

ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



УДК 004.4:553.411 (575.14)

© М.У.Исоков, Т.Р.Салиев, 2014

ПРИМЕНЕНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЫЗЫЛАЛМА, УЗБЕКИСТАН

М.У.Исоков, Т.Р.Салиев (Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз)

Рассмотрены применение современных горно-геологических информационных систем (ГГИС) и результаты исследовательской работы для инженерного обеспечения горного производства на примере золоторудного месторождения Кызылалма золото-сульфидно-кварцевого геолого-промышленного типа.

Ключевые слова: ГГИС, блочное моделирование, месторождение, подсчет запасов.

Исоков Максуд Узакович, gpniiimr@evo.uz, Салиев Тимур Рашидович, timur_saliev@mail.ru

THE APPLICATION OF MINING-GEOLOGICAL INFORMATION SYSTEMS BY THE EXAMPLE OF KYZYLALMA GOLD DEPOSIT, OZBEKISTAN

M.U.Isokov, T.R.Saliev

The application of modern mine-geological information systems (MGIS) and the results of the research work for the engineering support of mining production on the example of Kyzylalma gold field, gold sulphidic and quartz geological and industrial type.

Key words: MGIS, block modeling, deposit, resource estimation.

Рентабельность горных предприятий во многом определяется состоянием запасов. Современные методы управления ресурсами и запасами основываются на применении информационных технологий. Одно из направлений их применения для решения различных информационно-аналитических задач — горно-геологические информационные системы. Интегрированные системы ГГИС высокого класса позволяют решать многие проблемы, возникающие на различных стадиях геологоразведочных работ и проектирования. С помощью мощного математического аппарата, заложенного в таких системах, и проводимых на их основе расчетных процессов можно моделировать динамику развития горных работ. По результатам вычисления статистических характеристик устанавливается зависимость производительности блока по добыче руды от ее промышленных запасов в блоке на конец запланированного периода отработки из числа эксплуатационных блоков, подлежащих отработке. На этом основании определяется необходимое количество блоков с промышленными запасами руды со средними содержаниями в них полезного компонента, которые обеспечивают необходимые плановые показатели горного предприятия по количеству руды заданного качества. Особое внимание при этом отводится созданию информацион-

ного банка данных по различным стадиям проведения горно-геологических работ [4].

В настоящее время практически все крупные горные предприятия в той или иной мере используют в своей работе интегрированные ГГИС. По функциональному наполнению, имея много общего с традиционными ГИС, эти системы отличаются рядом особенностей, главными из которых являются: изначальная ориентировка на решение 3D-задач в связи с естественной трехмерностью (объемностью) размещения геологических показателей и атрибутов в недрах месторождения; применение широкого комплекса методов математического моделирования для описания строения залежей; необходимость автоматизированного создания многослойных детальных карт, планов и разрезов масштабного ряда от 1:100 до 1:5000; наличие модулей или подсистем решения специальных технологических задач (от подсчета объемов и запасов до календарного планирования и оптимизации добычи); возможность визуализации динамических, изменяющихся во времени моделей для наглядного графического представления результатов работы.

Практически все ведущие ГГИС имеют ядро в виде собственных СУБД с оригинальным форматом хранения данных, хотя в последнее время наметилась тенденция к переходу на MS Access, SQL,

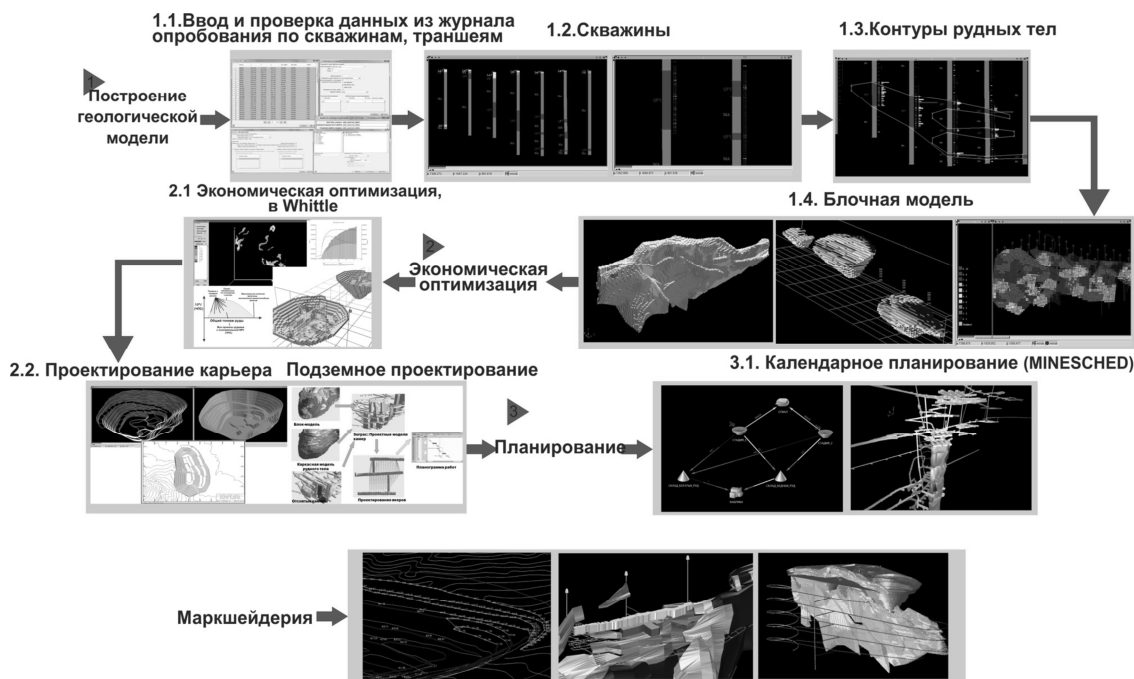


Рис. 1. Этапы работ в горно-геологических интегрированных системах на примере ГГИС Surpac и GEMS

Oracle и установлению тесного взаимодействия с другими базами данных через механизм ODBC. Обычный набор пространственных типов данных: точки (points), траектории опробования (drillholes), полилинии и полигоны (strings, polygons), сети триангуляции, регулярные решетки и блоки (grids, blocks), нерегулярные сеточные модели данных и сети конечных элементов (meshes), каркасные модели (solids) [1].

Для подсчета запасов некоторых типов осадочных и россыпных месторождений бывает достаточно построить по 2D-точкам сеть триангуляции Делоне и двойственную ей диаграмму Вороного, чтобы потом с приемлемой точностью оценить запасы полезного компонента. В общем случае, однако, необходимо выполнять построение полностью трехмерной блочно-каркасной модели, учитывающей тектонические нарушения, структурно-текстурные особенности массива, размытость границ рудных тел с вмещающими пустыми породами [1].

Частой проблемой горнорудных предприятий, которые прежде не использовали ГГИС, является то, что вся информация (геологические карты, разрезы, проекции на вертикальную и горизонтальную плоскости и т.д.) не обеспечена возможностью ее оперативной актуализации. В процессе эксплуатационной разведки и ведения добычных работ эти материалы постоянно детализируются. Кроме того, при изменении цен на добываемое сырье расчетные кондиции, обеспечивающие прибыль предприятия, могут изме-

няться. С помощью ГГИС можно решать эти проблемы как посредством стандартных модулей, которые используются в системах, так и посредством интеграции с внешними графическими приложениями (AutoCAD, Mapinfo и т.д.). Использование соответствующих плагинов позволяет произвести как импорт, так и экспорт данных в эти приложения.

Работа с интегрированными системами, включающими геологическую, маркшейдерскую, горную и экономическую части, может быть представлена в виде этапов (рис. 1), которые необходимо пройти для получения результатов при использовании системы.

Выделяются следующие этапы:

из журналов опробования вводятся данные по скважинам, канавам, траншеям, подземным горным выработкам (местонахождение пробы, интервал и результаты опробования);

по результатам опробования выделяются рудные интервалы (композицы) в зависимости от кондиций (бортное содержание, минимальный рудный интервал, максимальный безрудный интервал и т.д.). По ним оконтуриваются рудные тела на погоризонтных планах и вертикальных разрезах, после чего строятся трехмерные каркасные модели рудных тел (solid);

параллельно отстраивается геологическая модель месторождения (основные структуры, рудовмещающие породы) для последующего уточнения и корректировки параметров рудных тел;

модель месторождения для геологической оптимизации разбивается на блоки (блочная модель) с

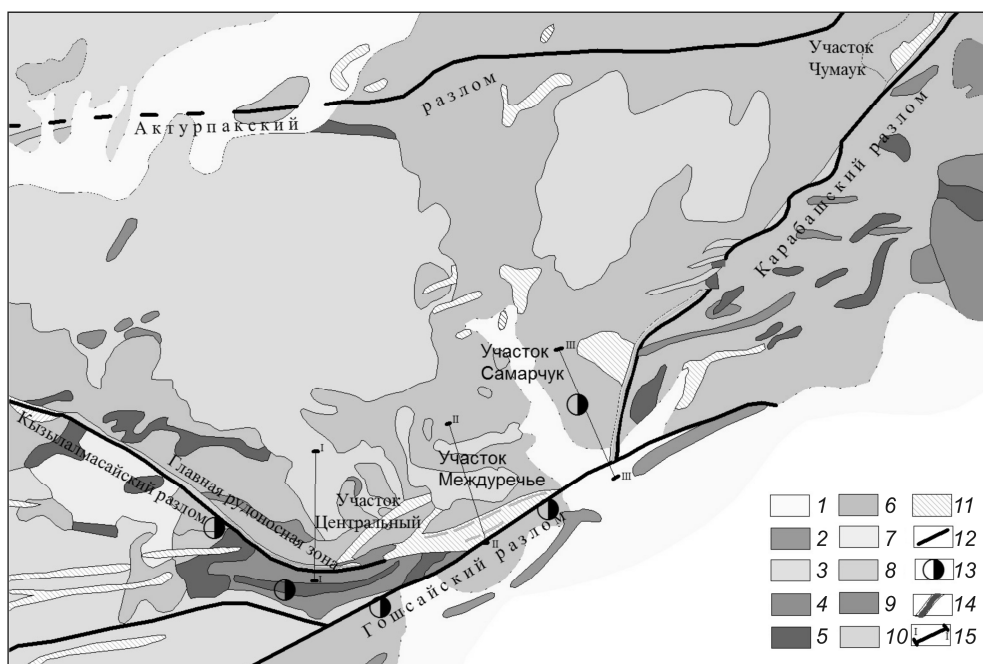


Рис. 2. Геологическая карта золоторудного месторождения Кызылалма, составил Н.Ф.Рафиков по материалам О.В.Белоплотовой, М.О.Сулейманова:

1 — современные рыхлые отложения; 2 — известняки палеогеновые; 3 — трахидацитовые порфиры, туфы, туфолавы, игнимбриты трахидацитового состава; 4 — фельзиты, гранит-порфиры, граносиениты и кварцевые диоритовые порфиры; 5 — сиенит-диоритовые порфиры; 6 — туфы, лавы, игнимбриты дацит-андезитового состава; 7 — габбро-диориты; 8 — граниты; 9 — метаморфические сланцы; 10 — кварцевые жилы и зоны интенсивного окварцевания (>50%); 11 — гидротермально измененные породы; 12 — разломы, тектонические трещины; 13 — золоторудные участки; 14 — золоторудные тела; 15 — шахты (1 — Главная, 2 — Вентиляционная, 3 — Разведочная)

последующим подсчетом запасов (поддерживает все известные методы подсчета). Программное обеспечение позволяет вносить данные о всех физико-механических свойствах вмещающих пород и руд, что облегчает возможность сортировки последних. Далее блочная модель импортируется в программу экономической оптимизации (промышленный стандарт технико-экономической оптимизации карьера), при помощи которой по заданным экономическим параметрам отстраивается оптимальный (с экономической точки зрения) контур карьера. Определяются оптимальные граница открытой и подземной отработки месторождения;

оптимальный контур возвращается из экономического блока в исходную программу, где отстраивается проектный контур карьера с бермами, дорогами с учетом уклона и углов бортов карьера. Кроме того, имеются возможности проектирования и проведения подземных горных выработок, проектирования и сортировки отвалов вскрышных пород и забалансовых руд (маркшейдерский модуль);

проектный контур карьера и (или) план подземной отработки месторождения передается специалистам для календарного (долгосрочного и опера-

тивного) планирования и ведения горных работ с расстановкой оборудования (модуль планирования горных работ — MINESCHED);

параллельно могут проводиться работы по сбору информации и фактическому состоянию горных работ, создаваться проекты буровзрывных работ БВР [3].

В зависимости от поставленных геологических и технико-экономических задач реализуются необходимые этапы вышеописанной технологии.

В Научно-исследовательском институте минеральных ресурсов Госкомгеологии РУз с помощью ГГИС «Supras», продукта компании GEMCOM (в настоящее время GEOVIA), являющейся одним из общепризнанных мировых лидеров в области программного обеспечения горно-геологического профиля, проведена исследовательская работа для инженерного обеспечения горного производства на шахтах Разведочная и Главная золоторудного месторождения Кызылалма золото-сульфидно-кварцевого геолого-промышленного типа [2].

Месторождение Кызылалма Кызылалмасайского рудного поля расположено в 10 км от г. Ангрен в Ташкентской области (рис. 2). Рудное поле приуро-

чено к восточному флангу Шаваз-Дукентского вулканотектонического грабена, на севере ограниченного серией разломов северо-восточного простирания, на юге — Гошсайским разломом. На востоке структура прерывается Бабайтаудорской кальдерой, выполненной пермскими риолитами. В пределах рудного поля развиты средне-верхнекаменноугольные вулканы среднего состава, залегающие на каледонских и герцинских гранитоидах. Каледонские гранитоиды содержат множество блок-ксенолитов ордовик-нижнесилурийских глинистых сланцев.

Минерализованные зоны месторождения Кызылалма и рудопоявления рудного поля контролируются северо-западным Кызылалмасайским, субширотным Гошсайским, северо-восточным Карабашским разломами и далее, за Туячавульским разломом, — зоной северо-восточного простирания, прослеживающейся до р. Дукент, где она погружается под риолиты. Эта система минерализованных разломов вписывается в тектоническую динамопару крупных левосторонних сдвигов ограничивающих разломов.

При приближении Кызылалмасайского разлома на северо-западном фланге к зоне Кызкурганского первый расщепляется и затухает. Описываемый блок (Кызылалмасайский) включает почти все промышленные рудные скопления. Левобережный блок (междуречье Карабау–Дукент), ограниченный с юга Туячавульским разломом, прослеживается до р. Дукентсай. В его пределах на левом борту р. Карабау к северо-западному контакту Алтындыкской экструзии приурочено золото-серебряное рудопоявление Левобережное.

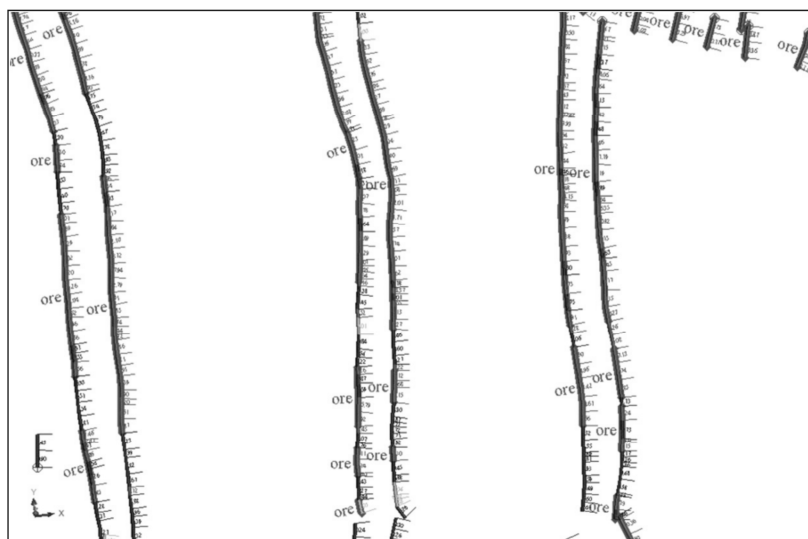


Рис. 3. Композиты для каркасной модели рудных тел

Минерализованная зона месторождения Кызылалмасай на всем своем протяжении располагается в рассланцованных двуслюдяных каледонских гранитах, насыщенных дайковыми образованиями, и лишь частично — на их контакте с вулканитами нижней и средней пачек наadakского комплекса. На северо-западном фланге в Кызылалмасайском разломе она представлена серией крутопадающих на северо-восток жил и прожилков кварца, сосредоточенных в зоне метасоматически преобразованных пород шириной до 150 м и протяженностью ~1500 м. В северо-западном направлении зона расщепляется, теряясь в осветленных пропилитизированных, интенсивно выветрелых породах. Повышенные содержания золота в ней отмечены на Северо-Западном участке, где Кызылалмасайский разлом меняет простирание на запад–северо-западное.

На месторождении установлены тела двух морфологических типов: удлиненные ленто- и линзообразные с изгибами по простиранию и падению, а также небольшие по простиранию тела столбооб-

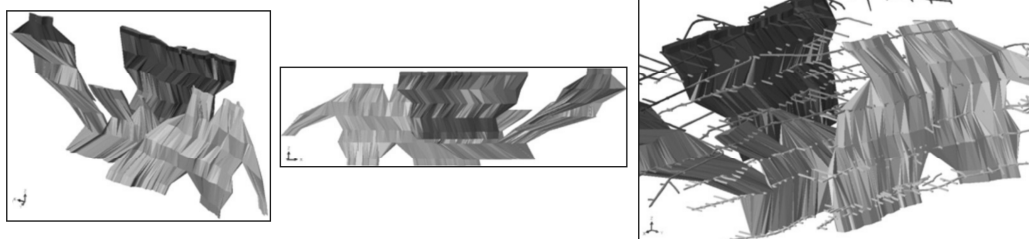


Рис. 4. Трехмерные каркасные модели рудных тел

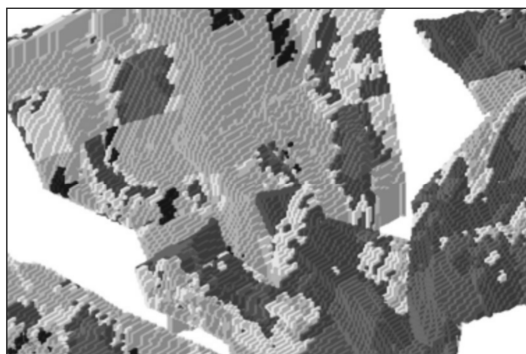


Рис. 5. Фрагмент блочной модели

разной формы [5]. Границы рудных тел не совпадают с границами зон окварцевания и определяются по данным опробования.

Для создания базы данных использована первичная информация по разведке месторождения Кызылалма, в которую вошли планы опробования канав, штольни 10 и шести шахтных горизонтов. Ввод данных осуществлялся посредством MS Excel при перехлестном набивании. Каждая таблица вводится двумя операторами, затем третий оператор проверяет наличие ошибок и только потом таблица пополняет базу данных MS Access. Эта схема снижает риск как случайных, так и систематических ошибок при вводе информации. На основе созданной базы данных по требуемым кондициям выделялись рудные интервалы (рис. 3). Рудные интервалы служили основой для последующего каркасного моделирования рудных тел, которое осуществлялось с учетом геолого-структурных особенностей месторождения по контурам, интерпретированным по планам (в основном) и разрезам (рис. 4).

По результатам геостатистического моделирования построена блочная модель с проинтерполированными по каждому блоку значениями признака (признаков), на основе которой проведен многовариантный подсчет запасов золота и серебра (рис. 5). Результаты подсчета запасов руды и металла методом блочной модели апробированы экспертным методом параллельных горизонтальных разрезов, неоднократно получавшим положительную оценку в Государственной комиссии по запасам. Сопоставление показало, что основные подсчетные показатели по месторождению находятся в пределах допустимых технических погрешностей, %: по руде 2, по запасам золота 7, серебра 5,5. Различия в итоговых запасах золота и серебра обусловлены неодинаковыми подходами в выделении и ограничении проб с ураганными содержаниями благородных металлов.

Таким образом, создание электронных баз данных графических и аналитических материалов разного направления (порядка), применение на их ос-

нове современных ГГИС позволяют оперативно учитывать изменение конъюнктуры мирового рынка, горно-геологические параметры месторождений, т.е. максимально оптимизировать условия эффективной технологии разработки.

Построенная модель месторождения может использоваться для подсчета его запасов, оперативной корректировки данных по блочной модели в связи с поступающей информацией, оптимального проектирования горнодобывающего предприятия, а также кратко-, средне- и долгосрочного планирования горных работ на действующем предприятии.

Современные ГГИС для моделирования месторождений — эффективный инструмент обработки и анализа геологоразведочной информации. Однако их использование осложняется спецификой получения, обработки, хранения и представления геологических данных на конкретных месторождениях, что делает необходимой адаптацию ГГИС непосредственно к каждому объекту.

Блочное моделирование с применением индикаторного кригинга позволяет снизить влияние рассеянных высоких содержаний на пространства, для которых содержания определяются пробами из популяций с более низким фоном содержаний. В случае пространственного совмещения популяций это дает более достоверный результат.

Практическое построение блочных моделей месторождений на основе ГГИС с многовариантными методами подсчета запасов и геостатистическим моделированием позволяет применять к ним международные классификации запасов (Международная Рамочная Классификация ООН, кодекс JORC и т.д.). В соответствии с последними блочная модель может дополнительно оцениваться по категориям достоверности в связи с имеющейся информацией. В результате категория запасов может быть снижена, что дает возможность учитывать риски использования первичных геологоразведочных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев П.В. Развитие горно-геологических информационных систем <http://www.gisa.ru/12217.html>.
2. Геолого-промышленные типы, оценка и разведка золоторудных месторождений Узбекистана. Методические рекомендации / В.Я.Зималина, И.М.Голованов, М.У.Исоков и др. — Ташкент: Фан, 2008.
3. Данные компании GEMCOM (GEOVIA).
4. Ляшенко В.И. Развитие методов управления запасами руд при подземной разработке месторождений сложной структуры // Горный журнал. 2005. № 6.
5. Рудные месторождения Узбекистана / Под ред. И.М.Голованова. — Ташкент: Фан, 2001.