

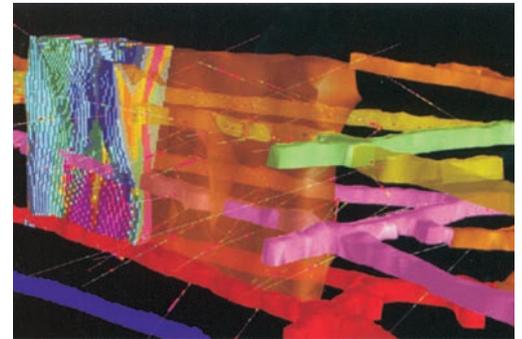
# БЛОЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ и проблемы использования его результатов в работе ФГУ ГКЗ



**В. И. Воропаев**, заместитель генерального директора  
ФГУ ГКЗ



**П. И. Кушнарв**, эксперт,  
канд. геол.-минерал. наук  
ФГУ ГКЗ



**В** последние годы на утверждение в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) наряду с материалами разведки и подсчета запасов месторождений, выполненных традиционными методами, представляют и материалы, выполненные с помощью геостатистического моделирования. Причем количество таких материалов постоянно увеличивается, что свидетельствует о росте его популярности у недропользователей. Предпосылками к широкому применению этого метода являются:

- возможность оценки запасов месторождений в кратчайшие сроки, особенно при анализе вариантов кондиций;
- автоматизация расчетов при обосновании параметров карьеров и проектировании подземной отработки;
- необходимость создания базы данных для управления горным производством;
- требования иностранных инвесторов и международных аудиторов;
- широкое распространение вычислительной техники, развитие и ценовая доступность компьютерных технологий, используемых при подсчете запасов.

Использование при экспертизе запасов полезных ископаемых новых современных технологий, в том числе компьютерного моделирования месторождений и автоматизированных комплексов оценки и подсчета запасов, определено как одно из приоритетных направлений современной концепции развития ГКЗ. В связи с этим разработан ряд инструктивных документов, предусматривающих внедрение геостатистических методов при разработке ТЭО кондиций и подсчете запасов при условии, что результаты подсчетов будут заверены путем сопоставления с результатами традиционного подсчета не менее 20 % общих запасов. Уровень допустимых расхождений в явном виде не регламентируется.

В проектах требований к составу и порядку представления ТЭО и отчетов с подсчетом запасов (2005 г.) специально оговоренные условия представления данных геостатистического моделирования гласят, что результаты блочного моделирования могут быть представлены наравне с другими способами подсчета. Вид модели и ее параметры должны быть обоснованы. При оценке достоверности модели особый акцент делается на процедуру перекрестного прогноза (кросс-проверка). Однако, по мнению некоторых

специалистов ГКЗ, данная процедура не отражает в полной мере качества выполненных расчетов, поэтому следует прибегать и к другим методам проверки.

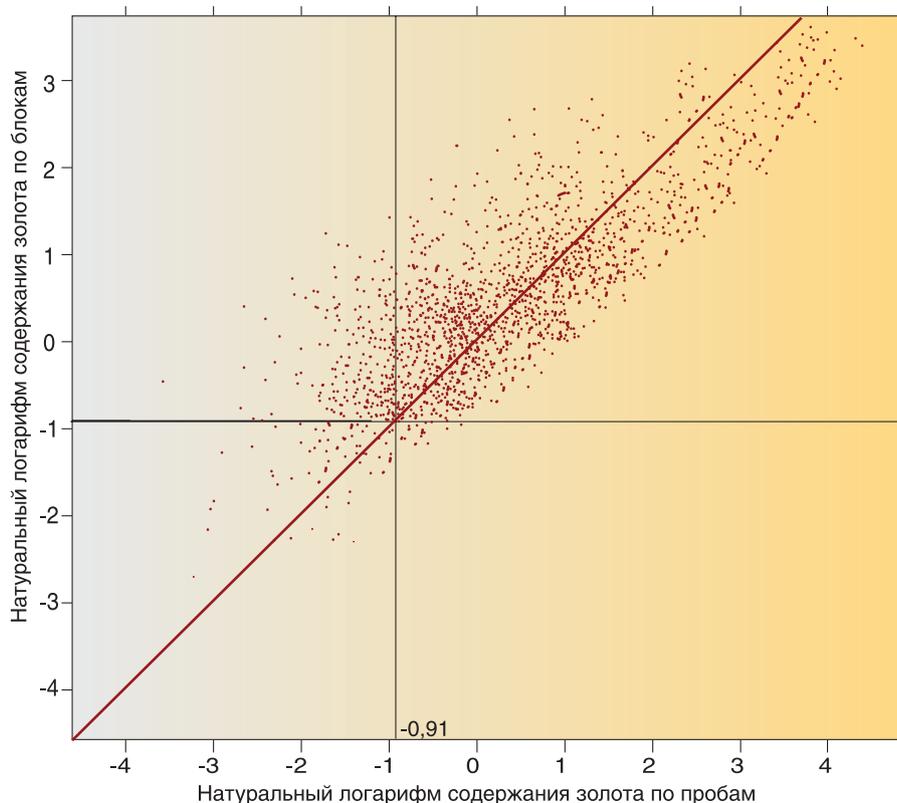
Вместе с тем ни одного отчета с подсчетом запасов месторождений с применением блочного моделирования в ГКЗ до сих пор не утверждено из-за целого ряда нерешенных проблем, среди которых можно отметить следующие:

- 1. Различие принципов** оценки месторождений, используемых при блочном моделировании и при традиционном подсчете.
- 2. Различие геометрической базы** геостатистического и традиционного подсчета, осложняющее применение установленных кондиционных показателей, в том числе бортового содержания, минимального промышленного содержания в блоке, максимальной мощности прослоев пустых пород и минимальной мощности рудных тел, включенных в подсчет запасов, и др.
- 3. Многовариантность** результатов подсчета по геостатистическим моделям и отсутствие критериев возможности их применения в конкретных случаях. Это обстоятельство усугубляется также недостатком опыта у большинства пользователей данных технологий.

4. Неопределенность требований к **форме представления запасов** по блочным моделям, что не позволяет разделять объемы недр по степени разведанности (категориям), контролировать отработку и погашение запасов по отдельным рудным телам, типам руд и т. д.

Принятые в России принципы учета запасов полезных ископаемых предполагают оценку запасов в недрах без учета потерь и разубоживания, т. е. в контурах, построенных по определенным правилам, в том числе с применением бортового содержания. Запасы, оцененные по блочным моделям в тех же контурах, как правило, хорошо совпадают с запасами, подсчитанными традиционным способом, а возникающие расхождения объясняются только особенностями учета неравномерности сети и пространственной ориентировки пересечений. Но в этом случае почти пропадает смысл построения блочных моделей, поскольку оконтуривание оруденения уже выполнено, и подсчет запасов сводится к простым вычислительным операциям.

Однако в условиях, когда «жесткие» контуры рудных тел еще не определены или их границы могут подвергаться сомнению, геостатистический способ имеет явное преимущество перед традиционным, обеспечивая возможность оперативной оценки запасов. В этих случаях блочные модели строятся в относительно свободных «оболочках», определяемых геологическими, геохимическими или другими условиями. При таком подходе в объем элементарных блоков неизбежно попадают пробы, некондиционные с точки зрения правил оконтуривания, принятых в России. Количество и конкретный перечень таких проб зависят не только от размеров элементарных блоков, которые могут выбираться произвольно, но и от координат начальной точки отсчета, влияющих на положение центров элементарных блоков. Таким образом, в указанных условиях данные блочного моделирования всегда в той или иной степени учитывают **разубоживание** и нацелены на определение запасов в выемочных единицах, т. е. **эксплуатационных запасов**. Это обстоятельство



**Логарифмическая зависимость содержаний золота по блокам и пробам**

приводит к тому, что запасы полезных ископаемых, подсчитанные по блочным моделям, как правило, по количеству превышают традиционно подсчитанные запасы, но уступают им по содержанию полезного компонента. Запасы же самого полезного компонента, оцененные обоими методами, могут быть близки между собой. Качество подсчета и сходство параметров в рассматриваемых условиях зависят от типа геостатистической модели и ее свойств. Пределы относительного расхождения количества руды и среднего содержания, по мнению авторов, не должны превышать допустимой величины разубоживания, принятой для данного месторождения.

Для устранения противоречий в подходах к оценке запасов необходимо адаптировать существующие нормативные документы к условиям подсчета по блочным моделям, и это задача ГКЗ.

Следующим фактором, влияющим на сходство параметров подсчета разными способами, является выбор предельного содержания (лимита), по которому определяются границы оруденения. В условиях традиционного

оконтуривания этот лимит (бортовое содержание) устанавливается на единичную пробу. Но использование такого же лимита для элементарного блока неправомерно из-за различия размеров «базы» и качественной характеристики оруденения в ее пределах.

Содержание полезного компонента в единичной пробе отличается от содержания в окружающем ее пространстве (блоке). Статистически это различие описывается линией регрессии, относительно полого-наклонной к оси абсцисс. Для наглядности такая линия регрессии построена по данным опробования гор. 700 м Наталкинского золоторудного месторождения, где создана достаточно плотная сеть разведочных выработок, и поэтому результаты расчетов практически не зависят от типа принятой модели. Расчеты проводились для элементарных блоков размером 20×15 м и проб, максимально близко совпадающих с центром блоков. В левой части построенной диаграммы (см. рисунок) низким значениям золота в пробах соответствуют более высокие содержания по блокам; в правой – это соотношение меняется. Число проб с

содержанием менее 0,4 г/т (натуральный логарифм 0,91) отличается в большую сторону (в 3-4 раза) от числа блоков с таким же содержанием. Оконтуривание, т. е. исключение этих проб из контура, приведет к разным результатам. Площадь объекта, оцененная по оставшимся пробам, будет меньше, чем определенная по блокам. В то же время содержание золота в объекте, оконтуренном по пробам, будет выше, чем при оконтуривании по такому же лимиту по блокам. Анализ данных в правой части диаграммы показывает, что попытка выделить и отработать по пробам богатые руды не приведет к желаемым результатам: среднее содержание золота в отработанном пространстве окажется существенно ниже ожидаемого.

Таким образом, для сохранения основных параметров – **площади и среднего содержания полезного компонента** – при оценке объекта оконтуривания по пробам и блокам должны использоваться **разные предельные содержания**. Их соотношение определяется индивидуальными особенностями объекта и выбирается на основе анализа указанной зависимости. В целом выбор может проводить-

ся непосредственно по значениям линии регрессии или на основе сопоставления данных по конкретной блочной модели и результатов традиционного оконтуривания и подсчета запасов. Такой аспект сравнения запасов, подсчитанных разными способами, еще не обсуждался.

Принятые в РФ традиционные способы подсчета запасов при соблюдении всех необходимых условий предполагают практически однозначную оценку запасов. Подсчет запасов геостатистическими методами, как показывает практика их применения в России и за рубежом, отличается многовариантностью. Результаты зависят от ряда факторов, в том числе от типа моделей, размеров элементарных блоков, параметров поисковых эллипсоидов и их пространственной ориентировки, числа проб, включаемых в оценку содержаний по блокам, и других показателей, но главным образом они определяются квалификацией и опытом исполнителя.

За рубежом к проверке результатов подсчета привлекаются аудиторские компании или авторитетные специалисты, имеющие большой опыт рабо-

ты в данной области. В России таких специалистов пока чрезвычайно мало. Тем не менее, их подготовку можно организовать на основе обобщения опыта работы с геостатистическими моделями путем проведения регулярных конференций, семинаров, издания и распространения тематической литературы и т. д.

Необходимо также разработать критерии применимости моделей в конкретных условиях. В числе таких критериев можно использовать сходимость с результатами традиционного подсчета как по данным подсчетных параметров, так и по совпадению пространственного положения контуров. При этом следует регламентировать объем сопоставления и уровень допустимых расхождений параметров.

Вопросы группировки элементарных блоков по подсчетным единицам, соответствующим традиционным формам представления результатов подсчета запасов, пока никем не обсуждались. Необходимость решения этой задачи вытекает из существующих в нашей стране правил учета запасов, их движения в процессе эксплуатации месторождений. ■

# MICROMINE

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

# PITRAM

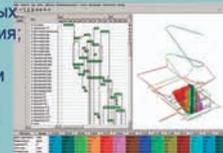
### Горно-геологическая информационная система MICROMINE



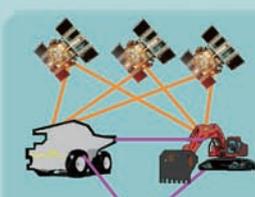
Полностью русифицирована и адаптирована к условиям российского горнодобывающего производства

**ГГИС MICROMINE** предназначена:

- для сбора, обработки и хранения геологоразведочных и маркшейдерских данных, включая различные виды маркшейдерской информации;
- для визуализации и интерпретации различных геологоразведочных данных в 3D-среде;
- для проведения статистического и геостатистического анализа;
- для построения блочных моделей месторождения;
- для классификации и количественной оценки ресурсов и запасов;
- для проектирования и дизайна горных работ.



### Автоматическая система управления горным производством PITRAM



АСУ ГП PITRAM предназначена для эффективного управления процессами добычи, транспортировки и контроля качества полезного ископаемого в режиме реального времени с целью повышения производительности производства и снижения себестоимости.

**Основные функции:**

- мониторинг расположения и перемещения техники на цифровой карте карьера (на основе GPS-технологии);
- постоянная связь с мобильной техникой в любой точке карьера, исключающая образование мертвых зон (на основе Wi-Fi mesh-технологии по стандарту 802.11 b);
- контроль качества и объемов добытого материала благодаря взаимосвязи с приложением ГГИС MICROMINE;
- автоматический сбор информации о состоянии техники;
- учет расхода ГСМ, расходных материалов;
- визуализация состояния производственного процесса;
- предупреждение ошибочных действий персонала.

### Корпоративная система управления данными DOME



- автоматический сбор информации от разных удаленных источников (предприятий) корпорации;

- единый банк данных и единая библиотека документов;
- единая система отчетности для всех предприятий корпорации;
- обеспечение доступа к информации из любой точки мира по интернет-сети;
- многопрофильная система пользовательского доступа и защиты данных;
- инструменты планирования, бюджетирования и анализа;
- легкая интеграция с внешними бизнес-приложениями и ERP-системами.

**ООО «Майкромайн Раша»**  
www.micromine.ru

198216 Санкт-Петербург,  
пр-т Народного Ополчения, д. 2, оф. 59  
тел/факс: +7(812)622-13-84

107140 Москва,  
ул. Верхняя Красносельская, д. 2  
тел/факс: +7 (495) 589-62-57

620014 Екатеринбург,  
ул. Вайнера/Попова, д. 12/2  
тел/факс: +7 (343) 371-67-52