Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LV, вып. 2, 1968 г.

О РАЦИОНАЛЬНОЙ РАЗВЕДКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛОВА

Б. Б. Евангулов, Ю. М. Арский

Экономическая эффективность разведки любого месторождения зависит от правильного выбора технических средств и рационального размещения необходимого числа разведочных пересечений *. Последнее определяется, как правило, степенью изменчивости основных параметров месторождения.

Применение формул математической статистики в той форме, как это делают многочисленные исследователи для анализа основных параметров месторождений полезных ископаемых, вызывает у геологов серьезные возражения. Основные из них указаны в работах В. И. Смирнова [1957], В. В. Богацкого [1963], Е. О. Погребицкого [1965 *а, б*] и многих других.

На примере ряда оловорудных месторождений жильного типа кварц-кассетеритовой формации проведен геолого-математический анализ разведочных данных для обоснования необходимого числа разведочных пересечений и выбора рациональной методики разведки.

Результаты исследований по выявлению закономерностей концентрации промышленных запасов олова в рудных районах, месторождениях и рудных телах [Евангулов, Арский, Лир, 1967] сводятся вкратце к следующему.

1. Свыше 75% промышленных запасов олова концентрируются менее чем в 25% рудных районов. В рудных районах основные промышленные запасы олова концентрируются в небольшом числе главных месторождений, а в последних — в 10—30% от общего числа известных рудных тел, также называемых главными. В главных рудных телах основные промышленные запасы сконцентрированы, как правило, на небольшой части площади (30—40%) рудного тела.

2. Установленная закономерность концентрации промышленных запасов в жильных месторождениях олова ориентирует поисково-разведочные работы на выявление главных месторождений и рудных тел и их первоочередную разведку.

3. Анализ геологоразведочных данных позволяет утверждать, что выявление главных месторождений и рудных тел возможно уже после

* Разведочное пересечение — полное пересечение рудного тела по мощности. При этом условно, для упрощения исследования не делается различий между пересечениями скважиной, шурфом, рассечкой, штольней и т. д.

проведения поисковых и поисково-разведочных работ канавами и редкой сетью буровых скважин.

В определении необходимого числа разведочных пересечений возможны два аспекта. Во-первых, можно не принимать во внимание, по каким выработкам (скважины, канавы, штольни, штреки) получены разведочные данные. Тогда все пересечения считаются равноценными и результаты по определению мощности и содержания полезного компонента в рудном теле рассматриваются как равнозначные (условно). Подобная постановка вопроса является единственно возможной на ранних стадиях исследования, когда рудные тела вскрыты небольшим числом различных выработок, главным образом, канав и скважин. Во-вторых, решать задачу о необходимости количества разведочных пересечений можно и по разведочным данным определенного типа горных выработок. Подобное решение помогает установить одновременно и нужную последовательность в применении различных выработок на разных стадиях разведки.

Для определения необходимого числа разведочных пересечений, позволяющего выяснить средние параметры рудных тел и месторождений, проводились вычисления как по формулам математической статистики, так и по данным, полученным в результате разрежения фактической разведочной сети. Наши исследования показали, что основной способ решения задачи — последовательное разрежение разведочной сети. Тогда в каждом конкретном случае дается однозначный ответ на вопрос о необходимом числе разведочных пересечений при заранее заданной погрешности определения среднего значения исследуемого признака. По мере последовательного разрежения в 2, 4, 8 и 16 раз разведочной сети подсчитывались средние значения исследуемых признаков (мощность, содержание, запасы) и для каждой стадии разрежения выбирался тот вариант, для которого отклонение среднего арифметического значения признака от соответствующего исходного было максимальным. То число разведочных пересечений, при котором максимальное отклонение полученного среднего значения исследуемого признака от соответствующей исходной величины достигало заданного предела, считалось минимальным, но достаточным для надежного определения среднего значения признака.

По результатам вычислений относительных отклонений частных значений исследуемых признаков от соответствующих средних значений строились кривые зависимости величины погрешности определения признака от числа пересечений (кривые ошибок). Ориентируясь на установленные таким образом закономерности, можно уверенно определить необходимое число разведочных пересечений для определения среднего значения того или иного признака и промышленных запасов в рудных телах (см. рисунок). Обобщая данные, характеризующие необходимое число пересечений для конкретных рудных тел, можно вывести среднее число пересечений для оценки запасов любого рудного тела в исследованном рудном поле.

Было установлено, что общей тенденцией для всех исследуемых рудных тел является увеличение относительного процента отклонения средних значений мощностей, содержаний и соответствующих значений коэффициентов вариации от исходных данных по мере уменьшения числа разведочных пересечений.

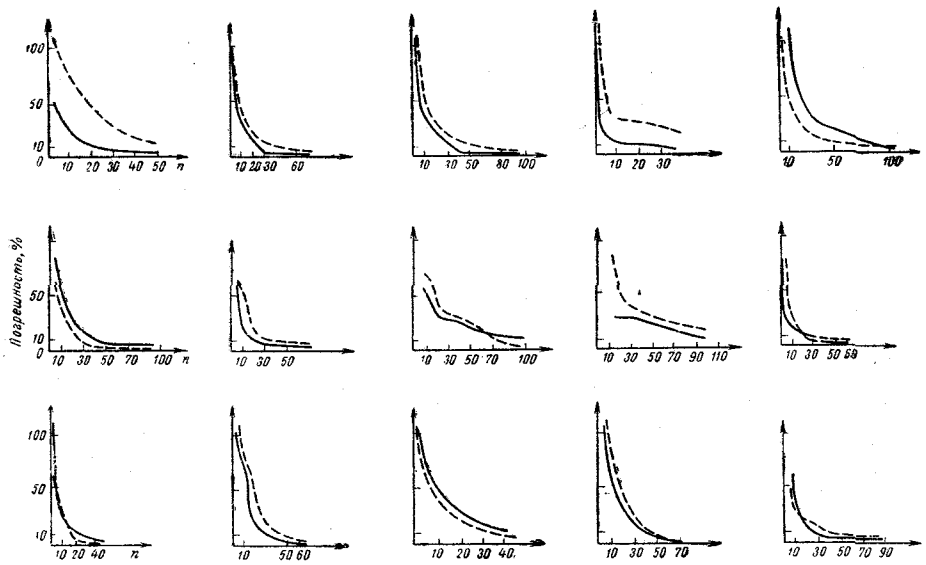
Установлено, что средние мощности по мере разрежения разведочной сети чаще всего отклоняются от исходной величины в сторону увеличения своего абсолютного значения, почти так же ведут себя

средние содержания. Следовательно, разрежение разведочной сети чаще приводит к завышению ожидаемых запасов подобных месторождений.

Необходимо отметить, что если число пересечений после разрежения (в 2 раза) более 40, то обычно отклонения не превышают 10—15% (чаще оставаясь менее 10%). Если же число пересечений после такого разрежения менее 30, то отклонения от соответствующих исходных значений обычно превышают 20%.

Анализируя степень изменчивости основных параметров, можно прийти к выводу, что в большинстве случаев содержание полезного компонента в рудном теле является более изменчивым параметром, чем его мощность.

Характерно, что максимальное относительное отклонение значений мощностей и содержаний, как правило, не попадает в одни и те же варианты, возникающие на определенных стадиях разрежения сети наблюдений. Это имеет существенное значение для оценки запасов в рудных телах, охарактеризованных различным числом разведочных пересечений.



Кривые ошибок погрешности: определения мощностей сплошная, содержаний—пунктир

n — число разведочных пересечений

Из анализа всех разведочных данных (рисунок) следует, что для определения мощности рудного тела с точностью выше 75—80% необходимо обычно несколько более 30 разведочных пересечений, а надежные результаты (т. е. удовлетворяющие любому из исследованных рудных тел) можно получить, имея 40—60 пересечений. Для определения содержания полезного компонента в рудном теле с точностью выше 70—80% требуется не менее 30—40 пересечений, а для надежных определений не менее 60.

Сравнивая результаты точности определения средних мощностей и содержаний для различных вариантов, возникающих при последовательном уменьшении числа пересечений, приходим к выводу, что

60—70 пересечений, как правило, достаточно надежно позволяют производить оценку запасов с погрешностью не более 25% в любом рудном теле в пределах изученных оловорудных месторождений.

Следует отметить, что мы ориентируемся в своих выводах на максимальные отклонения и погрешности, а вероятность встречи последних сравнительно невелика. Поэтому можно считать, что в большинстве случаев для оценки месторождения и рудных тел достаточно иметь меньшее число пересечений.

Для решения вопроса о виде разведочных выработок проведены следующие исследования. На вертикальные проекции наиболее разведанных рудных тел были нанесены все пройденные по ним подземные горные выработки. После этого сделано предположение, что месторождения разведывались только буровыми скважинами по сетке 50×50; 100×50; 100×100; 200×100 *м*. Было сделано допущение, что экспериментальные буровые скважины попали в намеченные проектом места и совпали с местами отбора проб из подземных выработок (высота разведочного этажа 50 *м*) и результаты обеих опробований оказались идентичны. Для каждой из принятых разведочных сеток было рассмотрено два варианта, при которых расположение начальной точки во втором варианте отличалось на плане от таковой в первом на 25 *м* по горизонтали.

Результаты проведенных вычислений свидетельствуют о том, что средние мощности рудных тел при плотности сети 50×50 *м*, полученные подсчетом по экспериментальным буровым скважинам, имеют удовлетворительную сходимость с имевшимися средними данными по результатам проходки всех горных выработок (погрешность не более 25%). Средние содержания для соответствующих пересечений имеют расхождения от 30—60 до 90%. Далее, чем менее плотной принималась густота разведочной сети буровыми скважинами, тем заметнее становились расхождения в средних результатах опробования. Однако для отдельных, наиболее крупных рудных тел независимо от густоты разведочной сети буровых скважин результаты определения оказывались сопоставимыми с таковыми по всем подземным горным выработкам.

Выяснилось, что решающее значение для достоверного определения средних мощностей и содержаний в рудных телах (если истинными считать средние данные по всей совокупности горных выработок) имеет не плотность разведочной сети, а общее число разведочных пересечений. Следует особо подчеркнуть, что речь идет лишь об оценке средних параметров рудного тела в целом.

Анализ результатов разрежения разведочной сети буровых скважин позволил прийти к выводу, что малые отклонения от данных разведки подземными горными выработками имеют место лишь в тех случаях, когда в подсчетах участвуют более 50—60 буровых скважин. Установлено, что даже сравнительно большое число буровых скважин в целом по рудному телу не может обеспечить достаточно надежные сведения об отдельно взятом промышленном блоке в рудном теле (во всех случаях на один блок приходилось менее 30—40 скважин).

Аналогичное исследование было проведено по результатам разрежения сети разведочных канав. Выяснилось, что по опробованию канав можно судить об оценке совокупности всех рудных тел, составляющих месторождение или рудное поле. Оценка отдельных рудных тел по такому числу разведочных канав (менее 30—40), как правило, отлична от полученной в результате детальной разведки.

Авторами был проведен анализ разведочных данных по отдельным отработанным промышленным блокам в пределах рудных тел. В результате анализа многих расчетных вариантов с различной плотностью и расположением сеток опробования выяснилось, что во всех случаях точность определения средних данных по мощности и содержанию в блоке зависит от числа разведочных пересечений, размещенных в блоке сравнительно равномерно.

Установлено, что необходимо 60—70 разведочных пересечений для достоверной оценки общих запасов в рудных телах (с погрешностью не более 25%) по результатам бурения и оценки отдельных промышленных блоков в пределах рудных тел по данным опробования в подземных горных выработках. Полученные данные объясняют причины неудач детальной разведки большинства рудных тел буровыми скважинами.

Кроме перечисленных исследований, нами проведены расчеты необходимого числа разведочных пересечений для тех же рудных тел и месторождений с помощью формул математической статистики. Для этого предварительно определялись коэффициенты корреляции (по рудным телам зависимость между мощностью и содержанием рудных тел), возможные ошибки в вычислениях коэффициентов вариации, а исходные данные мощности и содержания рудных тел сглаживались по методу П. Л. Каллистова [1956].

Результаты вычислений обоими способами оказались различными. Причины этого несоответствия предполагается изучать в дальнейшем.

Выводы

1. Для оценки запасов олова в рудных телах (с погрешностью не более 25%) вне зависимости от размеров тела необходимо иметь 60—70 разведочных пересечений. Плотность разведочной сети при этом будет определяться размерами рудного тела.

2. На стадии предварительной разведки целесообразно отдавать предпочтение поверхностным горным выработкам в комплексе с буровыми скважинами. В стадии детальной разведки необходимо проходить в основном подземные горные выработки, которые и обеспечивают получение надежных результатов. Буровые скважины на этой стадии следует проходить в основном для вскрытия рудных тел на глубоких горизонтах, поисков слепых рудных тел и апофиз.

3. Достаточно большое количество изученных оловорудных жильных месторождений кварц-касситеритовой формации, по результатам разведки которых получены настоящие выводы, позволяет надеяться, что число разведочных пересечений, установленное для надежного подсчета запасов, может удовлетворять необходимым требованиям при разведке новых оловорудных месторождений сходного генезиса и строения.

4. Продолжение исследований в этом направлении может привести к определению необходимого числа разведочных пересечений при оценке промышленных запасов любого типа месторождений полезных ископаемых, что обеспечит значительную экономию государственных средств при проведении геологоразведочных работ и сохранит надежность данных разведки.

ЛИТЕРАТУРА

Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети. Госгеолтехиздат, 1963.

Евангулов Б. Б., Арский Ю. М., Лир Ю. В. Закономерности концентрации промышленных запасов в оловорудных районах, месторождениях и рудных телах. Зап. ЛГИ, т. LII, вып. 2, 1967.

Каллистов П. Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. Недра, 1956.

Погребицкий Е. О. Теоретические основы разведки месторождений полезных ископаемых. Ротапринт ЛГИ, 1965 а.

Погребицкий Е. О. О способах определения густоты разведочной сети. Зап. ЛГИ, т. XLIX, вып. 2, 1965 б.

Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Изд-во МГУ, 1957.