

УДК 550.812:51:553.3.071

А.В. Загибалов

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВЕДКИ РОССЫПНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОГРЕШНОСТЕЙ ОКОНТУРИВАНИЯ И ПОДСЧЕТА
ЗАПАСОВ**

Оптимизация плотности разведочной сети при разведке россыпных месторождений золота является важной задачей. Однако до сих пор нет приемлемого и окончательного решения этой задачи. Все частные приемы и методы, применяемые на практике, для оценки результатов разведки являются разновидностями одного из методов аналогии, сравнения, разрежения и расчетных (математических). В качестве одного из методов решения задачи оптимизации плотности разведочной сети рассматривается метод математического моделирования россыпного месторождения и процесса его разведки и опробования. В качестве критерия оптимальной плотности разведочной сети используется ошибка геометризации. Приводятся результаты моделирования и разведки россыпи и соответствующие выводы.

Ключевые слова: россыпное месторождение, разведка недр, оптимизация плотности разведочной сети.

Семинар № 2

Основные затраты при изучении россыпных месторождений определяются количеством пройденных разведочных выработок. Решением вопроса оптимизации плотности разведочной сети занимались многие исследователи. Однако до сих пор нет приемлемого и окончательного ответа на этот вопрос. Все частные приемы и методы, применяемые на практике, для оценки результатов разведки являются разновидностями одного из методов аналогии, сравнения, разрежения и расчетных (математических).

Метод аналогии является одним из проявлений принципа аналогии в разведке недр. Способ прост, логичен, удобен и позволяет оперативно выбирать плотность и геометрию сети. В инструкциях по применению классификации запасов к месторождениям различных полезных ископаемых приводятся обобщенные данные по рекомендуемым раз-

ведочным сетям в зависимости от группы сложности месторождения для разных категорий запасов. Обоснование группы сложности для целей разведки во многом зависит от объема знаний о месторождении. Чем необычнее по своему строению, составу и генезису месторождение, чем специфичнее задачи их разведки, тем ниже оказываются возможности метода аналогии. С целью повышения работоспособности метода аналогии для оптимизации разведочной сети инструкцией 1986 г [5] наряду с группировкой россыпей по сложности их разведки вводится дополнительно группировка россыпей по неоднородности строения. Однако возникает проблема определения структурной группы по данным разведки.

Сущность метода сравнения заключается в сравнении разведочной модели месторождения с его наиболее достоверной моделью, основанной на весьма

детальном изучении аналога в процессе эксплуатации. Различие, которое при этом фиксируется, рассматривается как показатель, оценивающий точность разведки.

При сопоставлении анализируются выявленные изменения в представлении об особенностях геологического строения месторождения, их влияние на количество запасов, сопоставляемых данных разведки и эксплуатации. При этом оценивается достоверность результатов, использованных для сравнения с данными детальной разведки (эксплуатационной разведки и опробования очистных выработок, геолого-маркшейдерского и фабричного учета и др.), надежность оценки величины потерь и разубоживания.

Объективность метода целиком зависит от качества контрольной модели сравнения, т.е. от степени ее соответствия разведанным недрам. Если она полностью соответствует действительности, то метод сравнения оказывается единственным, позволяющим дифференцированно произвести оценку разведанных недр. В практике разведки метод сравнения используется, главным образом, для оценки ее результатов, поскольку сведения, которые он дает, не представляют практической ценности для данной разведки.

Метод разрежения получил достаточно широкое распространение при оптимизации плотности разведочной сети. Суть метода сводится к следующему. Исходная, весьма густая разведочная сеть последовательно разрежается в 2, 3, 4 и т.д. раз. По разреженной разведочной сети определяются интересующие характеристики недр, строятся геологические разрезы. После этого производится их сравнение с «истинными» характеристиками, за которые принимаются характеристики, установленные на

основе всех имеющихся разведочных данных, при этом различия рассматриваются в качестве погрешностей, к которым приводит частное, конкретное разрежение сети.

По мнению многих исследователей метод разрежения до настоящего времени остается единственным методом, который позволяет осуществить экспериментальную проверку отдельных положений методики разведки и применимости математических (расчетных) методов. Однако этот метод оказывается объективным только тогда, когда исходная сеть априори обладает оптимальной геометрией.

В основе математических (расчетных) методов лежит известная формула теории вероятности

$$P = \frac{t * V}{\sqrt{n}}$$

где P - погрешность определения среднего; t - коэффициент надежности оценки параметра; V - коэффициент вариации изучаемого параметра; n - число наблюдений.

Решая эту формулу относительно n , можно при заданных параметрах P , t и V определить необходимое число наблюдений. Однако это число в большей степени будет зависеть от случайной составляющей коэффициента вариации, отсюда одно и то же количество пересечений может быть и в большом блоке категории C_1 и в маленьком блоке категории A . Кроме того при расчете числа пересечений остаются неизвестными t и P , т.к. дискуссия о количественной оценке точности подсчета запасов не привела к какой-либо регламентации этих значений.

Количественные решения проблемы оптимизации плотности разведочной сети основаны на установлении радиуса автокорреляции. Однако многолетний опыт исследований убеждает, что в

практическом отношении этот путь весьма труден и неудобен. Связано это с большой чувствительностью автокорреляционных функций к эргодичности пространственных переменных и с тем, что радиус автокорреляции не может быть меньше расстояния между разведочными пересечениями, что требует реализации заведомо более плотной разведочной сети.

В последнее время стали применяться методы анализа плотности разведочной сети, основанные на использовании ошибок геометризации в качестве критерия степени разведанности [1]. Ошибка геометризации зависит от изученности геологического строения месторождения и функционально связана с расстояниями между разведочными выработками. В этом случае количество разведочных пересечений не имеет значения.

Таким образом, можно сделать вывод, что сегодня нет оперативного и надежного метода, позволяющего предрасчитать плотность разведочной сети, не воспользовавшись методом аналогии. При этом геолог должен получить исчерпывающие данные о конкретной россыпи, реализовав всего один вариант разведки. Все же ответы об оптимальной разведочной сети основываются на вероятностном решении «в среднем», следовательно, можно получить результат, не совпадающий с действительностью.

Однако определение ошибки геометризации не исчерпывает изученность запасов, так как практически не учитывает точность определения средней мощности и среднего содержания. Определение среднего содержания с точностью, удовлетворяющей ритмичной работе предприятия, оказывается даже более важно, чем, скажем, определение запасов по месторождению.

Существующая практика учета прироста запасов в процессе ведения разведочных работ и последующей эксплуатации заставляет большее внимание уделять величине запасов как интегрирующему показателю. Так, например, при отработке россыпей в связи с тем, что контуры подсчетных блоков всегда прямолинейны, часть запасов оказывается неподтвердившимися и списывается предприятием, а часть, находящаяся за пределами разведанного контура, ставится на баланс как установленная в процессе эксплуатации. По Бодайбинскому району Иркутской области за последние годы доля законтурной добычи для различных россыпей колеблется от нуля до 100% в зависимости от способа добычи. Прирост запасов за счет эксплуатационной разведки составляет 80 – 90%. При этом доля прироста запасов по отношению к приросту запасов детальной разведки колеблется в разные годы от 60 до 70 и более %. В целом по району за тридцатилетний период эксплуатации за контуром подсчитанных по данным разведки запасов добыто почти треть объемов песков и около 20% металла. Подавляющее большинство россыпей этого относится к 3 группе сложности по классификации ГКЗ и разведываются с подготовкой запасов категории C_1 обычно по сети $(100 - 200) \cdot (10 - 20)$ м.

Анализ результатов сравнения данных разведки с результатами эксплуатации по каждой из отработанных россыпей не позволили установить какие – либо закономерности в изменении ошибок определения параметров подсчета в зависимости от плотности разведочной сети. В пятидесяти процентах наиболее совпадающие результаты разведки и эксплуатации получались по более редкой сети, чем принятая при утверждении запасов ТКЗ и ГКЗ. Ограниченность вариан-

тов разрежения и неопределенность полученных выводов при сравнении данных разведки и эксплуатации заставила обратиться к помощи ЭВМ. Необходимо было создать модель россыпи, разработать и осуществить имитацию ее разведки с использованием разных технических средств и разной плотности разведочной сети.

При построении модели для оптимизации плотности разведочной сети конечными целевыми функциями являются погрешности определения среднего содержания, погрешности геометризации площадей, погрешности воспроизводства показателей размещения полезного ископаемого в пределах изучаемого участка месторождения. В качестве объекта моделирования выступает пространственное размещение металла в россыпи, условия залегания, гранулометрический состав металла и другие геологические факторы. Чем больше таких факторов будет учитывать объект моделирования и полученный при этом эталон, тем более точно модель воспроизведет природный характер размещения полезного ископаемого. Однако чрезмерное воспроизведение в эталоне несущественных факторов может затормозить действие и влияние основных параметров на общий процесс моделирования.

При построении моделей россыпных месторождений в качестве объектов моделирования могут быть выбраны:

- математическое описание размещения металла различными функциями;
- описание размещения показателя в виде матриц или таблиц с постоянным шагом изменения по строкам и столбцам.

Математический аппарат для построения модели россыпного месторождения может использовать линейные,

гармонические, полиномиальные и другие функции [6,7].

Для построения эталонного объекта при моделировании разведочных работ на ЭВМ в виде матрицы в качестве исходных данных был выбран наиболее варьируемый признак – содержание золота. Предварительные исследования показали, что изменчивость содержания золота обычно больше, чем изменчивость вертикального запаса или мощности. Кроме того, содержание золота в сплошном проколе можно считать также вертикальным запасом, если мощность пласта или горной массы принять за постоянную величину.

Для описания размещения показателя и построения на этой основе эталонного объекта можно использовать два метода: первый из которых основан на приведении нерегулярной сети точек опробования в регулярную с заранее заданным шагом изменения координат по осям [2,3], и второй, основанный на построении плоской триангуляции, в узлах которой находятся точки эксплуатационного опробования [4]. При выборе шагов изменения координат по регулярной сетке в первом случае построения эталона необходимо проявлять особую осторожность. Так достаточно большой шаг приведет к сильному сглаживанию исследуемого показателя, а малый не даст возможности для выявления закономерной составляющей в изменении показателя. Практически шаг изменения координат узлов равномерной сети необходимо выбирать таким образом, чтобы количество узлов равномерной сети было примерно равно количеству исходных точек наблюдений. Вторым методом построения эталона лишен этого недостатка, но он требует больший объем времени для решения поставленной задачи.

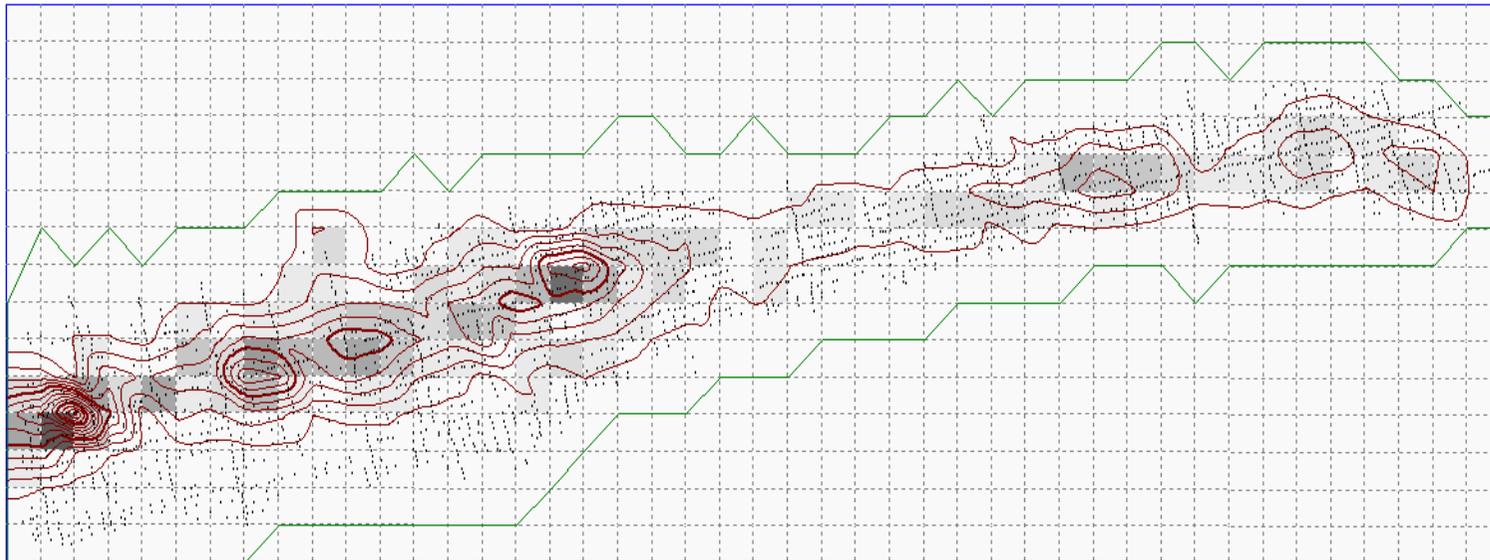


Рис. 1. План размещения золота участка россыпи Верхний Аканак (изолинии содержаний построены с шагом 5 г/м³)

Значение показателя в узле равномерной сети можно определить как:

- средневзвешенное на обратное расстояние от точек опробования до узла;
- полиномиальную карту изменения показателя в пределах окружающего узел участка;
- сплайн – поверхность окружающего узел участка;
- линейное площадное интерполирование.

Все перечисленные способы, за исключением первого, требуют не менее трех точек, попавших в прямоугольник равномерной сетки для данного узла, что не всегда представляется возможным при неравномерном эксплуатационном опробовании, малом количестве исходных данных или малом размере прямоугольника.

Суть способа взвешивания на обратное расстояние заключается в следующем. Для каждой точки (C_i), попавшей в прямоугольник, вычисляется расстояние (D_i) до узла и по формуле

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i / D_i}{\sum 1 / D_i}$$

вычисляется среднее значение признака в узле сетки. Полученная таким образом матрица узлов равномерной сетки с шагом $DX*DY$ является эталоном, сохраняющим основные закономерности размещения золота в плане. Используя метод линейного интерполирования между узлами равномерной сети, строится топоповерхность изосодержаний золота в плане (рис. 1).

Построенный таким образом эталон обладает рядом достоинств:

1. Он наиболее точно описывает размещение концентраций золота в пределах конкретной россыпи;

2. Он позволяет определить значение эталонного показателя в любой точке россыпи;

3. Он сохраняет неизменный запас и соответствующее среднее содержание, как в пределах всего эталона, так и в любой его части.

В то же время данный эталон включает все погрешности эксплуатационного опробования и связанные с ним ошибки размещения концентраций золота в пределах отработанной части россыпи. Однако этот недостаток нельзя признать сколько-нибудь серьезным, т.к. в дальнейшем производится «разведка» этого эталона и все сравнения производятся с эталонными показателями.

Вторым этапом моделирования является построение модели разведки месторождения. Данный этап складывается из решения двух отдельных задач:

- задача размещения разведочной выработки;
- задача определения содержания в разведочной выработке.

При решении первой задачи необходимо так расположить разведочные линии, чтобы расстояние между ними было равно заданному. Дополнительным условием является то, что разведочные линии должны располагаться вкрест простирания россыпи. Для решения этой задачи составляется полиномиальное уравнение осей россыпи

$$x_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^m \alpha_k * Y^k$$

и по нему определяются точки пересечения разведочных линий, таким образом, чтобы расстояние между линиями соответствовало заданному. Это достигается путем нахождения значения интеграла

$$L = \int_{y_0}^{y_1} \sqrt{1 - [f'(x)]^2} * \partial y$$

где L - заданное расстояние между линиями; V_0 - ордината предыдущей точки пересечения разведочной линии; $f'(x)$ - первая производная уравнения оси россыпи; d_y - шаг смещения ординаты; Y_i - искомая ордината следующей точки пересечения разведочной линии с осью россыпи.

Разведочная линия должна являться нормалью к оси россыпи в точке $O(X_i, Y_i)$ и задается уравнением:

$$X - x_i = -\frac{1}{\frac{\partial x}{\partial y}} * (Y - y_i)$$

Разведочные выработки в линии располагаются таким образом, чтобы расстояние между ними было равно заданному.

Используя описанный выше алгоритм можно создать разведочную сеть определенной густоты.

Моделирование содержания в разведочной выработке осуществляется исходя из уровня эталонного содержания в точке расположения разведочной выработки, гранулометрического спектра золота и объема пробы, определяемого поперечным сечением выработки. При моделировании содержания в выработке исходим из условия равномерного пространственного распределения отдельных золотин. При этом объем, в котором воспроизводится весь гранулометрический спектр золота, должен быть достаточно велик. Минимальный объем песков, в котором воспроизводится полностью гранулометрический спектр золота, различными исследователями определяется по-разному. Не решая специально эту задачу во всех моделях выбран объем $5*5*1$ м, что соответствует объему при подземной добычи 25 м^3 . Тогда объем скважины диаметром 0.2 м при мощности песков 1 м составит около 0.03 м^3 или 0.12 % от объема 25 м^3 . Объем шурфа сечением $1*1$ м составит 4

%. Такая, достаточно значительная разница в объемах «проб» обеспечит определенную случайную погрешность в определении содержания золота за счет колеблемости числа золотин и их суммарного веса, попавших в объем скважины или шурфа.

Логично предположить, что содержание металла в элементарном объеме и разведочной выработке (скважине, шурфе) будет иметь минимальное различие при небольшой разнице в объемах и «мелком» золоте. Для достижения необходимого эталонного содержания в элементарном объеме необходимо «накопить» большое количество зерен металла и поэтому содержания в «разведочных выработках» будут мало отличаться друг от друга. И наоборот, если моделируется крупный металл, попадание даже одного крупного зерна в пределы разведочной выработки может привести к возникновению «ураганного» содержания. В качестве разведочных выработок при моделировании процесса разведки выступают пять скважин, куст из этих скважин и шурф.

Результаты имитации разведочных работ являются данными для оконтуривания и подсчета запасов в блоках, опирающихся на (как принято на практике) две разведочные линии.

Контур балансовых запасов проводится с учетом минимального содержания по выработке, принятого для оконтуривания россыпи в плане, в виде прямых линий. При построении контура геологического блока по отношению к контуру эталона (остающегося во всех случаях постоянным и также построенный с учетом бортового содержания) появляются три области (рис. 2):

а) область, где содержание в эталоне и по результатам разведки выше бортового (S_1);

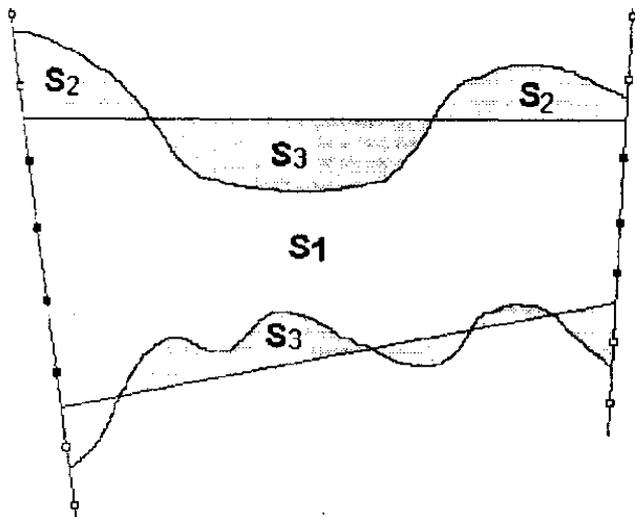


Рис. 2 Пример оконтуривания блока по данным имитационного моделирования

б) область, где содержание в эталоне выше, а по разведке ниже бортового (S_2);

в) область, где содержание в эталоне ниже, а по разведке выше бортового (S_3).

Область S_2 в дальнейшем будем называть потерями, а область S_3 разубоживанием.

Во всех случаях моделирования выполняется равенство

$$S_{Эм} = S_{бл} + S_2 + S_3$$

где $S_{Эм}$ - площадь эталонного блока m^2 , $S_{бл}$ - площадь блока, заключенного между двумя разведочными линиями, m^2 ; S_2 - площадь потерянных запасов из-за неравномерности «истинного» контура, m^2 ; S_3 - площадь пустых пород или некондиционных песков, включаемая в контур подсчета запасов, m^2 .

Отношение суммы площадей потерь и разубоживания к величине истинной площади блока характеризует "ошибку приконтурных искажений":

$$\Delta_k = \frac{S_2 + S_3}{S_{Эм}} * 100\%$$

М.В. Шумилин и В.А. Викентьев [1] предлагают в качестве количественного показателя степени пространственного совпадения запасов в разведочном и истинном контурах величину

$$\Delta = \frac{1}{2} * \frac{(S_2 + S_3)}{S_{Эм}} * 100\%$$

которую авторы назвали ошибкой геометризации. Она отражает степень изученности условий залегания и формы россыпи и может рассматриваться в качестве важнейшего количественного критерия разведанности запасов. Величина ошибки

геометризации зависит только от сложности истинного контура россыпи и расстояния между разведочными выработками, но не зависит от числа пересечений.

Оконтуривание по результатам имитации разведки производится с учетом кондиций и способа отработки россыпи. Выработки с содержанием ниже бортового включаются в контур подсчета в том случае, если зоны их влияния меньше установленной минимальной ширины «пустых» участков для данного способа отработки.

Запасы металла в блоке определяются как произведение площади на среднее содержание (при мощности пласта $1m$). При этом среднее содержание определяется как среднее арифметическое по всем выработкам, включенным в контур подсчета запасов. Аналогично находится среднее содержание в потерянных песках (за контуром) и в разубоживающей горной массе.

Для оценки достоверности разведанных запасов использованы три критерия: погрешность определения площади

блока, среднего содержания и погрешность геометризации.

Погрешность площади блока определялась по формуле

$$\Delta_s = \frac{S_{\text{бл}} + S_{\text{эм}}}{S_{\text{эм}}} * 100\%$$

Погрешность среднего содержания в блоке находилась из выражения

$$\Delta_c = \frac{\bar{C}_{\text{бл}} + \bar{C}_{\text{эм}}}{\bar{C}_{\text{эм}}} * 100\%$$

Принятый порядок моделирования разведочного процесса имеет ряд преимуществ по сравнению с известными методами оптимизации разведочной сети. Это, прежде всего, сохранение особенностей концентраций золота в россыпи, присущие природному объекту и трудно поддающиеся математическому описанию. Учитываются особенности гранулометрического спектра золота. Сохраняется неизменным эталон, создается возможность «разведки» россыпи любыми разведочными выработками. Размеры «разведочных выработок» могут быть разными.

Содержание металла в «разведочной выработке» определяется на основе моделирования размещения золотин в объеме по случайному равномерному закону и выбора из них тех, которые попадают в «выработку». Процесс моделирования накопления зерен металла продолжается до тех пор, пока содержание в принятом элементарном объеме (25 м^3) не достигнет содержания эталона в центре площадки. Так как каждое зерно металла имеет свои координаты, не составляет большого труда определить, попадает ли оно в пределы одной из «разведочных выработок». По окончании процесса моделирования в каждой «выработке» получается свое содержание металла, отличное от содержания в элементарном объеме, которое соответствует содержанию по модели.

Какие же важные для разведки выводы можно сделать при анализе результатов моделирования? Прежде всего, обращает на себя внимание следующее:

1. В подавляющем большинстве случаев площадь подсчета запасов как в целом по россыпи, так и по ее отдельным участкам, соизмеримым по величине с годовой добычей, оказывается меньше площади эталона.

2. Проявлена тенденция к завышению среднего содержания золота в разведанных блоках по сравнению с эталонным содержанием. Нивелировка ураганных проб не приводит к совпадению средних содержаний.

3. Тенденция изменения ошибок определения средних содержаний и площади подсчета запасов по мере изменения плотности разведочной сети проявлена слабо.

4. Ошибки геометризации малочувствительны к изменению расстояния между разведочными линиями и сильно зависят от расстояния между разведочными выработками в линии. Наиболее неблагоприятной сетью при разведке следует считать сеть с расстоянием между линиями 100 м.

5. Воспроизводимость результатов разведки скважинами понижается по мере укрупнения золота.

6. Достоверность оценки в точке повышается по кусту в сравнении с одиночной скважиной, однако это увеличение не пропорционально затратам.

7. Связь между значениями содержаний по кусту скважин и шурфам достаточно тесная и оценивается коэффициентом корреляции 0.7 – 0.8 для крупного (Me более 3 мм) и 0.8 – 0.9 для среднего золота ($Me = 1 – 3$ мм).

Результаты моделирования показывают, что площади эталона и разведанного блока совпадают крайне редко, поэтому только величина ошибки геомет-

ризации не может характеризовать изученности запасов. При наиболее часто принимаемой при разведке россыпей 3 группы сложности плотности сети (100 – 200) * (10 – 20) м для категории C_1 ошибки геометризации не выходят за пределы 50% [1].

Она оказывается меньше 50% даже при всех вариантах разведки по сети 400*20 м, что позволяет применить эту достаточно редкую сеть. При такой редкой сети потери запасов золота за пределами подсчетного контура не превысят 25%, а потери площади не более 33% (от действительных) для россыпей с мелким золотом (Me менее 1 мм).

Если разведать россыпь с тем же характером распределения золота, но по гранулометрии относящегося к классу среднего (Me 2 – 2.5 мм) при той же плотности сети, потери золота за контуром возрастут до 30 – 40%, а ошибки определения среднего содержания в блоке могут составить 100 и более %.

При сети скважин 200*20 м потери также превысят 50%. Для россыпей с крупным золотом (Me более 3 мм) при плотности сети 400*20 м площадь потерь составит 50 – 70%, а законтурные потери металла 30 – 60% и более.

Вероятней всего, при изучении приведенных выше моделей мы находимся на таком уровне, что четко определить

критерии, регламентирующие плотность разведочной сети, не представляется возможным. Тем более что в целом по россыпи можно получить удовлетворительные результаты по точности даже при значительных расстояниях между профилями. Если же говорить о достаточно крупных блоках (отвечающих по запасам примерно годовой добыче), то в их пределах возможны любые непредсказуемые результаты. Более плотная сеть предпочтительней, поскольку она страхует от крупных просчетов в оценке россыпи, хотя и может в частном случае дать худшие результаты по сравнению с более редкой, но наилучшим образом вскрывающей характерные участки россыпи.

Таким образом, основной вывод по результатам моделирования разведки россыпного месторождения золота заключается в следующем. При любой геометрии разведочной сети площадь подсчета запасов как в целом по россыпи, так и по отдельным блокам, соизмеримым с площадью годовой добычи занижается, а величина среднего содержания в большинстве случаев завышается по сравнению с истинными значениями. Погрешность геометризации не может являться критерием выбора оптимальной разведочной сети при разведке россыпных месторождений золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Викентьев В.А., Карпенко И.А., Шумилин М.В. Экспертиза подсчета запасов рудных месторождений. - М.: Недра, 1988.
2. Дэвис Дж. Статистика и анализ геологических данных: Пер. с англ. В.А.Голубевой; Под ред. Д.А.Родионова. - М.: Мир, 1977.
3. Дэвис Дж. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. В 2 кн./Пер. В.А. Голубевой; Под ред. Д.А. Родионова. - М.: Недра, 1990.
4. Загibalов А.В. Построение плоских триангуляций при решении некоторых геолого-маркшейдерских задач. Горный журнал: Известия ВУЗов.- Екатеринбург, 1995, № 5.
5. Инструкция по применению Классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых. - М., 1982.
6. Шатагин Н.Н., Щеглов В.И. Моделирование месторождений и рудных полей на ЭВМ (диалоговые системы). - М.: Недра, 1989.
7. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии. Учебное пособие. - Красноярск: Изд - во Красноярского ун - та, 1988. **ИДБ**

Коротко об авторе

Загибалов А.В. – заведующий кафедрой маркшейдерского дела Иркутского государственного технического университета, кандидат геолого-минералогических наук, профессор,
E_mail: zigzag@istu.edu, azagibalov@yandex.ru



РУКОПИСИ,

**ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Силачев В.В., аспирант, Уральский государственный горный университет
МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ МЕЛЬНИЦЫ (747/03-10 от 11.01.10 г.) 8 с.

На основе экспериментальных данных на шаровой мельнице получены спектральные плотности мощности шума, издаваемого мельницей при работе. Предложены два метода управления загрузкой головных мельниц обогатительных фабрик, основанные на составляющих шума высокой и низкой частоты. Первый – регулирование по величине отношения амплитуд высокочастотных и низкочастотных гармоник. Второй предполагает предварительный анализ шума мельницы и составление регрессионного уравнения зависимости загрузки от низкочастотных и высокочастотных составляющих шума.

Ключевые слова: мельницы обогатительных фабрик, спектральный анализ шума, регулирование заполнения.

Silachev V.V.

METHOD OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THE ZVUKOMETRICHESKY CONTROL OF FILLING OF THE MILL

Power spectral density of a mill's noise is received on the basis of experimental data. Two regulation methods of loading for main mills of concentration plants are suggested. These methods are based on high- and low-frequency noise components. The First method concerns regulation based on ratio of amplitudes of high- and low-frequency harmonic components. In second method preliminary analysis of a mill's noise is expected. Then regression equation is made. This equation shows the dependence a mill's loading on amplitudes of high- and low-frequency noise harmonics.

Key words: mills of concentration plants, spectral analysis, loading regulation.