

МОДЕЛИРОВАНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СРЕДЕ DATAMINE ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (методические и правовые аспекты)

За 10 лет использования модуля Datamine в «Гипроникеле» были созданы объемные модели месторождений Норильска и Печенги, алмазных трубок Якутии, крупных золоторудных месторождений, залежей железной руды, бокситов и других объектов. Моделирования самих рудных залежей обычно недостаточно для проектирования объемов вскрыши, оптимизации контура карьеров, учета физико-механических свойств пород вмещающей толщи и других факторов, требующих разной технологии горных работ. Основные трудозатраты в этой системе приходится на формирование базы данных; последующая их обработка требует меньше времени. Применение Datamine окупается при продолжительной работе с объектом и может быть неоправданным при небольших эпизодических проектах. В систему не включены некоторые формы табличных документов, необходимые в составе проектов; нет определения длины рудных интервалов при разных кондициях, и приходится использовать собственные программы для их расчета. Надписи на графике возможны только на латинице. Фирмы-производители должны русифицировать свои программные продукты для их продвижения на российском рынке и учитывать требования проектных организаций. Правовая база компьютерного моделирования геологической среды в России не разработана, нет государственных стандартов работы в «цифровом формате», ни одна из программ в России не аттестована. Необходимо замена действующих «Методических рекомендаций по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых». Приведены рекомендации к программе правовых основ применения компьютерных методов моделирования рудных объектов и оценки их запасов.

During 10 years the module Datamine was used in «Gypronickel» for volumetric modeling of ore fields of Norilsk and Pechenga, diamond pipes of Yakutia, large goldfields, deposit of iron ore, bauxites, and other useful minerals. It is usually not enough to simulate the ore deposits for designing bulks of an overburden, optimization of an outline of opencasts, record-keeping of physical-mechanical characteristics of rocks and other factors requiring different know-how of mining operations. The most expenditures of labor are required in this system for the forming of primary database; their consequent treating needs less time. The applying Datamine pays off by rather long-lasting operations with a mine, and can be unjustifiable in using at the small incidental designs. Some patterns of the tabular documents indispensable in composition of mining projects are not included in the system; there also is no determination of length of ore thickness at different quality requirements, and it is necessary to utilize own programs for their account. The inscriptions on placards (plans and profiles) are possible only in Latin alphabet. The corporations-producers owe to Russify the software products for their advance in the Russian market, taking into consideration the requests of design entities. The legal base for application of computer simulation of geologic environment in Russia is not approved, there are no state standards of operation in the digital format, any programs in Russia aren't certificated. The acting official «Methodical recommendations for feasibility reports on mineral conditions» require principal renovation. There are some recommendations for improvement of legal base of computer methods in estimating reserves of mineral deposits.

Использование геологического модуля Datamine для трехмерных построений при проектных работах имеет в ОАО «Институт Гипроникель» десятилетнюю историю, от освоения DOS-версии до работы с Datamine Studio. За этот период создавались объемные модели и отдельных рудных тел, и рудных полей для ряда месторождений Норильского (Талнах, Октябрьское и др.) и Печенгского (Ждановское, Котсельваара-Семилетка и др.) рудных районов, алмазных трубок Якутии (Мирная, Удачная, Интернациональная), золоторудных месторождений Сухой Лог и Партизанского рудного узла, железорудных месторождений Костомукши и Корпанга, многочисленных месторождений бокситов, черных металлов (Сопчеозерское, Гремяха-Вырмес) и ряда других объектов. В последние годы технология Datamine активно используется в институте при проектировании карьеров и постепенно внедряется в разработки подземных рудников.

Основой геологического моделирования является создание базы данных, включающей графические, числовые и текстовые материалы. Графика (планы поверхности, геологические планы и разрезы, планы подземных горизонтов, блокировки запасов и т.п.) вводится из источников с максимальной достоверностью. Обычно это материалы подсчета запасов, утвержденных ГКЗ, с дополнительными данными разведки и эксплуатации, полученными горнодобывающим предприятием. Материалы сканируются, переводятся в векторный формат (программы RastrDeskPro, CADOverlay), преобразуются в истинные координаты и импортируются в Datamine. Текстовые и цифровые данные формируются в виде таблиц (Excel) и также импортируются в DM-формат.

Обычно блоки данных представлены файлами координат устьев скважин и других горных выработок, инклинометрии, опробования, литологии, физико-механических свойств пород и могут быть дополнены любыми другими сведениями, необходимыми для решения конкретных задач. Программными средствами Datamine эти данные преобразуются в сводные файлы сква-

жин (holes.dm), где каждый элемент информации (рядовая проба, интервал пород определенного типа и т.п.) имеет координаты привязки в пространстве. Возможность компонования этих данных по тем или иным параметрам (равной длине проб, высоте уступов карьера или выемочного блока, по рудному интервалу и т.п.) и статистическая обработка полученных массивов позволяют оперативно оценивать характер распределения параметров рудных объектов в первом приближении. Таким образом, вся совокупность введенной в Datamine информации представляет собой универсальную трехмерную базу данных по рудным объектам, которую можно оперативно корректировать и восполнять.

Важный этап создания моделей рудных тел – их геометризация в пространстве и построение каркасов. Здесь определяется точность оценки объемов руды. В зависимости от морфологии рудных тел, системы их разведки, способа подсчета запасов выбирается и метод построения каркасов: по вертикальным или горизонтальным сечениям, с построением кровли и подошвы залежей по координатам их пересечений разведочными выработками, скважинами и т.п. Параметры рудных тел, разведочной сети, предполагаемой системы разработки определяют размеры основной ячейки мелкоблочной модели и степень ее деления на подъячейки. Руда или геометризуется в соответствии с утвержденными кондициями, или отстраивается несколько вариантов (при разных значениях бортового содержания) при составлении ТЭО кондиций.

Следующий этап моделирования – заполнение ячеек модели информацией о содержании полезных компонентов и другими показателями качества руды, в зависимости от ее специфики. Эта операция выполняется программными средствами Datamine методами интерполяции первичной или компонованной информации, содержащейся в базе данных – файлах «holes.dm». Обычно используется метод обратных расстояний в процессах GRADE и ESTIMA. Сформированная мелкоблочная модель является основой для оценки запасов и качества руды

в любых частных объемах (геологических, эксплуатационных блоков, по горизонтам добычи и т.п.).

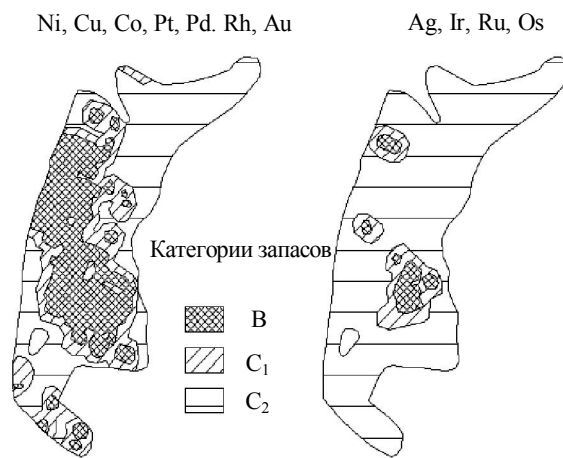
Зачастую создание модели рудных залежей недостаточно для дальнейшего процесса проектирования. Кроме нее необходимы еще автоматизированная оценка объемов вскрыши, использование NPV Scheduler для оптимизации контуров карьеров, учет физико-механических и опасных свойств вмещающих пород (газонасыщенности, обводненности и др.), требующих применения разных способов и технологий горных работ. В таком случае создается общая геологическая модель месторождения (рудного поля). Мелкоблочная модель вмещающих пород обычно выполняется бескаркасной и заполняется информацией (литология, физико-механические свойства и др.) путем интерполяции исходных данных методом ближайшей пробы с учетом залегания пород.

При значительной изменчивости элементов залегания моделируемый объем разбивается на участки с однородной структурой; иногда, при необходимости более точной геометрии тех или иных геологических образований, формируются комбинированные: каркасные и бескаркасные – модели вмещающих пород. Так, геологическая модель складчатой структуры месторождения Сухой Лог выполнялась в подразделениях традиционной легенды, а толща пород, вмещающих алмазонасущую трубку Удачная, ранжирована по температурным градиентам.

Использование системы приемов и методов моделирования геологических объектов в среде Datamine с их увязкой в единый технологический процесс является важным фактором повышения производительности и качества проектных разработок на разных их стадиях. При этом первичная стадия формирования базы данных требует наиболее значительных трудозатрат, иногда превышающих последующую обработку материалов. Эти затраты вполне окупаются при продолжительной регулярной работе проектной организации на объекте, но могут оказаться неоправданными при эпизодическом выполнении небольших проектов.

Как пример оперативного подсчета запасов рассмотрим один из участков Талнахского месторождения (рудник «Скалистый», залежь Северная-1). Залежь локализована в восточном лежащем боку мощной зоны Норильск-Хараелахского разлома на глубине от 800 до 1000 м и была разведана в 1987 г. скважинами с поверхности. По данным около 50 разведочных пересечений по относительно регулярной сети 100 × 100 м были подсчитаны запасы категорий C₁ и C₂ в соотношении 3:1. В дальнейшем, при подготовке к разработке, на большей части залежи была проведена эксплуатационная разведка: из подземных горных выработок пробурено около 300 скважин с доведением плотности разведочной сети до 30 × 30 м. По этим материалам были построены каркасная и мелкоблочная модели залежи, которые позволили детализировать ее морфологию, а также оценить запасы и качество комплексных руд с определением достоверности этой оценки (см. рисунок).

Предварительная оценка однородности массива данных опробования проводилась квантильным методом, заполнение мелкоблочной модели – процессом ESTIMA, методом обратных расстояний с первым радиусом поиска 30 м и его последующим удвоением. Результаты моделирования показали, что при достигнутой изученности 65 % запасов рудной залежи соответствуют «достоверным запасам», 17 % – «вероятным за-



Достоверность оценки запасов залежи Северная-1 по мелкоблочной модели

пасам» и 18 % – «вероятным ресурсам», что по российской классификации интерпретируется как категории В, С₁ и С₂. Такое соотношение характерно для руды и основных ее компонентов: Ni, Cu, Co, Pt, Pd, Rh, Au; притом к категории В + С₁ можно отнести лишь 30 % запасов Ag, Ir, Ru, Os в связи с более редкой сетью опробования на эти компоненты. Аналогичным образом были отстроены каркасные и блочные модели залежей медистых руд, которые участками перекрывают или подстилают богатую залежь. Совмещенная модель представляет собой основу для дальнейших построений проектов и планов горных работ, для оценки размера запасов и качества руд в любых частных объемах: геологических блоках, выемочных панелях, лентах и т.п.

О некоторых проблемах обработки материалов Datamine. Подготовка проектной документации для представления заказчику требует большого объема работы по оформлению графических, текстовых и табличных материалов. В принципе все они достаточно просто создаются в программе Datamine, но ряд проблем возникает при их чистовом, окончательном оформлении. Формирование некоторых табличных документов, входящих в состав проектов, просто не заложено в процессы программы, вероятно, из-за того, что они не требуются в проектах за рубежом.

Как правило, чертежи выполняются в графическом редакторе AutoCAD, но демонстрационная графика чаще готовится в PhotoShop, PowerPoint или CorelDraw. Надписи на графике возможны только на латинице; от кириллицы необходимо избавляться и во входных, импортируемых данных. Эта проблема должна решаться русификацией программ самими фирмами-производителями, если они заинтересованы в продвижении своей продукции на российском рынке. В идеальном варианте адаптация предполагает объемную кропотливую работу с учетом условий и требований отечественных геолого-разведочных и проектных организаций.

Программа дает возможность использовать разнообразные варианты штриховки,

но заполнение ею замкнутых контуров на чертежах поддерживается только при прямом подключении компьютера к плоттеру. Если пользователи связаны с одним плоттером через сервер, то использование этой функции невозможно. Целесообразно создать процесс формирования файла в формате PLT, способном воспроизводить штриховку программы на плоттере. Построение различных типов изолиний организовано в Datamine удобно и технологично. И все-таки более качественно графические построения такого типа выполняются программой Serfer, хотя и ценой больших усилий.

Для обоснования систем разработки и выбора параметров добычного оборудования технологом необходимы данные о морфологии отдельных участков залежи, о распределении запасов по блокам с разными классами истинной мощности. Напрямую эту информацию нельзя получить ни из модели (и каркаса) рудного тела, ни из файла скважин, часто распределенных неравномерно по участкам с разной детальностью разведки. Статистику истинных мощностей можно получить по набору отрезков, близких по ориентации к истинной мощности. Они образуются процессом Generate Multiple Slices пересечением залежи специально построенными вспомогательными плоскостями: вертикальными, по направлению падения и поперечными к нему – с любым заданным шагом в контуре сформированного каркаса. Если у рудного тела велика изменчивость элементов залегания, то его приходится делить на участки со значениями в пределах технологического класса и расчеты выполнять по ним отдельно, с последующим суммированием.

При субгоризонтальном или субвертикальном залегании рудных тел возможно применение процесса MODTRA на базе построенной мелкоблочной модели с созданием сети псевдоскважин, пересекающих модель с заданным шагом. Такая манипуляция обеспечивает выборку данных, распределенных по регулярной сети, с достаточной для решения горно-технических вопросов проектирования характеристикой истинной мощности и интервалов ее вариации.

В традиционном содержании ТЭО кондиций одной из главных задач является подсчет запасов при нескольких вариантах параметров кондиций: бортового содержания в краевой пробе, минимального промышленного содержания в подсчетном блоке, минимальной мощности рудного тела и максимальной мощности безрудных прослоев, включаемых в контур подсчета, минимального метропроцента и т.п. (в зависимости от конкретных условий). В Datamine не предусмотрено прямое определение мощности рудных интервалов, меняющихся при разных значениях кондиций. Программа позволяет компоновать содержания в рядовых пробах по одному (любому) заданному полю базы данных, с ограничением максимальной и минимальной длины интервала, но без проверки объемов включения некондиционных (безрудных) прослоев. Поэтому приходится использовать собственные внешние программы, обеспечивающие расчет длины кондиционных интервалов по традиционным принципам.

О правовых аспектах использования компьютерных методов моделирования геологической среды. Правовая база применения компьютерных методов моделирования геологической среды в России не сформирована. Нет государственных стандартов работы в «цифровом формате»: формирования файлов опробования, компонованных интервалов, каркасов рудных тел, заполнения мелкоблочных моделей данными опробования и т.д. При отсутствии регламента геолого-разведочные организации произвольно решают вопросы подготовки исходной геологической информации и компьютерного подсчета запасов; в последующем, при обращении к иностранным инвесторам, от недропользователя требуются большие дополнительные затраты средств и времени на адаптацию материала к общемировым стандартам.

В настоящее время ни одна из зарубежных и отечественных программ моделирования геологической среды не имеет в России официальной аттестации. При этом многие компании российского горно-металлургического комплекса прибегают к

займам за рубежом, где банки-кредиторы требуют обоснования инвестиций на базе запасов, подсчитанных с использованием одной из апробированных программ моделирования геологической среды. В этом случае необходима полная переработка материалов оценки, начиная с исходных данных, на уровне банковского ТЭО, что ведет к потерям средств и времени.

При отсутствии норм и регламента утверждение в государственной экспертизе запасов, подсчитанных с использованием программ компьютерного моделирования, представляет собой неоправданно длительную процедуру с необоснованными затратами труда и средств.

В отличие от нормальной зарубежной практики, в России нет организаций и специалистов, аттестованных для выполнения подсчета запасов с компьютерным моделированием геологической среды, отсутствует сам институт такой аттестации.

За время, прошедшее с момента утверждения действующих «Методических рекомендаций по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых» (введены в действие 15.03.1999 г. распоряжением МПР РФ), в стране динамично изменялась система правоотношений в сфере недропользования, неоднократно менялась редакция федерального закона «О недрах». Составление ТЭО кондиций – наиболее сложный вид работ при оценке месторождений, содержание этого документа непосредственно зависит от общего состояния экономики страны. «Методические рекомендации...» ГКЗ требуют радикального обновления; в государственной экспертизе за последние годы накоплен для этого обширный материал.

Организационную работу по созданию в России правовой базы применения компьютерных методов геолого-экономической оценки месторождений может и должна возглавить ГКЗ МПР РФ, имеющая более чем полувековой опыт успешного решения вопросов нормирования геологической информации, оценки качества разведочных работ и достоверности подсчета запасов.

Представляется, что правовые основы применения компьютерных методов моделирования месторождений и оценки их запасов должны включать следующие основные положения:

- формирование системы стандартов на электронную информацию, создаваемую на каждой стадии геолого-разведочных работ;
- уточнение классификации запасов полезных ископаемых по видам минерального сырья, с определением соотношения категорий запасов, рекомендуемого для оценочной и разведочной стадий работ на месторождениях разных групп сложности геологического строения;
- государственная аттестация основных программ, применимых в России для моделирования геологической среды, с оценкой запасов месторождений и их утверждением в ГКЗ МПР;
- создание системы государственной аттестации геолого-разведочных и проектных

организаций и отдельных специалистов для работы в области компьютерного моделирования и геолого-экономической оценки месторождений, разработка положения и правил деятельности государственных экспертов, аттестованных ГКЗ;

- определение перечня отраслевых институтов, привлекаемых для государственной экспертизы ТЭО кондиций и подсчета запасов месторождений;

- разработка и утверждение новых методических рекомендаций и соответствующих инструкций, отражающих возможности применения зарубежных и отечественных компьютерных программ для геолого-экономической оценки месторождений в России;

- базовые положения к будущему переходу от однократного утверждения кондиций по данным ТЭО к утверждению методики расчета кондиций для конкретного месторождения в условиях меняющейся конъюнктуры рынка.