

УДК 622.271: 622.01.364

А.Н. Любин, Е.В. Земцовская, Е.А. Долматова

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И КАРЬЕРА
ПРИ ОЦЕНКЕ ПОЛНОТЫ И КАЧЕСТВА
ИЗВЛЕЧЕНИЯ БАЛАНСОВЫХ ЗАПАСОВ**

Обосновано использование методов компьютерного моделирования при оценке полноты и качества извлечения балансовых запасов сложно-структурного месторождения, позволяющих повысить объективность обоснования их нормирования.

Ключевые слова: карьер, геотехнология, выемка, месторождение, руда, разубоживание.

Эффективность применения методов компьютерного моделирования в геологии и горном деле очевидна. Изучение моделей месторождений полезных ископаемых, разработанных на основе методов информационных технологий, позволяет обеспечить оперативное и комплексное использование однократно введенных данных при рассмотрении большого числа вариантов геотехнологии. Кроме того, возможность автоматизировать рутинные расчеты и просмотреть модели месторождений и горнотехнических объектов в любых ракурсах трехмерных проекций делает привлекательным и удобным процесс проектирования горных предприятий с последующим сопровождением их работы.

Российская горная промышленность использует множество различных компьютерных систем зарубежных фирм, которые широко распространены в мировой практике. Среди них наиболее известными являются TECHBASE (США), GDM (Франция), LYNX (ЮАР), GEMS и GEOSTAT (Канада), Datamine и NPV Scheduler (Ве-

ликобритания), VULCAN, Micromine, SURPAC VISION и MINESCAPE (Австралия), [1].

Среди российских разработок, которые позволяют создавать трехмерные модели горно-технических объектов в среде программных продуктов САПР или ГИС известна система автоматизированного проектирования, планирования и сопровождения горных работ «MineFrame» [2]. Эта система позволяет комплексно решать широкий круг геологических, маркшейдерских и технологических задач горнодобывающих предприятий, научных и проектных организаций. Одним из ее достоинств является возможность быстрого построения различных разрезов и погоризонтных планов по всему полю месторождения, на которых показаны контуры рудных тел и горных выработок. Использование таких графических моделей в необходимом количестве для решения поставленных задач позволит значительно повысить достоверность получаемых результатов. В данном случае она достигается обеспечением соответствующего уровня детальности изучения вопроса и исключением возникнове-

ния ошибок при построении графических моделей.

Необходимость построения подобных графических моделей часто возникает при оценке полноты и качества извлечения балансовых запасов месторождения. Такие модели приобретают особую значимость при решении данной задачи для открытого способа разработки, так как технология очистных работ позволяет управлять показателями потерь и разубоживания в широком диапазоне их изменения. От степени достоверности этой оценки в каждом из рассматриваемых вариантов бортового содержания полезного компонента на контуре выемки контактной зоны «руда-порода» зависит объективность нормирования полноты и качества выемки балансовых запасов.

Потери и разубоживание на открытых горных работах образуются главным образом при ведении горных работ в зонах контакта руды с породой, которые принято называть приконтактными зонами. При разработке наклонных и крутых залежей потери и разубоживание в этих зонах формируются за счёт создания горизонтальных площадок, необходимых для нормальной работы горного оборудования и из-за несовпадения углов падения контакта залежи и откоса уступа. В этих случаях теряемое полезное ископаемое и примешиваемые породы на отдельно разрабатываемых контактах образуют в сечении треугольники. Из этого следует, что потери руды, и разубоживание её примешиваемыми породами массива погашенных уступов определяются элементами залегания рудных залежей и параметрами конструктивных элементов уступов и бортов карьера.

В общем случае контакты руды и породы являются поверхностью

сложной формы. На стадии проектирования разработки месторождения её принято считать плоской в границах высоты уступа. Это позволяет упростить разработку методики определения площади треугольников теряемого полезного ископаемого и примешиваемых вмещающих пород.

В работах А.И. Арсентьева и Б.П. Юматова предложены аналитические зависимости определения величины потерь и разубоживания при отбойке руды на контактах, которые учитывают направление выемки балансовых запасов в карьере. Площади треугольников теряемой руды и примешиваемых пород рекомендовано определять по формулам:

• выемка балансовых запасов производится от висячего бока

$$\left. \begin{aligned} S_{\Delta p} &= (h_v - h_n)^2 \times (ctg\alpha - ctg\beta) / 2, \text{ м}^2 \\ S_{\Delta n} &= (h_n)^2 \times (ctg\alpha - ctg\beta) / 2, \text{ м}^2 \end{aligned} \right\} (1)$$

при $\alpha < \beta$,

$$\left. \begin{aligned} S_{\Delta p} &= (h_v - h_n)^2 \times (ctg\beta - ctg\alpha) / 2, \text{ м}^2 \\ S_{\Delta n} &= (h_n)^2 \times (ctg\beta - ctg\alpha) / 2, \text{ м}^2 \end{aligned} \right\} (2)$$

при $\alpha > \beta$;

• выемка балансовых запасов производится от лежащего бока

$$\left. \begin{aligned} S_{\Delta p} &= (h_v - h_n)^2 \times (ctg\alpha + ctg\beta) / 2, \text{ м}^2 \\ S_{\Delta n} &= (h_n)^2 \times (ctg\alpha + ctg\beta) / 2, \text{ м}^2 \end{aligned} \right\} (3)$$

при любых значениях α и β ,

где $S_{\Delta p}$ и $S_{\Delta n}$ – площадь треугольника соответственно теряемого полезного ископаемого и примешиваемой породы на отдельно разрабатываемых контактах «руда-порода», м^2 ; h_v и h_n – высота соответственно уступа и треугольника примешиваемой породы, м; α и β и α и β – угол наклона соответственно рудной залежи и откоса уступа, град.

Из анализа формул (1—3) следует, что выемка от висячего бока более предпочтительна, чем от лежащего бока, так как в этом случае при прочих равных условиях площади треугольников теряемой руды и примешиваемых пород будут меньше.

При любом направлении выемки положение точки пересечения линии откоса рабочего уступа и линии контакта рудной залежи с вмещающими породами определяет величину бортового содержания полезного компонента на контуре выемки контактной зоны «руда-порода». Изменение величины бортового содержания оказывает прямое влияние на соотношение показателей потерь и разубоживания, так как это ведет к изменению соотношения площади треугольников теряемой руды и примешиваемых пород. Взаимосвязь этих параметров для сложноструктурных месторождений можно записать в виде уравнения

$$c_n (S_{\Delta p} + S_{\Delta n}) = c_p S_{\Delta p} + c_n S_{\Delta n}, \quad (4)$$

где c_n , c_p и c_n – содержание полезного компонента соответственно бортовое, в балансовых рудах и во вмещающих породах.

После подстановки в уравнение (4) правой части любой из зависимостей (1-3) и соответствующих преобразований получим уравнение следующего вида:

$$\begin{aligned} & (2c_n - c_p - c_n) \cdot h_n^2 - 2h_y (c_n - c_p) \times \\ & \times h_n + h_y^2 \cdot (c_n - c_p) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Решая уравнение (5) при известных значениях c_p , c_n , h_y и заданном значении c_n , определим соответствующее ему значение h_n . Из этого следует, что точка пересечения линии откоса рудобочного уступа и линии контакта руд-

ной залежи с вмещающими породами, которая расположена на расстоянии, равном высоте треугольника примешиваемых пород, формирует на контуре выемки контактной зоны «руда-порода» бортовое содержание полезного компонента близкое к заданному его значению.

Использование в уравнении (4) соотношения площади треугольников теряемого полезного ископаемого и примешиваемой породы на контакте «руда-порода, а не соотношения их сходственных сторон повысит обоснованность местоположения откоса уступа с заданным бортовым содержанием. Такое утверждение основано на отсутствии стабильного значения содержания полезного компонента в приконтактной зоне, величина которого в ней, как правило, всегда ниже, чем в балансовых запасах месторождения. Поэтому переход от линейных к площадным параметрам для условий сложно-структурных месторождений позволит выполнить корректировку результата расчетов, необходимость которой обусловлена разницей среднего содержания полезного компонента в балансовых запасах и приконтактной зоне разрабатываемого месторождения.

Таким образом, установленная в уравнении (5) аналитическая зависимость высоты треугольника примешиваемых пород от значения бортового содержания полезного ископаемого с учетом содержания его в балансовых запасах и во вмещающих породах позволит более объективно выполнить обоснование показателей потерь и разубоживания руды, чем по данным измерения элементов геометрических фигур. В этом случае объективность нормирования полноты и качества извлечения полезного ископаемого будет

зависеть в основном только от достоверности исходной информации об элементах залегания рудных тел. Достоверность же ее определяется частотой графических моделей, отображающих взаимное расположение конструктивных элементов карьера и линии контура контактной зоны «руда-порода». С развитием информационных технологий в геологии и горном деле получение такой информации значительно упрощается, и объем накопления ее практически ничем не ограничен. Например, система автоматизированного проектирования, планирования и сопровождения горных работ «MineFrame» позволяет строить разрезы и погоризонтные планы на моделях в необходимом количестве и за короткое время. Эта система и рассмотренный метод определения высоты треугольника примешиваемых пород были использованы при выполнении оценки полноты и качества извлечения балансовых запасов участка разработки открытым способом месторождения Олений Ручей. Графические модели вертикальных разрезов строили вкрест простирания рудных залежей (рис. 1). Расчет показателей потерь и разубоживания проводился по исходным данным параметров карьера, обоснованных проектным институтом Гипроруда при выемке балансовых запасов с бортовым содержанием полезного компонента 4 % в контактной зоне «руда-порода». При этом значения sr , sp и hu в проекте были равны 14 %, 0 % и 15 м соответственно. Из решения уравнения (5) относительно hp было установлено, что этим значениям исходных данных соответствует высота треугольников примешиваемых пород равная 9,2 м, и она будет оставаться неизменной при любых

углах наклона линии контакта «руда-порода». Но, в этом случае, будут изменяться объемы руды и породы в контурах породных и рудных треугольников.

Для определения объемов те-ряемой руды и примешиваемой породы в зоне сопряжения вмещающих пород и каждой из трех рудных залежей участка разработки месторождения открытым способом были построены вкрест простирания месторождения через 80 м 18 разрезов с отображением на них линий бортов карьера и контуров рудных залежей. На сложноструктурных участках расстояние между смежными разрезами сгушались до 30-50 м.

Разрезы строили по данным модели месторождения и карьера, выполненной программными средствами системы MineFrame. При этом длину контактной зоны рудных залежей и пород на каждом уступе в границах контура карьера определяли на планах погоризонтных сечений, которые проводили через каждые 15 м в интервале отметок от +375 до +195 м. На некоторых погоризонтных планах каждое рудное тело имело выходы нескольких оконуренных зон.

Из анализа обработки данных графических моделей стало известно, что угол наклона линии контакта рудных залежей и вмещающих пород до горизонта глубины карьера изменяется в основном от 17 до 55°, в единичных случаях его значение может быть близким к 0° или 90°, обычно это характерно для торцевых участков рудной залежи. При этом длина рудных зон в границах соседних разрезов по замерам их на плоскости горизонтальных сечений изменяется от 5 до 80 м.

По выполненным замерам углов наклона линии контакта, длин рудных

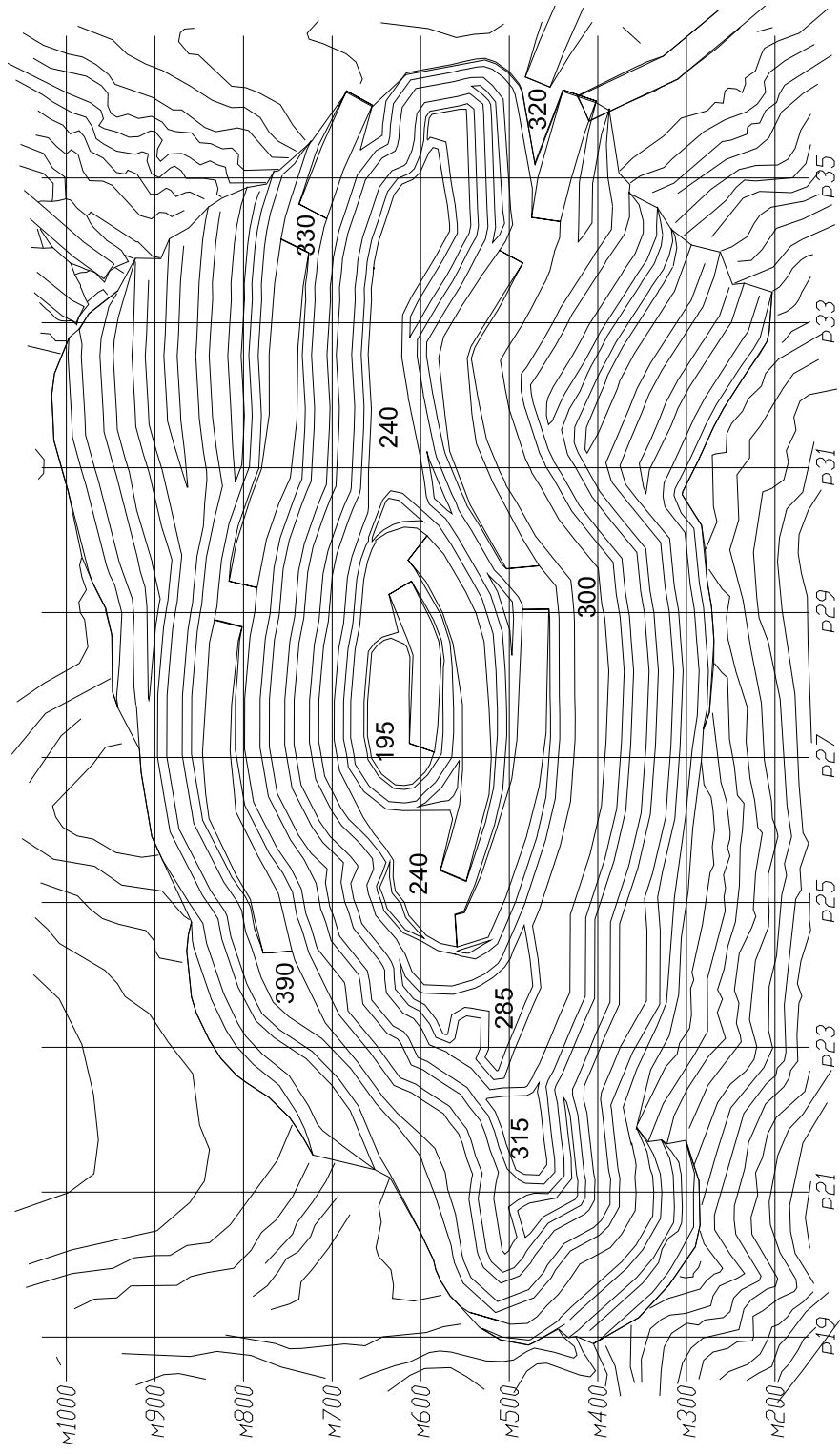


Рис. 1. Схема расположения системы вертикальных разрезов на графической модели участка разработки месторождения Олений Ручей открытым способом;

p19, p21, ..., p35 – система вертикальных разрезов;

195, 240, ..., 390 – высотные отметки горизонтов карьера.

зон и формулам (1 и 2) были рассчитаны площади и объемы теряемой руды и примешиваемой породы в контактной зоне. Результаты расчетов показали, что объемы потерь руды в контактной зоне «руда-порода» со стороны висячего бока рудных залежей изменяются в следующем диапазоне: 2420-19956 м³ – 1-я рудная залежь, 1211-20107 м³ – 2-я рудная залежь, 132-1374 м³ – 3-я рудная залежь. При этом изменения объемов примешиваемых пород происходят в следующих интервалах: 10093-44362 м³ – 1-я рудная залежь, 2687-41877 м³ – 2-я рудная залежь, 858-3059 м³ – 3-я рудная залежь. Значения потерь и разубоживания по каждой из рудных залежей составляют соответственно: 130489 и 219718 м³ – 1-я рудная залежь, 114851 и 246998 м³ – 2-я рудная залежь, 7391 и 16535 м³ – 3-я рудная залежь. А объемы потерь руды в такой же зоне со стороны лежачего бока рудных залежей изменяются в следующем диапазоне: 85-17425 м³ – 1-я рудная залежь, 946-9680 м³ – 2-я рудная залежь, 697-1260 м³ – 3-я рудная залежь. При этом изменения объемов примешиваемых пород происходят в следующих интервалах: 3910-42647 м³ – 1-я рудная залежь, 2312-24157 м³ – 2-я рудная залежь, 1316-2108 м³ – 3-я рудная залежь. Значения потерь и разубоживания по каждой из рудных залежей составляют соответственно: 132416 и 275370 м³ – 1-я рудная залежь, 72172 и 169798 м³ – 2-я рудная залежь, 9224 и 20170 м³ – 3-я рудная залежь.

Абсолютные значения потерь и разубоживания по каждой из рудных залежей изменяются прямо пропорционально их балансовым

запасам и составляют соответственно: 239364 и 470052 м³ – 1-я рудная залежь, 170024 и 378906 м³ – 2-я рудная залежь, 15404 и 33368 м³ – 3-я рудная залежь. Суммарные потери и разубоживание по трем рудным залежам составили 424492 и 882332 м³, соответственно.

Относительные значения потерь и разубоживания по каждому рудному горизонту и по участку месторождения Олений Ручей представлены в таблице.

Из анализа таблицы следует, что средние значения показателей потерь и разубоживания по каждой из рудных залежей и участку месторождения составляют соответственно: 5 и 9,38 % – 1-я рудная залежь, 6,05 и 12,54 % – 2-я рудная залежь, 9 и 17,16 % – 3-я рудная залежь, 5,47 и 10,17 % – участок разработки месторождения открытым способом.

Для сравнения были выполнены подобные расчеты по средним значениям параметров элементов залегания месторождения на участке разработки открытым способом. В этом случае показатели потерь и разубоживания увеличились и составили 6,2 и 14,3 % соответственно. Кроме того, на стадии проектирования можно на сложноструктурных участках месторождения строить более детальные графические модели и рассматривать их очистную выемку ступенчатым забоем.

Таким образом, использование методов компьютерного моделирования при оценке полноты и качества извлечения балансовых запасов сложно-структурного месторождения позволит повысить объективность обоснования их нормирования.

Потери и разубоживание руды на участке разработки месторождения Олений Ручей при выемке балансовых запасов с бортовым содержанием полезного компонента 4 % в контактной зоне «руда-порода»

Высотная отметка горизонта, м	Рудная залежь № 1		Рудная залежь № 2		Рудная залежь № 3		Участок разработки месторождения Олений Ручей открытым способом	
	потери, %	разубоживание, %	потери, %	разубоживание, %	потери, %	разубоживание, %	потери, %	разубоживание, %
+390	40	-	19	34,96	-	-	24,04	30,69
+375	17,87	32,61	5,24	12,12	62,62	78,8	8,17	28,57
+360	10,22	20,2	10,61	20,89	8,95	17,92	10,19	20,15
+345	7,23	14,17	19,63	35,34	6,48	12,63	10,22	20,22
+330	2,73	5,87	8,97	17,44	9,3	16,74	5,33	10,82
+315	6,48	9,19	3,41	7,28	4,73	13,23	5,41	8,65
+300	2,3	7,85	3,1	6,28	2,25	5,39	2,99	7,26
+285	4,73	9,95	4,47	9,01	9,39	15,75	4,69	9,69
+270	3,7	7,82	3,75	8,82	5,87	-	3,73	9,73
+255	2,91	6,62	5,24	11,07	-	-	3,64	8,03
+240	4,48	6,27	6,08	12,61	-	-	5,08	8,71
+225	2,79	5,86	5,64	11,73	-	-	4,12	8,73
+210	11,31	4,24	3,67	8,16	-	-	5,77	7,17
+195	100,00	-	6,26	12,91	-	-	6,33	12,91
Относительно балансовых запасов в карьере до горизонта +195 м включительно								
Среднее значение	4,56	8,94	5,5	11,48	8,13	16,44	4,97	9,81
С учётом 10 % в торцевой части карьера								
Среднее значение	5	9,38	6,05	12,54	9	17,16	5,47	10,17

Этот результат достигается получением более достоверной исходной информации об элементах залегания рудных тел в целом по месторождению, а в зонах месторождения, где имеются локальные участки с бед-

ным содержанием полезного компонента или пустые породы планировать на стадии проектирования селективную выемку по признаку однородности полезного ископаемого и породы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воропаев В.И.* Вопросы экспертизы материалов компьютерного моделирования рудных месторождений [Текст] /В.И. Воропаев, А.Г. Чернявский, С.А. Емельянов // Записки Горного института (Современные технологии при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых), Т. 162. — СПб: Санкт-Петербургский государствен-

ный горный институт (технический университет), 2005. — С.76 – 82.

2. *Лукичев С.В.* Моделирование рудных и пластовых месторождений в системе MineFrame [Текст] /С.В. Лукичев, О.В. Наговицын, А.В. Морозова //Горный информационно-аналитический бюллетень. — М.: изд. МГУ, 2004. — № 5. — С. 296-301. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Любин А.Н. — горный инженер, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Земцовская Е.В. — горный инженер, аспирант;

Долматова Е.А. — горный инженер, технолог II категории, Горный институт КНЦ РАН, zhirov@geoksc.apatity.ru



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Маркина Е.А., аспирант кафедры «Экономика предприятия и предпринимательства», Российский университет дружбы народов, aspirant@office.rudn.ru

Проблемы организации производства легкой промышленности в России (803/03-11 от 14.12.2011) 7 с.

Статья освещает текущее состояние легкой промышленности в России. В статье предложен один из методов решения существующих в легкой промышленности проблем, а именно применение концепции аутсорсинга. Автор рассматривает целесообразность применения аутсорсинга, имеющиеся проблемы на пути развития аутсорсинга в России, а также способы преодоления этих барьеров.

Ключевые слова: легкая промышленность, аутсорсинг, швейное производство, барьеры, бизнес-процессы, оболочечная структура, управление, затраты, стоимость

Markina E.A. THE PROBLEMS OF ORGANIZATION OF THE PRODUCTION OF THE CONSUMER INDUSTRY IN RUSSIA

The article describes a current situation of light industry in Russia. In the article author propose of the decision options of problems existing in light industry, namely application of the concept of outsourcing is offered. The author considers expediency of application of the outsourcing, describes problems on a way of development of outsourcing in Russia, and also ways of overcoming of these barriers.

Key words: Consumer industry outsourcing, garment manufacture, barriers, business processes, shell structure, management, expenditures, costs.