

8. Симкин Б.А., Шнута Ю.К. Аналитическое моделирование месторождений и их с открытой разработки. - М.: Наука, 1976.

9. Bosman H & Mine Evolution and Production

Scheduling CIM-Bulletin NT-6,  
T-6, 1973, p.92-97.

КазПИ им. В.И. Ленина, кафед-  
ра ТРМ

УДК 622.271.01

Ю.П. Ашаев, Т.К. Кулубеков

НОВЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНДИЦИОННЫХ  
ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ  
РАЗВЕДКИ В КАРЬЕРЕ ЖАНАТАС

В период отработки месторождений полезных ископаемых периодически производится переоценка запасов, которые утверждены ПКЗ на стадии предварительной и детальной разведки. Переоценка запасов на стадии обработки производится по данным эксплуатационной разведки с учетом объемов уже извлеченных запасов к моменту переоценки. Переоценке подвергаются как количественные, так и качественные параметры, являющиеся особенно важными для многокомпонентных месторождений с изменчивым качеством [3]. При изменчивом качестве наиболее важной становится задача точного определения границ рудного тела, а внутри него - контуров залегания забалансовых и балансовых руд, которые также могут иметь многосортную структуру. Получение уточненных границ рудных тел создает возможность выбора наиболее оптимальной технологии отработки и снижения потерь и разубоживания.

В настоящее время широкое распространение получил метод канавных проб, позволяющий для карьеров, разрабатываемых открытым способом, при сравнительно незначительных затратах и технологической простоте получить достоверные данные. Этот метод широко применяется при разработке месторождений фосфоритов, и, в частности, месторождений бассейна Каратау.

Для таких типов месторождений и предлагается алгоритм обработки на ЭИМ данных геологической и эксплуатационной разведки. Агрегацией процесса выделения так называемых кондиционных пересечений, совокупностей последовательно расположенных проб, удовлетворяющих утвержденным кондициям, и ранее занимались

ряд авторов [1, 2, 4].

Но разработанные алгоритмы и их реализация на ЭВМ в каждом конкретном случае имели свои недостатки, затрудняющие промышленную эксплуатацию программных разработок. К этим недостаткам, присущим тому или иному алгоритму, следует отнести следующее:

- реализация алгоритмов на малых ЭВМ, не позволяющих моделировать и решать промышленные задачи;
- невозможность вариации отдельными ограничениями на параметры при изменении технологических требований;
- непредусматривание алгоритмами и программами возможностей решения задачи при увеличении объема исходных данных или изменении первоначальных требований или ограничений;
- недостаточная обоснованность сложности построения алгоритма, приводящая к противоречивым результатам.

Кроме недостатков ранее разработанных методов следует отметить и сложность реализации задачи, которая прежде всего проявляется в таких положениях:

- неоднозначные требования кондиций, допускающие многовариантность решения задачи;
- влияние субъективного фактора на конечные результаты (при ручном счете, который сейчас в основном применяется), т.е. зависимость качества конечного решения от квалификации и опыта проектировщика;
- вариация конечными решениями в зависимости от изменения предъявляемых требований;
- учет не только кондиционных требований, но и геологической структуры месторождения.

Все это привело к необходимости при построении алгоритма, во-первых, предусмотреть возможность нескольких вариантов решения задачи, а во-вторых, выработать ряд правил и положений, предусматривающих на определенный момент времени получение однозначного решения. Кроме того, предусмотрены возможности:

- увеличения или уменьшения количества учитываемых компонентов полезного ископаемого при решении задачи;
- изменения или добавления кондиционных требований при выделении кондиционных пересечений;
- проведения всестороннего контроля исходной информации для исключения возможности появления ошибки в исходных данных;
- изменения предельных параметров контроля исходной информации;

- введения ряда признаков, позволяющих выбирать конкретный вариант решения задачи.

#### Алгоритм решения задачи

Алгоритм предназначен для выделения по геологоразведочным и эксплуатационным выработкам кондиционных пересечений, характеризующих по выработке некоторый интервал тела полезного ископаемого, удовлетворяющий по качеству и мощности некоторым наперед заданным ограничениям (кондициям) на минеральное сырье данного конкретного месторождения. Алгоритм может быть использован при последующей геометризации и увязке выделенных кондиционных пересечений в рудные тела для подсчета балансовых и забалансовых запасов твердых полезных ископаемых по заданным кондициям, сортам и типам руд.

Определение границ кондиционных пересечений математически можно выразить следующим образом.

Определить вектор распределения кондиционных пересечений

$$\bar{R} = \bar{R} \left\{ (M_{k,1}, MP_{k,1,j}); (M_{k,2}, MP_{k,2,j}); \dots; (M_{k,c}, MP_{k,c,j}); \dots; (M_{k,n}, M_{k,n,j}) \right\}; \quad (I)$$

$l = 1, \bar{N}; k = 1, \bar{K}; j = 1, \bar{J}$

при следующих основных кондиционных ограничениях

$$P_{k,c,j} \geq q_{k,j}; \quad k = 1, \bar{K}; j = 1, \bar{J}; \quad (2)$$

$$M_{k,c} \geq m_k; \quad k = 1, \bar{K}; c = 1, \bar{N}; \quad (3)$$

$$a_{k,j}'' \leq P_{k,c,j} < a_{k,j}^a; \quad k = 1, \bar{K}; c = 1, \bar{N}; j = 1, \bar{J}; \quad (4)$$

$$b_{n,j}'' \leq P_{q,k,c,j} < b_{n,j}^a; \quad k = 1, \bar{K}; j = 1, \bar{J}; l = 1, \bar{N}; \quad q, c, l \quad (5)$$

дополнительных требований, включая и требования, учитываемые при наличии соответствующих признаков ( $C_1, C_2$ ),

$$(SORT_l = S) / (SORT_c + S) \quad l = 2, \bar{N}; S = k; k = 1, \bar{K}; \quad (6)$$

$$(SORT_n = S) / (SORT_c + S) \quad l = 1, \bar{N} - 1; S = k; k = 1, \bar{K}. \quad (7)$$

Если  $C_1 = 1$ , то  $[ (SORT_c = k) \& (SORT_{c+1} + k + 2) ] /$

$$[ (SORT_c = k + 2) \& (SORT_{c+1} + k) ] ;$$

при  $(SORT_{c-1} > k + 2) \& (SORT_{c+2} > k + 2) \quad SORT_c = k;$

$$k = 1; c = 1, \bar{N}. \quad (8)$$

Если  $C_2 = I$ , то

$$\begin{aligned}
 &= \{ (M_{k,1,j}); (M_{k,2,j}); \dots; \\
 & (M_{k,c}, MP_{k,c,j}); \dots; (M_{k,N}, MP_{k,N,j}) \} = \\
 &= \bar{R}^u \{ (M_{k,1,j}); \dots; (M_{k,d}, M_{k,d,j}) \} + \\
 &+ \bar{R}^o \{ (M_{k,d+1}, MP_{k,d+1,j}); \dots; (M_{k,N}, MP_{k,N,j}) \}; \\
 & \quad \ell = 1, \bar{N}; \quad k = 1, \bar{K}; \quad j = 1, \bar{J}; \\
 & \quad d \in k, \quad (9)
 \end{aligned}$$

где  $\ell$  - текущее значение порядкового номера кондиционного пересечения;  $k$  - текущее значение "сорта";  $j$  - текущее значение номера компонента;  $N$  - количество кондиционных пересечений;  $K$  - количество "сортов";  $J$  - количество компонентов;  $M_{k,\ell}$  - мощность  $\ell$  - порядкового пересечения  $k$  - сорта;  $MP_{k,\ell,j}$  - метропроцент  $\ell$  - пересечения,  $k$  - сорта для  $j$  - компонента;  $P_{k,\ell,j}$  - процентное содержание  $j$  - компонента в  $\ell$  - пересечении  $k$  - сорта;  $g_{k,j}$  - минимальное промышленное содержание для  $j$  - компонента в  $k$  - сорте по кондиционным требованиям;  $m_k$  - минимальная допустимая кондиционная мощность для  $k$  - сорта;  $a_{k,j}^u + a_{k,j}^o$  - нижняя и верхняя границы для  $j$  - компонента, для  $k$  - сорта;  $R_{q,k,\ell,j}$  - процентное содержание  $j$  - компонента в  $q$  - пробе, входящей в  $\ell$  - пересечение  $k$  - сорта;  $b_{k,j}^u, b_{k,j}^o$  - нижняя и верхняя границы бортового содержания для пробы  $j$  - компонента, для  $k$  - сорта;  $SORT_{\ell}$  - сортность  $\ell$  - пересечения.

Условие (2) - ограничение по минимально промышленному содержанию для каждого компонента определенного сорта, (3) - ограничение на минимально допустимую кондиционную мощность рассматриваемого сорта, (4) - верхний и нижний пределы процентного содержания для каждого компонента с учетом сортности, условие (5) - пределы бортового содержания компонентов для проб, включаемых в пересечения заданного сорта. Условия (6) и (7) указывают на возможное появление пересечений некоторых сортов только на граничных участках канав. Условия (8) и (9) могут включаться в алгоритм решения задачи только при наличии определенных признаков, которые задаются дополнительно. Причем, условие (8) определяет невозможность наличия в рудном пласте только высококачественных

балансовых руд (сорт I) и забалансовых руд (сорт 3), а условие (9) указывает на требование разделения всех выделенных пересечений на две группы, соответственно для "нижнего" рудного пласта и "верхнего" рудного пласта.

#### Последовательность операций

Весь алгоритм, описывающий последовательность решения задачи, можно описать 7 самостоятельными блоками, имеющими функциональную целостность и законченность. Каждый из блоков отражает один из этапов реализации задачи.

1. Присвоение сортности каждой пробе. Согласно условиям (2) и (4) каждой пробе, отвечающей кондиционным требованиям по промминимуму, присваивается сорт. Вычисляются истинные мощности и метропроценты по каждой пробе и компоненту в пробе

$$M_{k,e} = M_{k,e}^0 \cdot \sin \alpha; \quad \ell = 1, N; \quad k = 1, K, \quad (10)$$

где  $M_{k,e}^0$  - видимая мощность  $\ell$ -пробы  $k$ -сорта;  $\alpha$  - угол падения пласта;

$$MP_{k,e,j} = M_{k,e} \cdot P_{k,e,j}; \quad \ell = 1, N; \quad k = 1, K; \quad j = 1, J. \quad (11)$$

2. Объединение смежных проб одинаковой сортности. Объединение производится с начальной до конечной пробы, причем, если пробы с номерами  $\ell$  и  $\ell + 1$  имеют одинаковую сортность, то они объединяются в одну пробу - этой пробе присваивается  $\ell$  порядковый номер, а для всех последующих порядковый номер понижается ( $\ell = \ell - 1$ ). В объединенных пробах метропроценты для каждого компонента и испытанные мощности суммируются.

3. Включение безрудных и некондиционных внутрирудных прослоев "триады". Включение основано на следующем принципе. Если два пересечения ( $\ell$  и  $\ell + 1$ ) одинаковой сортности имеют внутри пробу или группу проб безрудных или некондиционных рудных прослоев, и в случае объединения общее пересечение удовлетворяет первоначальной сортности, то они объединяются и пересечению присваивается номер  $\ell$ , а для всех последующих пересечений (проб) происходит понижение порядкового номера. В полученном пересечении мощности и метропроценты суммируются.

4. Присоединение бортовых проб. Проба или пересечение, смежные с пересечением или пробой высшего сорта

по качеству, анализируются на соответствие кондиционным требованиям к бортовой пробе для данного более высокого сорта: согласно условию (5). Если такая смежная проба удовлетворяет требованиям кондиций по бортовому содержанию и при объединении их сохраняется исходный более высокий сорт (по промминимуму), то эти пробы объединяются, а для всех последующих пересечений происходит уменьшение порядкового номера.  $l' = l - 1$ . Метропроценты и мощности также суммируются. Причем, этапы 2-4 повторяются.

5. Обязательное включение проб или пересечений некондиционной мощности. Если в результате предыдущих этапов все же остаются некондиционные по мощности пересечения (пробы), то они включаются в одно из смежных пересечений, характеризующихся более низким качеством. При равенстве сортов некондиционный прослой включается в пересечение с меньшей мощностью. Данные операции производятся до получения пересечений с мощностями не ниже кондиционных, даже если это приводит к ухудшению качества вновь образуемых пересечений.

Этапы 2 - 5 повторяются.

Этапы 6 и 7 выполняются только при наличии определенных признаков ( $C_1 = 1$ ,  $C_2 + 1$ ).

6. Корректировка рудного пласта. Корректировка заключается в выполнении принципа невозможности наличия в рудном пласте только пересечений высококачественных балансовых руд и забалансовых руд согласно условию (8). В этом случае возникает необходимость выделения пересечений рядовых балансовых руд (сорт 2) для данного рудного пласта.

Выделение пересечений рядовых руд кондиционной мощности производится за счет "отсечений" проб от пересечений высококачественных балансовых руд и забалансовых руд с целью получения пересечений рядовых руд кондиционной мощности. Причем, учитывается принцип сохранения высококачественных руд с максимальной мощностью.

7. Разделение всей совокупности кондиционных пересечений на группы. В соответствии с геологической структурой месторождения часто возникает необходимость делить все пересечения на несколько групп, согласно залеганию рудных пластов, на основании условия (9). Причем, в каждую группу выделяются пересечения, в состав которых обязательно входят пересечения, соответствующие кондициям на руду, до следующей совокупности рудных пересечений включительно.

Применение вышеописанного алгоритма позволит уточнить структуру месторождения, ликвидировать ошибки, которые возникают при выделении кондиционных пересечений ручным способом, и автоматизировать процесс пересчета запасов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ксан И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений.- М.: Недра, 1971.

2. Сергейко Ю.А., Ашаев П.Ф. Технология автоматизированного подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых методами разрезов и блоков на ЭВМ БЭСМ-4. - Инструктивные указания. Серия УП (Подсчет запасов).- Алма-Ата: Ротапринт КОМЭ МГ КазССР, 1973, вып.8.

3. Ушаков И.Н. Горная геометрия. - М.: Недра, 1979.

4. George H White

*Computerized Geological and Mining Ore Reserve Systems of Western Mining, Hamfold's Nickel Operations. 15-th APCOM Symposium,*

*Brisbane, Australia, 1972, КазПИИ им. В.И. Ленина, кафедра ТРМ*

pp 263-274

УДК 622.013

А.Ф.Цеховой, Ф.Н.Авазбакиев, А.И.Песня

#### О ПРИМЕНЕНИИ ЭВМ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАЗБИВКИ ФОСФОРИТНОГО ПЛАСТА НА ТИПЫ РУДЫ ПО КОНДИЦИЯМ

Характерной особенностью руд фосфоритовосного бассейна Каратау является широкий диапазон колебаний значений основных компонентов. В соответствии с утвержденными ГКЗ СССР кондициями выделяют несколько типов руд: богатые, рядовые, забалансовые, кремни, сланцы. Настройка обогатительных фабрик на высококачественное сырье не позволяет вовлечь в переработку значительную часть запасов, которые относятся к забалансовым, хотя имеют довольно высокое содержание пятиоксида фосфора.

Отнесение руд к тому или иному типу осуществляется при разбивке фосфоритного пласта по результатам его опробования (в условиях Каратау применяется бороздовое опробование. Разбивка пласта производится в соответствии с содержанием в ней различных компонентов ( $P_2O_5$ ,  $H_2O$  и др.). При разбивке учитываются кондиции, утвержденные ГКЗ, которыми предусмотрено: