJSC «Apatit», MineFrame system, frame models of ore bodies.

В настоящее время в мировой горной промышленности используются интегрированные компьютерные системы, включающие следующие функции:

- управление базами данных;
- интерактивную трехмерную графику и картирование;
- трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- статистическую и геостатистическую обработку информации;
- проектирование открытых и подземных горных работ;
- планирование развития рудников и календарное планирование;
- маркшейдерские расчеты.

Итегрированные компьютерные системы работают с различными операционными системами и имеют интерфейсы для работы с любой периферией. Наиболее известные из них: DataMin, MicroMin, Vulkan, MinScape, Gemcom, Surpac и другие. Применение интегрированных компьютерных систем становится необходимым при обработке геологических данных по месторождениям, создания и тиражирования графики, оперативного подсчета запасов, проектирования и оптимизации карьеров и подземных выработок, управления горным производством и запасами.

На рудниках комбината «Апатит» внедряется система Mine Frame, разрабатываемая в Горном институте Кольского научного центра РАН. Система имеет набор инструментов для решения следующих задач:

1) создание баз данных и работа с ними;

2) создание графики: разрезов, планов, трехмерных изображений с выводом данных (результаты опробования, геологические коды, гистограммы, заливки и пр.).

3) интерактивная трехмерная интерпретация геологических разрезов и планов

(геология, минерализация и пр.) с кодировкой каждого параметра;

4) интерактивное трехмерное каркасное моделирование рудных тел, геологических формаций и поверхностей;

5) классический статистический анализ геолого-разведочной информации с выводом на печать графиков, гистограмм, таблиц и результатов их анализа;

6) полный геостатистический анализ любых трехмерных данных, включая расчет и моделирование вариограмм, карт вариаций изменчивости и оценки пространственной анизотропии минерализации;

7) построение блочных моделей с заданным размером элементарных блоков;

8) интерполяция содержаний в элементарных блоках моделей с использованием известных алгоритмов и кригинга;

9) оценка запасов методом разрезов, в пределах каркасных моделей или с использованием блочных моделей;

10) трехмерная визуализация любых данных, поддерживаемых Mine Frame с выводом их на печать;

11) ввод и обработка горных данных с возможностью проектирования карьеров и буровзрывных работ.

Планируется дополнение системы новым модулем, который будет обеспечивать оперативное управление горным производством (с использованием информации от GPS) и контроль качества руды.

1. Создание баз данных и работа с ними. Создаются и поддерживаются две основные базы данных в табличном формате: геологическая и технологическая. Данные импортируются в систему в форматах: txt, dxf, kdr, dat, dmx, gdt. Предусмотрена проверка баз данных. Первичные базы данных на рудниках ОАО «Апатит» создаются по данным разведочных и эксплуатационных скважин в MS Excel и импортируются в программу в текстовом формате.

2. Создание графики. Рудные тела строятся по принятым на рудниках разведочным разрезам с привязкой к рудным подсечениям по скважинам с целью дальнейшего построения каркасных и блочных моделей. Разрезы экспортируются в AutoCad с вынесением необходимой информации (данные опробования и др.) для дальнейшего применения в рудничной работе. Необходимые при горных работах погоризонтные планы создаются при рассечении каркасных моделей горизонтальными плоскостями через нужные высотные отметки и с необходимыми данными (контуры рудных тел, точки входа скважин, содержания по скважинам и др.) экспортируются в AutoCad. Также экспортируются в AutoCad данные маркшейдерской съемки – поверхность карьера, высотные отметки, контуры взорванного блока (рис.1).

3. Интерактивная трехмерная интерпретация геологических разрезов и планов. Проводится в процессе геологических

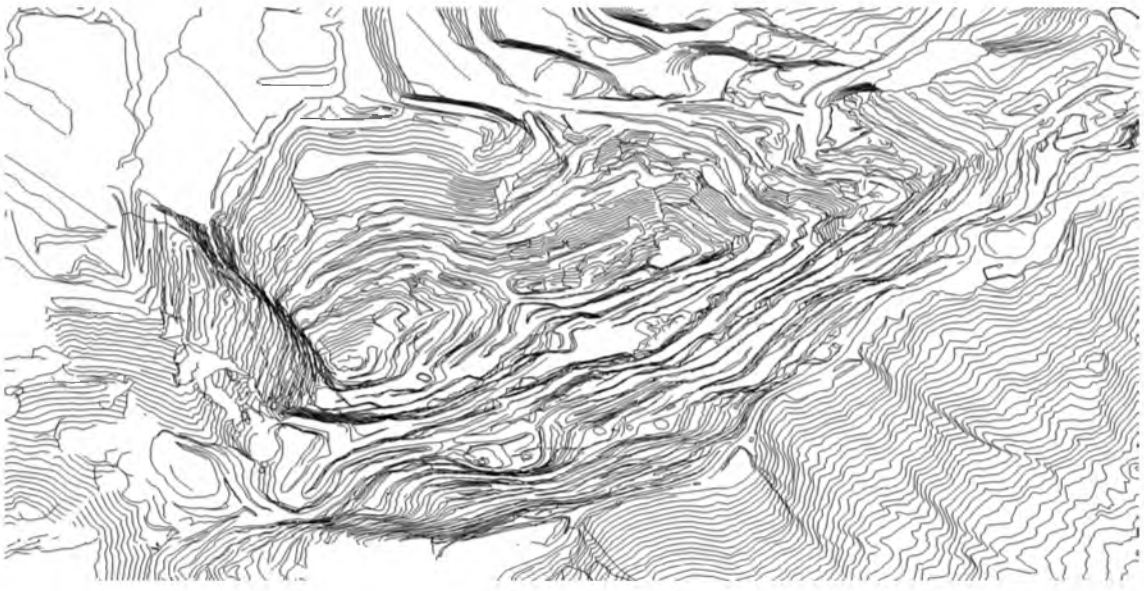


Рис.1. Рудник Центральный. Маркшейдерская съемка в программе AutoCad

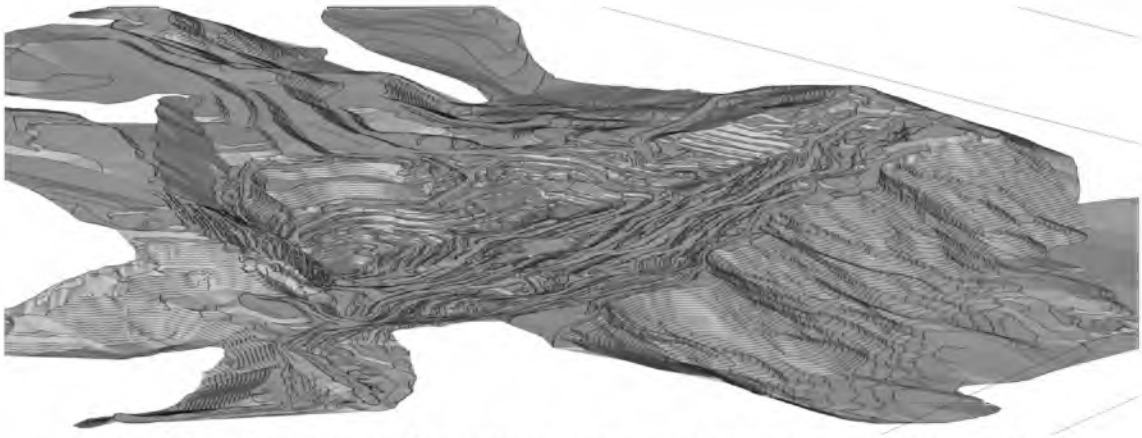


Рис.2. Рудник Центральный. Каркас поверхности карьера с рудным каркасом (вариант 1)



Рис.3. Рудник Центральный. Каркас поверхности карьера с рудным каркасом (вариант 2)

построений и увязки рудных тел между разрезами по данным опробования и документации керна, при выводе данных на экран.

4. Интерактивное трехмерное каркасное моделирование рудных тел и поверхностей. Поверхности в системе Mine Frame создаются по данным маркшейдерской съемки, импортируемой в базу данных. Каркасы рудных тел могут создаваться по отстроенным разрезам или погоризонтным планам. На рудниках комбината «Апатит» принята методика построения каркасов по разрезам с помощью соединительных линий (сцепок). В программе заложена возможность объединения, вычитания и пересечения замкнутых каркасов (рис.2, 3).

5. Классический статистический анализ геолого-разведочной информации. Используется для первоначального анализа геологических данных и включает в себя:

1) расчет гистограммы распределений значений содержаний компонентов полезных ископаемых по классам;

2) построение графика накопленных частот;

3) подбор законов распределения данных;

4) определение основных статистических параметров.

Для установления типа (закона) распределения строится его гистограмма (рис.4). Вид гистограммы позволяет увидеть явные погрешности в исходных данных геологиче-

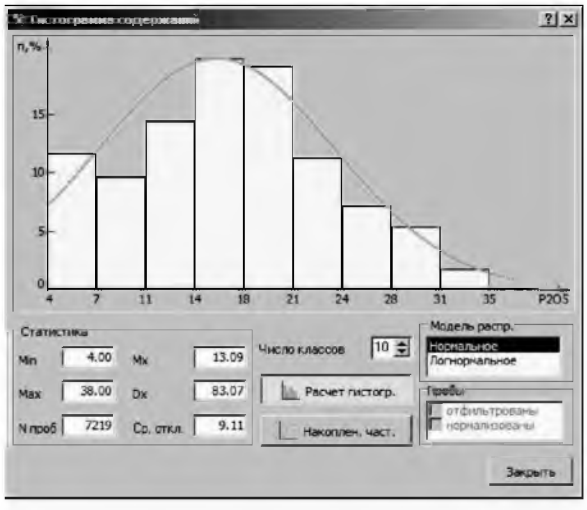


Рис.4. Гистограмма содержаний



Рис.5. Рудник Центральный. Каркас поверхности карьера с участком блочной модели

ского опробования. При выявлении таких значений пользователь может откорректировать их в геологическом редакторе GeoTools.

6. Полный геостатистический анализ. Применяется для выявления характера изменчивости распределения содержания P_2O_5 в массиве пространственно распределенных проб и получения функциональных зависимостей для их использования в процедуре кригинга; в программе реализована общепринятая методика моделирования вариограмм.

7. Построение блочных моделей. Предусмотрена процедура создания блочных моделей путем размещения миниблоков внутри замкнутой каркасной поверхности. Параметры блочной модели задаются пользователем (рис.5).

8. Интерполяция содержаний в элементарных блоках моделей. Производится с помощью метода обратных квадратичных расстояний и кригинга на данных вариограммного анализа.

9. Оценка запасов. При расчете объемных и качественных показателей рудных тел и выемочных единиц используются два способа: по блочной модели, в основе которого лежит метод дистанционного взвешивания, и способ метропроцента, в основе которого лежит геометрический (средневзвешенный) метод подсчета. Условием использования способа по блочной модели является наличие блочных моделей рудных тел с заданными значениями содержаний по компонентам полезного ископаемого, условием использования метода метропроцента – загрузка из базы данных каркасных моделей рудных тел, представленных в границах выемочных единиц, и данных опробования; учитываются все пробы, которые попали внутрь каркасной модели выемочной единицы. Таблицы расчета могут быть экспортированы в MS Excel или вставлены в любой другой документ, например MS Word.

В настоящее время система Mine Frame только внедряется на рудниках комбината «Апатит», поэтому все указанные разработки носят предварительный характер и для планирования и ведения горных работ еще применяются не в полной мере, но уже начали приносить результаты. Ранее вся графика на рудниках комбината строилась вручную традиционными методами на ватмане. Построение каркасных моделей рудных тел на Центральном и Восточном рудниках привело к уточнению их контактов и ликвидировало ошибку геометризации, которая составила в плане до 40 м. При ширине рабочего уступа карьера 30 м это привело не только к значительно более точному планированию горных работ, но и к снижению потерь руды при добыче, что подтвердилось при дальнейшей отработке руды.