УДК 550.89

Д.Н.ЯЦУНОВ
Геолого-разведочный факультет, аспирант кафедры
геологии и разведки месторождений полезных ископаемых

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Показаны результаты геостатистического моделирования верхнего рудного горизонта Коашвинского апатито-нефелинового месторождения. Исследование основано на обработке данных опробования по 402 разведочным скважинам. Дополнительно была создана опорная сеть из 551 точки на основе интерполированных данных с размерностью ячейки 100 × 100 м. Все дальнейшие вычисления проводились в пределах развёдочного контура на основе применения дополнительной сети. В качестве достоверной методики интерполяции выбран кригинг. Из геостатистических методов это наиболее гибкий метод, позволяющий обрабатывать любые геологические данные. На основе данных опробования построен ряд вариограммных моделей. Установлено наличие значимого тренда, что привело к необходимости применения процедуры универсального кригинга. Обработка данных осуществлялась на основе оригинального программного обеспечения (ред. Г.С.Поротов) по следующему алгоритму – вычисление координаты Z в каждой точке экрана для каждой границы как суммы тренда и кригинга.

Компьютерная модель кровли рудного горизонта I сходна по геологическому смыслу интерпретации, данной геологом Е.А.Каменевым структуре этого горизонта. Результаты исследований свидетельствуют о возможности привлечения геостатистики для решения геологических задач, в том числе на объектах значительной сложности каким является месторождение Коашва.

The results of geostatistical modelling of the upper ore horizon of Koashva apatite-nepheline deposit are presented. The investigation is based on processing of sampling data from 402 prospecting holes. A basic network of 551 points, with mesh dimensions – 100 x 100 meters, was created additionally on the base of interpolated data. All further calculations were made within prospecting on the base of applying additional network. Creaking was has been chosen as a reliable interpolation method. It is the most flexible method among geostatistical methods and it allows processing any geological data. A number of voriagramatical models has been framed on the base of sampling data. A significant trend has been fixed and led to the necessity of applying universal creaking. Data processing was made on the base of original software G.S.Porotov) using the following algorithm – measurement of coordinate Z in each screen point for each boundary as a sum of trend and creaking.

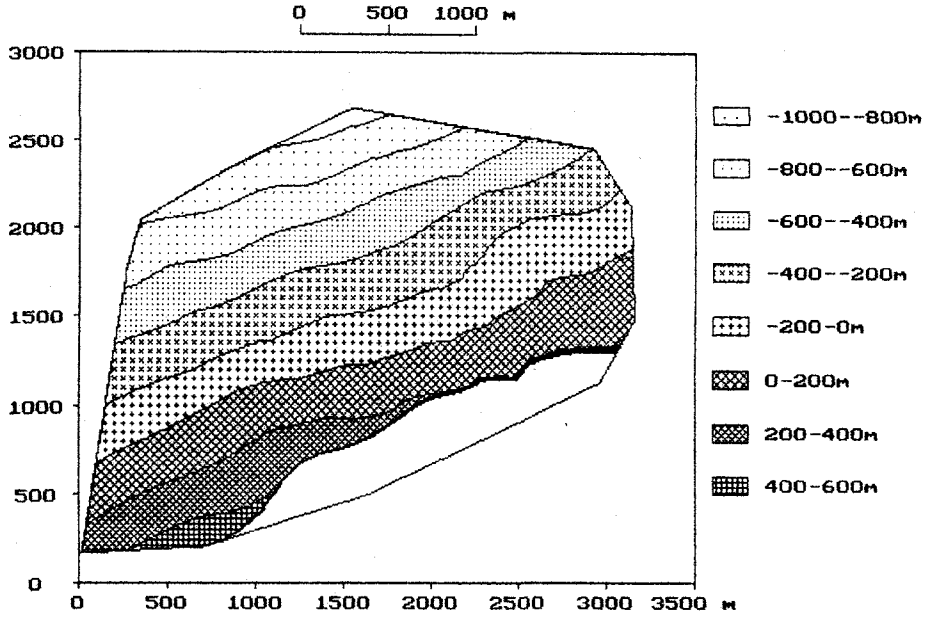
The computer model of the roof of the firs ore horizon reflects the geological interpretation given to the structure of this horizon by E.A.Kamenev. The results of investigations indicate the possibility of using geostatictics for solving geological problems at objects of significant complexity, like Koashva deposit.

Геостатистика появиась в 60-х гг. XX столетия и стала одним из самых эффективных средств решения широкого круга горно-геологических задач.

Основы теории и их практические приложения, разработанные Ж.Матероном, М.Давидом, Д.Криге [1, 2] и другими учеными, легли в основу геостатистических модулей большинства пакетов прикладных программ для решения задач управляемой интерполяции и подсчета запасов: Datamine, Surpac, Geomcom, GST, Grapher, Surfer.

Основным понятием геостатистики является понятие пространственной переменной и ее пространственных приращений. Математический аппарат геостатистики позволяет использовать следующие модели поведения пространственной переменной: распределения, тренда, вариограммы, зоны влияния.

Геостатистика – достаточно универсальная методика, однако требует четкого понимания как физического смысла выполняемой операции и хорошего знания геологических особенностей изучаемого объекта. Применение геостатистических методов имеет ряд ограничений, в частности, налагаемых понятием «геостатистически однородный участок», выделять который необходимо прежде всего по геологическим со-



Абсолютные отметки кровли горизонта I

ображениям. Таким образом, для получения наилучшего конечного результата необходима корректировка и сортировка первичных геологических данных (выделение рудных тел, сортировка проб и др.)

По месторождению Коашва первичная информация представлена данными по 402 разведочным скважинам (положение в пространстве, данные инклинометрии и более 20 тыс. проб на P_2O_5 и Al_2O_3). Распределение скважин по глубине – неравномерное, наибольшее количество скважин приходится на глубину до 600 м. Максимальную глубину около 1500 м имеют только три скважины. Таким образом, с глубиной возрастает дискретность точек опробования, а следовательно, и уменьшается объем геологической информации. При разведке месторождения за основу принималась концепция, согласно которой сложность рудных тел уменьшается с глубиной, что объясняется структурным положением Коашвы в системе апатит-нефелиновых месторождений Хибин [3]. При эксплуатации месторождения было установлено, что с глубиной происходит расщепление рудных тел и усложняется морфология.

На подготовительном этапе стало необходимым создать сеть из 551 опорных точек и построить планы расположения скважин на каждом горизонте через 100 м. Дополнительно был построен выпуклый контур разведанной площади, внутри которого производятся все расчеты.

При построении изотропных вариограмм геологических границ было установлено, что характер вариограмм свидетельствует о наличии тренда [4].

Наличие значимого тренда создает трудности для линейного геостатистического оценивания, основанного на гипотезах стационарности и симметричности приращений. Поэтому в качестве методики интерполяции геологических границ был выбран оригинальный прием, заключающийся в сочетании двумерного полиномиального тренда не выше третьего порядка и точечного кригинга. Порядок вычислений следующий:

1. Вычисление тренда геологической границы, т.е. зависимости координаты Z от координат X и Y.

2. Вычисление остатка от тренда как разности между фактическими координатами Z в скважинах и значениями тренда в этих же пунктах.

3. Построение вариограммы остатков от тренда для каждой геологической границы с последующей аппроксимацией вариограм-

мы теоретической кривой, в роли которой наилучшим оказался полином третьего порядка.

4. Вычисление координаты Z в каждой точке экрана для каждой границы как суммы тренда и кригинга. Вычисление значений тренда не представляет трудностей. Гораздо сложнее вычисление кригинга. Для этого в каждой точке экрана нужно составить систему уравнений кригинга по ближайшим скважинам (с учетом опорных точек 4-9 ближайших точек). Решение системы дает весовые коэффициенты кригинга. С помощью весовых коэффициентов находится приращение координаты Z, которое добавляется к значению тренда. В итоге получается интерполированное значение координаты Z в каждой точке разведочного контура.

5. Введение понятия ранга геологических границ. Граница низкого ранга не может пересекать границу высокого ранга. Это нужно для нахождения пересечения геологических границ, например, для построения выхода границы рудной залежи на поверхность фундамента. Для этого приходится вычислять в каждой точке одновременно значения двух геологических границ по методике, описанной в пункте 4, и сравнивать их между собой, чтобы граница высокого ранга ограничивала границу низкого ранга.

В результате проведенных расчетов получены планы изолиний геологических границ рудной зоны месторождения.

Рассмотрим результаты моделирования кровли рудного горизонта I. Горизонт пересечен 197 скважинами, рассчитанные тренды границы первого, второго и третьего порядка похожи друг на друга и показывают устойчивое падение рудного горизонта на северо-запад.

После анализа границы фундамента и кровли рудного горизонта построен план абсолютных отметок кровли рудного горизонта (см. рисунок). На пересечении границ получается выход рудного тела на поверхность фундамента. Достаточно хорошо выражено устойчивое залегание с падением на северо-запад к центру Хибинского массива. Выход рудного горизонта на поверхность фундамента отражает в первую очередь неровности фундамента, хотя возможны некоторые колебания кровли рудного горизонта.

Полученная математическая модель кровли рудного горизонта I сходна по геологическому смыслу интерпретации структуры этого горизонта Е.А.Каменева [3].

Рассмотренные результаты исследований свидетельствуют о возможности и необходимости привлечения геостатистики для решения геологических задач, в том числе на объектах значительной сложности, каким и является месторождение Коашва.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Давид М.* Геостатические методы при оценке запасов руд. Л.: Недра, 1980. 215 с.

2. *Матерон Ж.* Основы прикладной геостатистики. М.: Мир, 1968. 408 с.

3. *Каменев Е.А.* Поиски, разведка и геолого-промышленная оценка апатитовых месторождений Хибинского типа (Методические основы). Л.: Недра, 1987. 188с.

4. *Капутин Ю.Е.* Геостатическое исследование месторождений полезных ископаемых / КНЦ РАН. Апатиты, 1995. 190 с.

Научный руководитель профессор, д.г.-м.н. *Г.С.Поротов*