

В.С. Балахонов, Д.В. Балахонов, В.А. Кискин

***КОМПЬЮТЕРНАЯ БЛОЧНАЯ МОДЕЛЬ
И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ АНИЗОТРОПНЫХ
ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ГАРБУЗОВСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)***

Для эффективного функционирования горно-рудных предприятий необходима полная, достоверная и оперативная информация о недрах, что, в свою очередь, позволит управлять запасами и качеством полезных ископаемых при их освоении. Данная цель может быть достигнута, если недропользователь владеет технологией создания блочной (геостатистической) модели месторождения.

Чтобы осуществить построение пространственной блочной модели месторождения, необходимо с достаточной степенью детальности изучить морфологию рудных тел, убедиться в достаточности существующей плотности сети наблюдения и изучить изменчивость (анизотропию) структуры геологического объекта (под анизотропией структуры строения геологического объекта понимается различие в скорости смены геологических элементов структуры по разным направлениям внутри данного геологического объекта [1, 5]).

С учётом вышеизложенного была создана компьютерная блочная модель золоторудного месторождения Гарбузовское с использованием ГИС-«Micromine».

Месторождение Гарбузовское локализовано в пределах Самозовского рудного поля, которое расположено в Юхтино-Пуриканской рудной зоне в центральной части Алданского щита [3]. Пространственно месторождение приурочено к контактовой зоне Юхтинского мезозойского щелочного массива с доломитами усть-юдомской свиты венда среди гидротермально изменённых тремолитовых мраморов, эгирин - авгитовых сиенитов, диопсид - флогопитовых скарнов. Золотопродуктивные процессы железомарганцевого и кремне-калиевого метасоматоза накладываются на все породы контактного ореола интрузива. Образовавшаяся в результате этих процессов ассоциация метасоматических пород и со-

проводящее их золотое оруденение по развитию типоморфных минералов относятся по генезису к золотоджаспероидной рудной формации и соответствующему ей геолого-промышленному типу месторождений. Оно характеризуется очень сложным геологическим строением, золоторудные залежи сложены мелкими по размеру телами с изменчивыми мощностями, распределение золота в залежах очень неравномерное.

На начальных этапах компьютерного блочного моделирования особое внимание уделялось процессу оконтуривания запасов. Оно производилось последовательно - по разведочному пересечению, по разведочным разрезам и в продольных плоскостях залежей. Геологическими критериями выделения рудных тел являлись их приуроченность к определённым геолого-структурным элементам. Для минерализованных зон в качестве таких элементов выступают крутопадающие зоны тектонических брекчий в метасоматически изменённых сиенитах, а для залежей – это пологие зоны тектонической трещиноватости в скарнах или интрузивных породах, контакты карбонатных и силикатных пород. Для исключения условности при увязке рудных тел в продольных плоскостях геометризация запасов проводилась в контурах продуктивных залежей, понимая под залежью систему пространственно сближенных рудных тел, объединённых единым промышленным контуром в соответствии с принятыми кондициями. Блочное моделирование осуществлялось путём заполнения сплошных каркасных моделей рудных тел элементарными блоками. Размер блоков 10x10x2,5 м был выбран на основе кластерного анализа данных опробования, а также с учётом горных требований, густоты разведочной сети и морфологии рудных тел. Для каждого блока рассчитывался фактор, т.е. его пропорция в пределах каркасной модели месторождения. Выделено 8 золоторудных залежей, которые по степени однородности геологического строения и разведанности были разбиты на 11 подсчётных блоков категории С₁ и 9 блоков категории С₂.

Используя аппарат геостатистики, произведена оценка пространственной непрерывности золоторудной минерализации по главным направлениям анизотропии в пределах месторождения (вариограммный анализ).

На месторождении выделяются разные группы геологических элементов, образующих в объекте свою структуру. В зависимости от специфики генезиса объекта анизотропия структур разных групп

элементов отличается друг от друга. Нередко анизотропия изменчивости содержания для разных компонентов руды оказывается в рудном теле не одинаковой, что является следствием особенностей этапов его формирования [2]. Таким образом, изучение анизотропии может дать важную дополнительную информацию о строении и генезисе геологического объекта.

Под структурой месторождения в геостатистическом анализе подразумевается как пространственное распределение самих содержаний, так и их коррелятивность в зависимости от направления и расстояния между точками опробования. В начале данного исследования использовалась экспериментальная вариограмма, которая строилась по результатам опробования (данные по 15 разведочным профилям – 93 скважины), т.е. по всем пробам без учёта направления между ними, что убедило нас в наличии анизотропии в распределении золота на месторождении. Далее оценивалась пространственная непрерывность минерализации (содержание золота, г/т) по различным направлениям – по скважинам и по буровым линиям в пределах созданных объёмных рудных тел.

При построении вариограмм «варьировались» различные параметры: шаг (lag) – интервал, дистанция между парой проб; отступление от начального положения (offset); количество классов (class) – количество итераций поиска; азимут (azimuth) и угол наклона (dip) оси поиска; угол поискового конуса (spread).

Данные характеристики подбирались в интерактивном режиме в системе «Micromine» с помощью моделирования некоторой непрерывной теоретической функции, аппроксимирующей дискретную экспериментальную вариограмму. В геостатистике известно несколько функций, которые используются в качестве моделей реальных вариограмм: эффект самородков, линейная, квадратичная, сферическая, круговая (2D сферическая), экспоненциальная и Гауссова модели [4]. Подбор моделей производился как визуально, так и методами регрессионного анализа.

При возрастании расстояния между пробами соответственно увеличиваются и значения вариограммы, но это «увеличение» продолжается до определённого предела, после которого функция колеблется вокруг горизонтальной линии. Этот предел – «порог» (D, σ^2) равен дисперсии исследуемой характеристики. Расстояние между пробами, при котором вариограмма достигает «порога» яв-

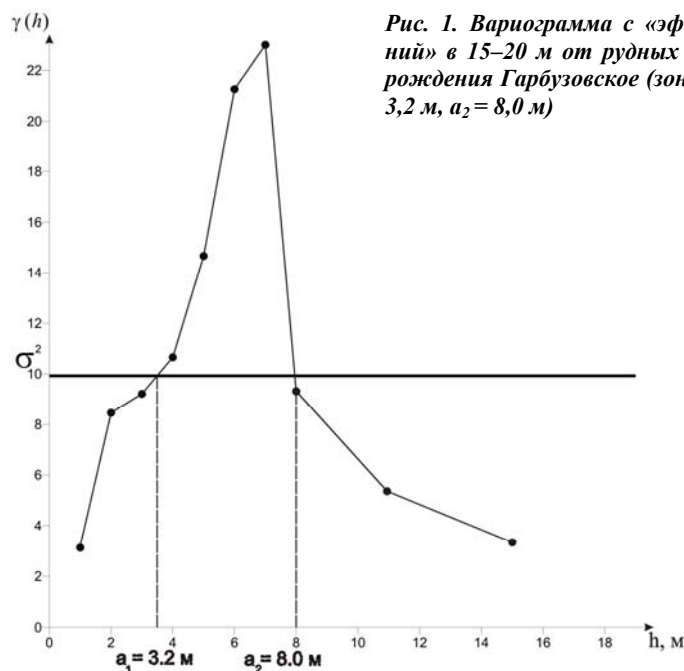
ляется «зоной влияния» (a), т.е. это расстояние, на котором сохраняется корреляция между содержаниями в пробах [2, 4].

Проведённые вариографические исследования (структурный анализ) позволили обнаружить наличие «структуры» в распределении концентраций золота в пределах месторождения. Вблизи штока граносиенитов наблюдается чередование прослоев скарнов (флогопит – диопсидового, тремолитового состава) с наложенной сульфидной минерализацией, метасоматитов кварц-полевошпатового состава с содержаниями золота от 0,05 до 0,2–0,4 г/т. В этих «областях» вариограмма имеет «эффект самородка», что говорит о весьма неравномерном характере распределения золота. Зона влияния $a = 1$ м, т.е. только на данном расстоянии сохраняется корреляция между содержаниями золота в соседних пробах. С увеличением расстояния между пробами, т.е. в направлении от зон контакта в сторону рудных тел дисперсия содержаний золота постепенно уменьшается.

Иная закономерность выявлена на приближении к рудным залежам. Уже в 15–20 метрах от рудных тел структура изменчивости содержаний золота имеет характер включений (модель вариограммы – «эффект включений»). Данный тип вариограммы свидетельствует о наличии зональности в распределении золота, т.е. периодическом чередовании «богатых» и «бедных» зон ($a_1 = 3,2$ м и $a_2 = 8,0$ м). Этот эффект характеризуется относительной амплитудой, которая определяется отношением максимального значения вариограммы (на гребне) к её порогу, а также расстоянием, при котором достигается максимальное значение. Таким образом, периодичность в зональности распределения золота появляется с шагом в 6,0 м (рис. 1).

Зафиксирована закономерность уменьшения шага периодичности для фронтальных зон (это зоны метасоматически изменённых пород) рудных залежей практически выходящих на поверхность. Шаг периодичности в таких зонах – 3,0 м, а зоны влияния $a_1 = 1,7$ м, $a_2 = 3,5$ м (рис. 2).

При исследовании анизотропии вдоль простирания рудных тел (залежей) определён вид структурной функции – сферическая (рис. 3).



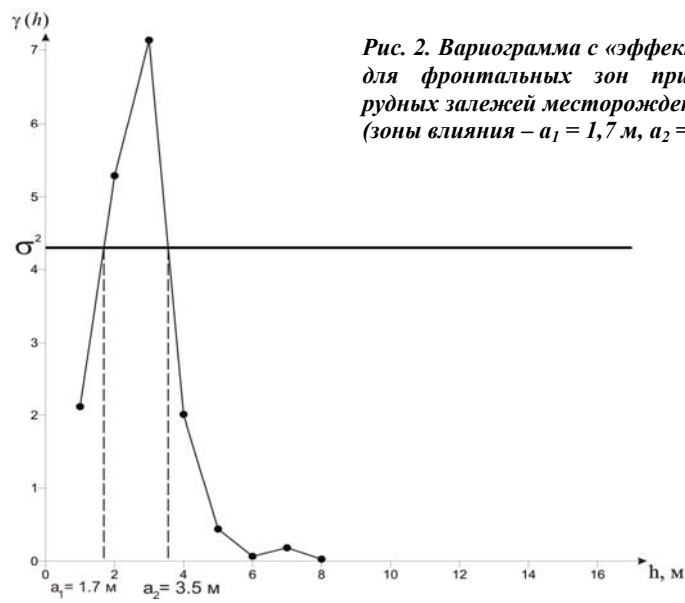


Рис. 2. Вариограмма с «эффектом включений» для фронтальных зон приповерхностных рудных залежей месторождения Гарбузовское (зоны влияния – $a_1 = 1,7$ м, $a_2 = 3,5$ м)

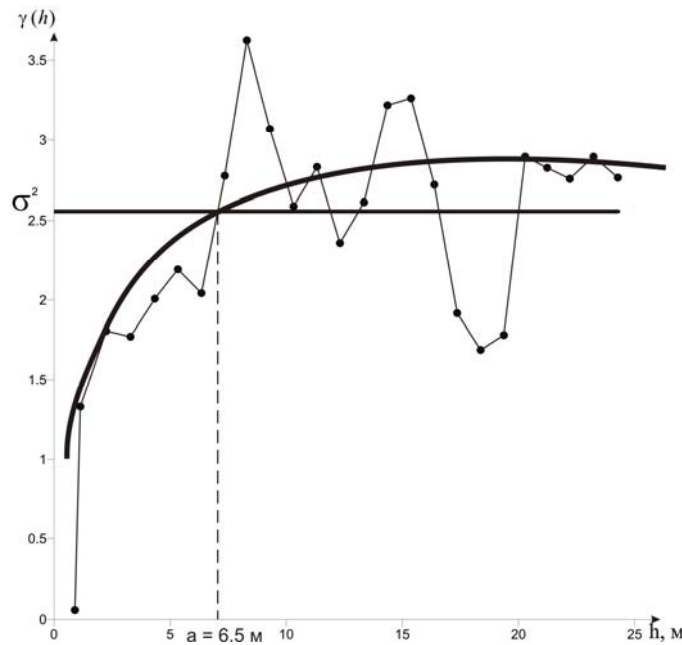


Рис. 3 Сферическая вариограмма вдоль плоскостей залегания рудных залежей (a = 6,5 м)

Интерпретируя данную модель вариограммы, можно утверждать, что корреляция между содержаниями золота вдоль плоскостей залегания рудных тел наблюдается на расстоянии 6,5 м ($a = 6,5$ м). Дисперсия содержаний золота имеет постепенный характер возрастания лишь на этом интервале, а затем резко увеличивается.

Более сложный вид анизотропии (зональная) наблюдается в вертикальном направлении (вдоль показателя мощности рудных тел). Вариограмма имеет тип «вложенных структур» (рис. 4).

Отмечается две зоны влияния ($a_1 = 1,5$ м и $a_2 = 7,0$ м) достаточно сильно отличающиеся друг от друга. «Вложенные структуры» указывают на присутствие в рудных телах процессов, оперирующих в различных масштабах. Это изменчивость, обусловленная переходом от одного минерального агрегата к другому. Зона влияния $a_1 = 1,5$ м фиксирует, что корреляция между

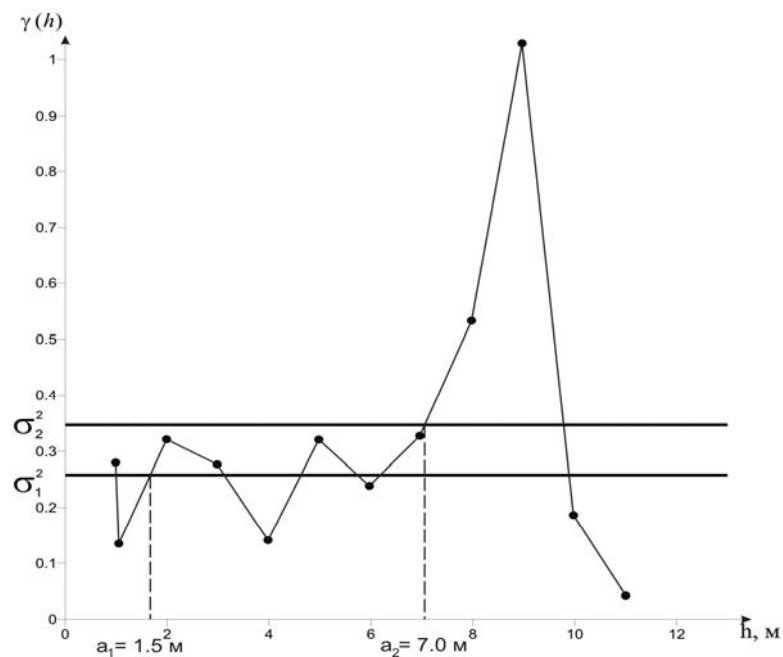


Рис. 4. Вариограмма «вложенных структур», указывающая на присутствие процессов, оперирующих в различных масштабах (по вертикали в пределах залежей; $a_1 = 1,5$ м, $a_2 = 7,0$ м)

содержаниями золота в пробах наблюдается именно на этом расстоянии (уровень минерального агрегата), а на уровне рудной залежи появляется ещё один тип изменчивости (именно в вертикальном направлении) в точках перехода от обогащённых золотом интервалов к маломощным прослоям пустых пород или метасоматически изменённым породам с гораздо меньшими содержаниями золота. В данном случае «зона влияния» достигает - $a_2 = 7,0$ м (рис. 4).

Созданная компьютерная блочная модель золоторудного месторождения Гарбузовское (в системе «Micromine») обладает рядом преимуществ:

- наиболее полно и достоверно (насколько это позволяет плотность разведочной сети) описывает форму месторождения, вследствие чего достигается более высокая, чем при использовании картографической модели, достоверность подсчёта объёма рудных тел (отсюда – и запасов металла);

- учитывает особенности пространственного распределения компонентов, регламентирующую качество полезного ископаемого, а следовательно, даёт возможность оценки их содержания в любой точке залежи;

- применяемые при генерации блочной модели интерполяционные методы дают возможность оценки степени разведанности месторождения и погрешности подсчёта запасов в любой его точке;

- позволяет создать контуры будущего карьера – маркшейдерская модель, которая является динамической, отражая состояние горных работ и изменение в ситуационном плане карьера на каждую дату маркшейдерской съёмки;

- обеспечивает возможность селективной отработки месторождения.

Исследование серии направленных вариограмм, определение их параметров, выявление структуры анизотропных рудных тел месторождения Гарбузовское, позволило уточнить категоризацию запасов данного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балахонов В.С. Методика пространственного компьютерного анализа для прогнозирования и выявления локальных закономерностей минералогеохимических полей//Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейской территории России и Урала. Материалы Регион. конфер. геологов Европ. территории России и Урала. Екатеринбург, 2000. С.32-33.

2. Балахонов В.С. Геостатистические модели и прогноз достоверности оконтуривания и среднего содержания при разведке месторождений// Горно - металлургический комплекс России: состояние, перспективы развития. Материалы II Всерос. Научно - практич. конференции. Владикавказ, 2003. С. 52-55.

3. Дворник Г.П., Балахонов В.С., Угрюмов А.Н. Метасоматизм и золотоджаспероидное оруденение Самолазовского рудного поля (Алданский щит)//Известия Уральского государственной горно-геологической академии. Вып.15. Серия: Геология и геофизика. 2002. С. 91-98.

4. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб: Недра, 2002. 424 с.

5. Четвериков Л.И. Оценка анизотропии геологических объектов // Вест. Воронеж. ун-та. Серия: Геология. 2000. Вып.9. С. 26-31. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Балахонов В.С. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург,

Балахонов Д.В. – инженер-геолог, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург,

Кискин В.А. – главный геолог, АС Селигдар, г. Алдан.