

создать искусственный 3-х мерный массив с изменчивостью, соответствующей полученной вариограммной модели и учетом реальных показателей отобранных проб. На такой модели можно «проиграть» различные варианты технологических параметров горных работ (высот уступа, число забоев и их производительность, направление отработки, последовательность выемки блоков и т.д. и т.п.) и выбрать оптимальные проектные решения. Кроме того, такое моделирование позволяет оценить риск от неподтверждения геологической информации.

На этой же стадии обычно проектируется система рудопотоков горного предприятия. Здесь также можно использовать геостатистику для расчета параметров усреднительных сооружений, размещения добычных забоев и некоторых других элементов системы.

Наконец, на стадии отработки месторождения геостатистику используют для расчета элементов системы опробования качества продукции (руды), детальной оценки запасов выемочных блоков, оптимизации размещения скважин (выработок) эксплуатационной разведки и т.д.

Очень большую отдачу от использования геостатистики могут получить геологи, занимающиеся прогнозированием, проектированием разведочных сетей, оценкой запасов на самых ранних стадиях разведки залежей. Перечень возможностей геостатистики необычайно велик, поэтому каждый грамотный специалист может найти для себя ту область, где геостатистика позволит ему получить дополнительную информацию для принятия более обоснованных решений.

4. Программное обеспечение для горных предприятий

4.1 Недорогие компьютерные программы

Наиболее крупным поставщиком недорогих компьютерных программ в области наук о Земле является компания RockWare, которая регулярно выпускает иллюстрированный список с перечнем и краткой характеристикой предлагаемых продуктов, количество которых более 500. Одни программы предлагаются бесплатно, другие имеют цену от десятков до нескольких тысяч долларов.

Компания также развивает свою систему для автоматизации геологических расчетов и создания чертежей «RockWorks2002», стоимость которой составляет около 1000\$.

Обычный тематический перечень включает в себя разделы:

- Системы автоматизированного проектирования;
- Топография;
- Климатология и погода;
- Химия, кристаллография, минералогия;
- Обработка данных;
- Оцифрование графической документации;
- Горная и нефтяная экономика;
- Геофизика;

- Геомеханические расчеты;
- Гидрогеология;
- Картографирование и ГИС;
- Каркасное моделирование и расчеты объемов;
- Структурная геология, геостатистика, стратиграфия и тектоника плит.

Мощные интегрированные горные системы известны более 30 лет. В большинстве случаев они работают хорошо и продолжают предоставлять горным инженерам большой набор полезных инструментов для моделирования месторождений и горного планирования. Они способны обеспечить все (или некоторые) перечисленные возможности: управление базой данных, всесторонняя обработка исходной информации, моделирование, горное проектирование и календарное планирование.

Однако существуют причины, по которым пользователи стараются найти альтернативное программное обеспечение:

- Интегрированные системы не способны решить все их проблемы. Кроме оплаты за саму систему необходимо потратить много средств на начальное обучение персонала и освоение всех возможностей ИС.

С некоторыми программами интегрированных систем способны работать только эксперты, которые тратят много времени на изучение и использование системы.

Специфические задачи, такие как построение изолиний, могут быть легко и просто выполнены с помощью недорогих программ. Эти же задачи в интегрированных системах тратят много времени и трудозатрат.

Интегрированные системы часто используют собственный формат данных. Импорт/экспорт информации иногда затруднен и в связи с потерей времени. Если даже существуют необходимые интерфейсы, то обычно требуется редактирование введенных данных.

В некоторых ситуациях использование недорогих специализированных программ является оправданным. Эти программы обычно выполняют часть функций, присущих ИС. Однако, почти 80% работ по моделированию, например, могут быть выполнены быстро и качественно (при минимальном обучении) с помощью недорогих программ. Эти системы требуют значительно меньшего времени на установку, меньше усилий на управление базой данных, ввод исходной информации и подготовку информации для вывода графики.

Легкие в использовании недорогие системы могут выполнять широкий круг задач, дополняющих возможности ИС, или могут использоваться самостоятельно для работ по моделированию (в простых условиях) и созданию различных карт. Их применение оправдано в следующих случаях:

- Результаты надо получить очень быстро.
- Требуется оперативная проверка новой информации и соответствия этой информации уже существующим данным. Многие ИС требуют нескольких предварительных операций даже перед тем, как рассчитать основные статистики или построить карту изолиний.

- Специалисты, знающие ИС, отсутствуют в офисе.
- Требуется быстро (вчера) смоделировать простой объект, оценить запасы руды и начертить карты.

Недорогие системы не выдают результат с «изыществом», присущим большинству ИС. Однако, работа может быть выполнена быстро и с достаточной точностью. Такие программы не созданы для моделирования и планирования работы больших и сложных объектов. Их масштаб малые и средние месторождения, а также крупные, но очень простые залежи. Крупные предприятия могут использовать недорогие системы как инструмент для решения частых задач, например – создание планов изолиний, геологических сечений в отдельных частях месторождения, а так же для некоторых экологических задач.

Недорогие системы являются альтернативой более дорогим и сложным ИС для моделирования и горного планирования. Любая новая программа должна хорошо стыковаться с уже имеющимися на предприятии системами. Если компания уже использует сеть и другие системы, то обычно существуют ограничения для использования полученных результатов в этих программах.

4.2 Интегрированные системы

Кроме недорогих программ на компьютерном рынке в настоящее время предлагается свыше 10 интегрированных систем. Обычный набор функций интегрированной системы включает в себя:

- Управление Базами Данных;
- Интерактивная 3-х мерная графика и картирование;
- Статистическая и геостатистическая обработка информации;
- Трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- Проектирование открытых и подземных работ;
- Планирование развития рудников и календарное планирование;
- маркшейдерские расчеты.

В системах разных компаний обычно предлагаются дополнения к стандартному набору, которые заметно расширяют возможности программного продукта. Большинство ИС работают с различными операционными системами (Windows, Unix и т.д.) на любых платформах, а также имеют интерфейсы для работы с практически любой периферией (плоттерами, дигитайзерами, сканерами, стримерами и т.д.).

Они представляют пользователю колоссальный набор инструментов и стоят достаточно дорого (10-70 тыс. долларов и более в зависимости от количества модулей и числа пользователей). Большинство серьезных систем рассчитано на работу в многопользовательском режиме в сетях. Такая конфигурация позволяет очень быстро обрабатывать громадные объемы информации, одновременно запускать несколько программ, а также в полной мере использовать все возможности 3-х мерной динамической графики.

Ниже приведена краткая характеристика наиболее распространенных в мире интегрированных горных систем.

1) Австралийская компания KJRA Systems, являющаяся членом известной группы компаний MAPTEK, разработала и продает мощную и достаточно дорогую интегрированную систему «Vulcan», имеющую большой набор модулей для решения самых разных задач в области геологии, горного дела, маркшейдерии, экологии:

- Набор программ для детальной обработки геологоразведочной информации;
- Инструменты для моделирования геологических объектов, в том числе месторождений нефти и газа;
- Геостатистическое исследование месторождений и различные виды кригинга;
- Моделирование и расчет гидрогеологических характеристик объектов;
- Проектирование карьеров и подземных рудников на рудных и пластовых месторождениях;
- Моделирование устойчивых бортов карьеров;
- Контроль качества добываемой руды;
- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках;
- Оптимизация календарного плана горного предприятия;
- Проектирование генпланов предприятий;
- Моделирование экологических ситуаций;
- Детальные маркшейдерские расчеты, графика. Использование возможностей систем точного географического позиционирования (GPS);
- Возможность высокоточного лазерного моделирования объектов;
- интерфейсы для импорта/экспорта информации для большинства горных систем общераспространенных пакетов программ

2) Австралийская компания Mincom PtyLtd разработала и предлагает на рынке систему Minescape (а также программы Elipse, MineStar и MineMarket), которая изначально была предназначена для угольных предприятий. Сейчас система может с успехом использоваться на горных предприятиях, разрабатывающих любые типы твердых полезных ископаемых. Компания предлагает не только компьютерные программы, но и готовые технические решения, разработанные на их основе.

Пакет MineStar включает в себя:

- Оптимизацию рудопотоков предприятия в реальном времени;
- Контроль и управление работой рудничного оборудования.

Пакет Elipse позволяет:

- Управление и учет работы рудничного транспорта, ведение базы данных по всем потокам – от капитальной вскрыши до получения металлов на заводе;
- Контроль за работой, простоями и ремонтом горного оборудования.

Пакет Minescape включает в себя:

- Возможности моделирования и оценки месторождения;
- Инструменты для планирования карьеров и шахт;
- Возможность управлять этими процессами с учетом разных критериев и ограничений.

Пакет MineMarket позволяет:

- Получать информацию о содержании, местонахождении и качестве всех видов продукции предприятия в течении прохождения ими производственного цикла;
- Следить за продажей выпущенной продукции в соответствии с заключенными контрактами, уровнем цен и получаемой выручкой.

3) Компания Mineral Industry Computing Ltd разработала и постоянно совершенствует интегрированную систему ДАТАМАЙН. Не так давно была выпущена принципиально новая версия - Датамайн-Студио.

Это одна из наиболее распространенных в мире систем (более 300 пользователей, в том числе: МНПО «Полиметалл», АК «Алмазы России-САХА», Институт Гипроникель, АО «Карельский Окамыш»), позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач. Она работает на всех стандартных платформах со всеми главными операционными системами. Система состоит из Ядра и Модулей Расширения, которые выбираются пользователем применительно к своим потребностям.

Основные модули Датамайн-Студио:

- Моделирование месторождений;
- Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей;
- Моделирование складчатых структур;
- Многомерная статистика;
- Геостатистический анализ месторождений;
- Маркшейдерские построения и расчеты;
- Проектирование и планирование открытых горных работ;
- Календарное планирование горных работ;
- Оптимизация процесса усреднения руды;
- Краткосрочное планирование горных работ;
- Система управления запасами руды на складах;
- Проектирование и планирование подземных горных работ;
- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках;
- Оптимизация размещения и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках методом плавающего конуса;
- Трехмерный Стереонет.

Кроме самой системы Датамайн компания продает пакет программ (систему) NPV Scheduler. Этот пакет состоит из 4-х частей, выполняющих:

- построение конечного оптимального карьера (алгоритм Lerchs-Grossman) и фаз его развития (MAXIPIT)
- создание этапов отработки месторождения (PUSHBACKS)

- создание оптимального календарного плана отработки карьера (PRODUCTION SCHEDULE).

- оптимизацию системы рудопотоков горного предприятия

Первая программа - MAXIPIT использует блочную модель месторождения, импортируемую из Датамайн (или любых других горных пакетов) без предварительного создания регулярной модели. Далее она создает собственную экономическую модель месторождения с учетом разработки и переработки даже очень сложных многокомпонентных руд с различными ценами, затратами и параметрами извлечения.

Затем создается модель безопасных бортов будущего карьера, которые могут иметь очень сложную форму и углы наклона. Задаются коэффициенты дисконтирования и производительность карьера, а также максимальное количество промежуточных оптимальных карьеров (зон), из которых в будущем может быть выбран действительно оптимальный карьер.

Оптимизация может быть произведена по различным критериям, в том числе - по критерию, созданному пользователем.

Наиболее часто используемый критерий - максимального значения приведенного дохода за весь срок существования предприятия - max NPV (Net Present Value).

На выходе из программы для каждого карьера рассчитывается:

- Рекомендуемое экономическое бортовое содержание для всех полезных ископаемых

- Поток денежных средств (CashFlow), \$

- Количество горной массы в контуре карьера, тонн

- Количество руды разных видов с учетом разубоживания, потерь и бортового содержания, тонн

- Количество всех извлекаемых металлов после переработки руды (золото и серебро в слитках), кг

- Оценка NPV, \$

- Время работы карьера, лет

Программа рассчитывает также оптимальную последовательность извлечения запасов месторождения.

Вторая программа пакета позволяет разбить карьер на наиболее выгодные этапы (pushbacks) с соблюдением всех горных ограничений и сохранением максимально возможного выбранного экономического критерия.

Третья программа создает оптимальный календарный план на любой требуемый отрезок времени. При этом пользователь может использовать практически любой из требуемых спецификой производства экономических или технических критериев оптимизации. Можно очень быстро рассчитать несколько программ для различных критериев и выбрать наилучший из них.

Четвертая программа оптимизирует производительность предприятия и бортовое содержание в поставляемой на переработку руде. Она позволяет

включать в процесс оптимизации все имеющиеся на карьере рудные склады, а также потоки руды, поставляемые с других горных предприятий.

Все программы имеют современный дружественный интерфейс пользователя и позволяют использовать импорт и экспорт практически любых данных. В конце работы каждой программы инженер получает подробный отчет о результатах расчетов.

Программы позволяют также выполнять разнообразную графику для последующего использования ее в анализе результатов и в различных отчетах:

- Планы, разрезы и изометрические проекции моделей месторождения и карьеров;

- Графики изменения всех используемых и полученных параметров во времени и кумулятивные графики.

4) Южноафриканская (бывшая канадская) компания Lynx Geosystems S.A. (Pty) Ltd предлагает на рынке свою систему, которая включает в себя стандартный набор функций с развитым геостатистическим модулем и ориентацией на решение экологических проблем. Она включает в себя следующие основные модули:

- 3-х мерное геологическое моделирование объектов и поверхностей;

- Геостатистика и оценка запасов месторождений;

- Проектирование и планирование подземных горных работ;

- Проектирование и планирование карьеров с их оптимизацией;

- Инженерно-геологические расчеты, проектирование рудных складов и отвалов;

- Программа «Геолог» для сбора и обработки полевой геологической информации;

- Планирование горных работ, управление работой оборудования и рабочей силой;

- Создание рабочих чертежей для горного производства;

- Маркшейдерские расчеты.

5) Американская компания Mintec Ino. «<http://www.mintec.com/>» сравнительно давно (с БО-х годов) одна из первых вышла на рынок со своей интегрированной системой Medsystem. Фирма насчитывает более 300 пользователей и в последнее время стремится дать системе второе дыхание. Новое название главного компьютерного продукта - MineSight

Система особенно широко распространена на горных предприятиях США и Канады. Она имеет кроме Ядра 5 основных модулей, каждый из которых - набор нескольких или многих специализированных программ:

- Геологический модуль;

- Обработка данных по скважинам, статистика и компонование;

- Блочное моделирование;

- Геостатистика;

- Оценка запасов руды;

- Горно-инженерный модуль (карьеры);