Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г.В.Плеханова, т.ХУШ, вып. 2, 1975 г.

ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА СТАДИИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Б.Б.ЕВАНГУЛОВ, Ю.М.АРСКИЙ,
Н.В.ПАШКЕВИЧ, Л.И.КАЛУЦКАЯ

В основе экономической оценки месторождений полезных ископаемых должна лежать стоимостная оценка разведанных запасов минерального сырья для обоснования допустимого уровня общественно необходимых затрат на его разведку, добычу и переработку. Такая оценка необходима и для обеспечения наиболее полного и рационального использования недр.

Состояние теории вопроса наиболее полно изложено в последних работах М.И.Агошкова [1] и Н.А.Хрущова [15], Е.О.Погребицкого и В.И.Тернового [13,14], П.А.Быковер и Л.П.Кобахидзе [2,11], С.Я.Кагановича [10], Т.А.Гатова [5,6] и др.

Окончательное решение вопроса о промышленном характере месторождения или отнесения его к разряду непромышленных объектов в конечном итоге зависит от величины запасов и качества минерального сырья. Если общая ценность извлекаемых из месторождения запасов хотя бы равна предстоящим затратам на его разведку и разработку, а также переработку руды, концентрата и их транспортировку, месторождение относится к разряду промышленных. Предстоящие затраты определяются усредненно в расчете на I т руды или концентрата, как правило, по аналогии со сходными затратами, сложившимися на разрабатываемых месторождениях подобного типа. Очевидно, величина запасов полезного ископаемого и его качество будут определяющими параметрами при оценке месторождения, так как все прочие будут из производными.

В процессе стадийного производства геологоразведочных работ важное место принадлежит поисково-разведочной стадии, по завершении которой необходимо определить: промышленный тип месторождения; его контур; положение рудных тел и глубину оруденения; запасы полезного ископаемого по категории C_2 и прогнозные запасы.

Дать ответ на поставленные вопросы на основе ограниченной геологической информации сложно. Согласно исследованиям ВИЭМСа [3] , возможные погрешности при определении содержания полезных компонентов для ряда месторождений колеблются от ±30 до ±40%. Известны многочисленные случаи, когда разведанные месторождения так и не вовлекаются в эксплуатацию, что приводит к огромным непроизводительным затратам материальных и трудовых ресурсов.

Как справедливо отмечают Е.О.Погребицкий и В.И.Терновой [13] , анализ потерь минерального сырья при добыче и переработке показывает, что наиболее существенные из них связаны с упущениями при разведке месторождений и обосновании кондиций.

Таким образом, проблема обоснования требований к масштабу месторождений и качеству руды на базе общественно необходимых затрат, определение количества и качества геологической информации, необходимой и достаточной для оценки месторождений на стадии поисково-разведочных работ, а также материальных затрат, обеспечивающих получение такой информации, остаются во многом нерешенными.

В последнее время при разработке объективных критериев оценки запасов месторождений у нас в стране и за рубежом широко применяются математические методы [16] . В 1937 г. были построены первые статистические модели для анализа рентабельности проведения поисково-разведочных работ на нефть в Алжирской Сахаре. Однако статистическим моделям присущ ряд недостатков, потому что геологические данные, на основании которых их строят, берутся как постоянные величины. Удобнее применять для прогнозирования статистические решающие функции. В 1969 г. многомерный статистический анализ был использован при вероятностной оценке запасов полезных ископаемых на Аляске. Анализ геологических данных хорошо изученного района позволяет выявить основные факторы, влияющие на оруденение. На их основе составляются модели регрессии по классификации Бейса, позволяющие прогнозировать запасы полезных ископаемых. Конечным этапом подобного прогнозирования является выделение конкретных участков (величина которых зависит от масштаба исследований), с количественно определенными прогнозными запасами и вероятностной характеристикой их обнаружения. В.Роскей[17], проведя подобные исследования для Канады, определил, что вероятность обнаружения месторождений за последние 19 лет уменьшилась в 10 раз – с 0,01 в 1951 г. до 0,001 в 1969 г. При этом средние затраты на одну программу геологоразведочных работ ("попытку") им принимались равными 30 тыс.долларов. Пользуясь этой вероятностью, можно рассчитать: вероятность обнаружения по меньшей мере одного месторождения для любой данной суммы ассигнований на геологоразведочные работы; вероятность в конечном итоге успеха или неуспеха поисковых программ; величину предполагаемой прибыли от геологоразведочных работ; минимальное значение капиталовложений, необходимых для того, чтобы поисково-разведочные работы были рентабельными. В СССР аналогичные работы проводят А.П.Бугаец, Н.Н.Боронко, А.И.Куклин, А.И.Бурде.

Анализируя данные о распределении плотности месторождений в различных районах, И.А.Бурде [4] показал, что средняя плотность месторождений на 1000 км^2 – величина весьма устойчивая и колеблется для значительных территорий в пределах 0,4–0,8. Основой для определения предстоящих затрат он предлагает считать модель месторождения в районе поисков.

Определение достоверности полученных результатов при поисково-разведочных работах для оценки месторождений имеет первостепенное значение. Система количественной экспертной оценки геологической информации для отдельных видов поисковых и съемочных работ предложена Л.Г.Щербаченко (КазИМС). За последние годы на основе геологических критериев при региональных исследованиях достигнуты некоторые успехи в прогнозировании промышленных месторождений полезных ископаемых.

Пути повышения эффективности прогноза минерального сырья при геологосъемочных работах были тщательно проанализированы на семинаре по прогнозированию во Всесоюзном научно-исследовательском геологическом институте в 1973 г. Однако, несмотря на определенные достижения в геологическом, статистическом и математическом моделировании прогноза и оценки месторождений, до сих пор нет возможности дать четкое определение промышленного месторождения полезного ископаемого, которое будет эксплуатироваться в заданном временном интервале.

Многолетняя практика разведки и эксплуатации месторождений показывает, что в мировом балансе полезных ископаемых среди многих тысяч известных основную роль играет небольшое число крупнейших месторождений. В результате исследований авторов статьи месторождений цветных и редких металлов и анализа баланса запасов страны по ряду полезных ископаемых (1967, 1969, 1970, 1973 гг.) установлена концентрация основных промышленных запасов в ограниченном числе месторождений, которые и определяют, фактически, обеспеченность этих подотраслей в будущем. Так, в оловорудных районах 75% промышленных запасов олова сосредоточено максимум в 15–20% от общего числа учтенных месторождений. Авторами построены кривые концентрации запасов (рис. 1). На оси абсцисс отложено общее число учтенных промышленных месторождений олова в каждом районе, начиная с тех, в которых сосредоточены максимальные запасы полезного компонента, по оси ординат – доля каждого месторождения в общем балансе запасов района. Характер кривых во всех случаях примерно одинаков. Подобная картина типична для всех исследованных видов полезных ископаемых.

Эта статистическая закономерность приводит к важному практическому выводу: на стадии поисков и предварительной разведки основные усилия исследователей должны быть направлены на выявление главных месторождений района. Это позволит сосредоточить основное внимание разведчиков на небольшом числе важнейших объектов. По данным исследованных месторождений построены кривые концентрации запасов в рудных телах (рис.1,б) Характер кривых аналогичен характеру кривых, построенных для районов, и почти одинаков для всех изученных промышленных месторождений.

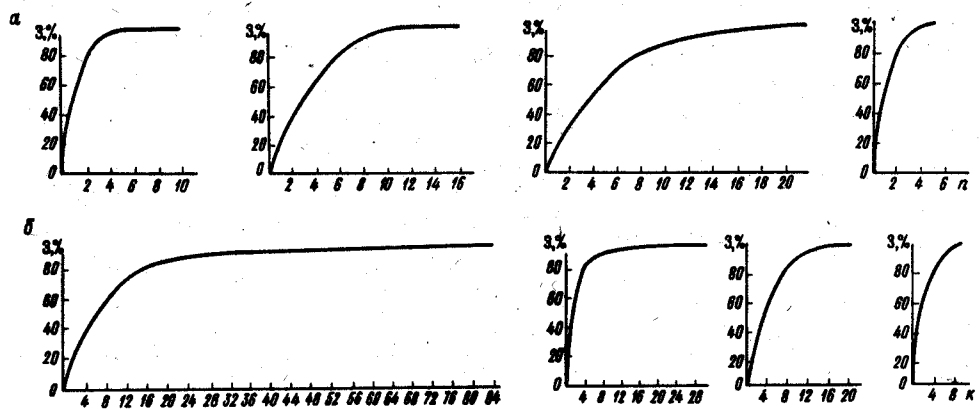


Рис. 1. Концентрация основных промышленных запасов $З$ в: а – месторождениях n; б – рудных тел k

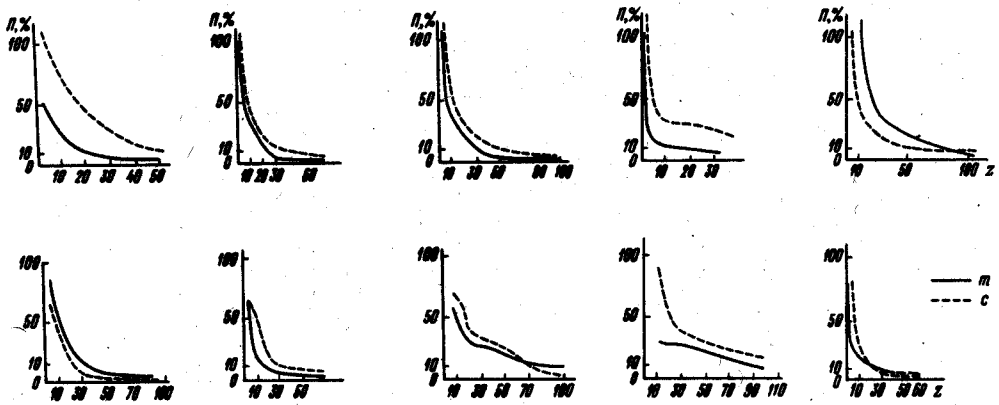


Рис. 2. Зависимость погрешности $П$ определения мощности m и содержания c полезного компонента в рудных телах от числа пересечений z

Познание закономерности концентрации запасов в немногочисленных главных рудных телах месторождений также приводит к важному практическому выводу: на первых стадиях изучения месторождения следует обращать внимание на выявление главных рудных тел. Для решения этой задачи на стадии поисков и предварительной разведки необходимо как можно шире осветить площадь месторождения с помощью наиболее дешевых средств: разведочных канав в сочетании с геофизическими методами поисков и редкой сетью буровых скважин.

Выявление главных месторождений в оловорудных районах, главных рудных тел в главных месторождениях позволяет рационально, с максимальным геолого-экономическим эффектом, использовать средства, предназначенные для разведки, и ускорить передачу месторождений для промышленного освоения.

Возникает вопрос о критериях отнесения месторождений и рудных тел к главным. По мнению В.М.Крейтера [12], целесообразно условно считать промышленным такой тип месторождений, который дает не менее 1% мировой добычи того или иного полезного ископаемого. Современная горная промышленность ориентируется на все более крупные коренные месторождения, которые обеспечивают добычу, как правило, более 300 тыс.т руды в год при сроках отработки не менее 25-30 лет. Анализ балансов соответствующих подотраслей полезных ископаемых позволяет еще точнее определить перспективный масштаб требуемых промышленных месторождений.

Для обоснования необходимой и достаточной геологической информации при оценке месторождений на стадии поисково-разведочных работ был проведен геолого-математический анализ разведочных данных большого числа оловорудных и золоторудных месторождений. По мере последовательного разрежения в 2, 4, 8 и 16 раз разведочной сети подсчитывали средние значения исследуемых признаков (мощность, содержание, запасы) и для каждой стадии разрежения выбирали тот вариант, для которого отклонение среднего арифметического значения признака от соответствующего исходного было максимальным.

По результатам вычислений относительных отклонений частных значений исследуемых признаков от соответствующих средних значений строили кривые (рис. 2).

Ориентируясь на установленные таким образом закономерности, можно уверенно определить необходимое число разведочных пересечений для определения среднего значения того или иного признака. Зная общие данные, характеризующие необходимое число пересечений для конкретных рудных тел, можно вывести среднее число пересечений для оценки запасов рудного тела в исследованном рудном поле. Так, установлено, что необходимо 60-70 разведочных пересечений для достоверной оценки общих запасов в жильных оловорудных и золоторудных 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.

Поразительная сходимость цифр для коренных месторождений олова и золота позволяют предположить, что продолжение исследований в этом направлении может привести к определению необходимого числа разведочных пересечений при оценке промышленных запасов любого типа месторождений полезных ископаемых. Можно также ожидать, что необходимое и достаточное число разведочных пересечений для различных типов месторождений и полезных ископаемых зависит от степени изменчивости параметров месторождения. Однако эти числа не будут столь резко отличаться друг от друга для различных типов месторождений и видов полезных ископаемых, как отличаются коэффициенты вариации отдельных параметров.

Успех подобных исследований даст значительную экономию государственных средств при проведении геологоразведочных работ и вместе с тем обеспечит надежность данных разведки.

Обоснование необходимого и достаточного числа разведочных пересечений для оценки месторождения с заданной точностью позволяет, в свою очередь, определить нормативные затраты на проведение геологоразведочных работ. Причем механизация процесса расчета смет с помощью ЭВМ позволяет проводить сравнительный анализ стоимости работ при различном комплексировании методов разведки.

Задача по математическому моделированию процесса составления сметы на геологоразведочные работы была решена в отраслевой научно-исследовательской лаборатории экономики и организации производства Министерства цветной металлургии СССР при Ленинградском горном институте в 1971-1973 гг.

Разработанная методика апробирована на конкретных примерах по составлению смет на геологоразведочные работы для двух крупных рудных месторождений с разнообразным комплексом работ. Результаты сравнения ручного и механизированного расчета этих смет подтвердили высокую точность последнего. Для расчета сметы с помощью ЭВМ требуется: представить исходные данные в математической форме, удобной для ввода в машину; выразить ход решения задачи в виде алгоритма и составить программу решения задачи.

В табл. 1-4 приведены исходные документы и результаты машинного счета с примером расчетов одного из видов геологоразведочных работ.

Форма, в которой содержатся сведения о нормах затрат и объемах работ для ввода в машину, представляет собой табл.1, состоящую из 22 столбцов, включающих сведения о шифрах работ, их объемах и расшифровку норм основных расходов по элементам затрат. Для учета поправочных коэффициентов к статьям основных расходов составляют табл.2.

Смета на ЭВМ рассчитывается по системе правил, определяющих процесс переработки исходных данных для вычисления сметной стоимости геологоразведочных работ.

Система правил, определяющих процесс расчета, есть алгоритм составления сметы.

Таблица 1

Нормативная матрица

Операция	Номер сборника	Шифр работы	Наименование работы	Единица измерения	Статьи затрат																
					Основная зарплата		Дополнительная зарплата	Отчисления соцстраху	Материалы	Вода	Электроэнергия	Сжатый воздух	Амортизация	Износ	Услуги собственные		Транспорт		Услуги стороны	Амортизация зданий	Услуги тепловой энергии
					рабочих	ИТР									Зарплата	Материалы	до 5 км	свыше 5 км			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-	4	136-10	Проходка ствола шахты	бр-см	32.42	6.42	2.58	2.89	20.81	-	196	1613	13.71	1.15	0.83	2,61	0.03	-	-	-	-

Таблица 2

Матрица коэффициентов

Р	K_i	$K_м$	$K_з$	$K_{н.р}$
0	1.3	1.222	1.095	1.171

Номер раздела сметы	Номер сборника	Шифр работы	Объем работы	Коэффициент К1	Графа	Коэффициент	Графа	Коэффициент	Графа	Коэффициент	Графа	Коэффициент	Графа	Коэффициент	Сметная стоимость единицы
1	4	136-10	28.4	-	12	0.04057	13	0.00776	14	0.7	18	9.88	-	-	-

Таблица 3

Результативная матрица

Номер сборника	Шифр работы	Статьи затрат																Основные расходы на единицу	Сметная стоимость единицы
		Основная зарплата		Дополнительная зарплата	Отчисления на страху	Материалы	Вода	Электроэнергия	Сжатый воздух	Амортизация	Износ	Услуги собственные		Транспорт		Услуги со стороны	Амортизация зданий	Услуги теплоэнергии	
		рабочих	ИТР									зарплата	материалы	до 5 км	свыше 5 км				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4	136-10	42.15	8.35	3.35	3.83	25.43	-	7.95	12.52	10.51	1.41	1.08	3.19	0.30	-	-	-	-	120.06	140.59

Таблица 4

Сводная смета

№ п/п	Шифр работы	Наименование работы	Единица измерения	Объем работ	Сметная стоимость единицы	Общая сметная стоимость
1	2	3	4	5	6	7
20	136-10	Проходка ствола шахты	бр-см	28.40	140.59	3992

В результате расчетов машина формирует два документа. Результативная матрица представляет собой табл. 3, состоящую из 21 графы. В графах 3–19 записываются результаты расчета по составленной программе, в графе 20 – сумма по статьям затрат по каждой строке, в графе 21 – основные расходы на единицу с учетом накладных расходов и плановых накоплений.

Сводная смета представляет собой табл. 4, состоящую из 7 граф. В графе 6 указывается сметная стоимость, выбранная из графы 21 результативной матрицы, в графе 7 – общая сметная стоимость как результат перемножения данных граф 5 и 6.

Формирование сводной сметы происходит по разделам сметы, а итоговые цифры суммируются.

Представления о параметрах промышленных месторождений полезных ископаемых еще не полностью отвечают требованиям горнодобывающей промышленности, отсутствует методика объективной оценки геологической информации на стадии поисково-разведочных работ, а рекомендуемые варианты разведки месторождений часто принимаются без достаточного экономического обоснования предстоящих затрат.

Литература

1. Агошков М.И., Хрушов Н.А. Критерии экономической эффективности геологоразведочных работ. Изв. вузов, геология и разведка, 1972, № 12.

2. Агошков М.И., Быховер Н.А., Кобахидзе Л.П. Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. "Недра", 1968.

3. Болотов Л.А., Королев Ю.И. Экономическая оценка твердых полезных ископаемых на стадии поисково-разведочных работ. В кн.: Мат. Всесоюзн. конф. по рац. использ. недр. Изд. ЛГИ, 1973.

4. Бурде И.А. Оценка степени опоискованности территории в свете задач прогнозирования месторождений полезных ископаемых. В кн.: Прогнозирование месторождений полезных ископаемых. Изд. ВСЕГЕИ, 1973.

5. Гатов Т.А. Обоснование минимального содержания цветных металлов в руде. "Недра", 1967.

6. Гатов Т.А. Экономическая оценка цветных металлов. В кн.: Мат. Всесоюзн. конф. по рац. использ. недр. Изд. ЛГИ, 1973.

7. Евангулов Б.Б., Арский Ю.М., Лир Ю.В., Закономерности концентрации промышленных запасов в оловорудных районах, месторождениях и рудных телах. Зап. ЛГИ, 1967, т. 52, вып.2.

8. Евангулов Б.Б., Арский Ю.М. О рациональной разведке рудных месторождений олова. Зап. ЛГИ, 1968, т. 55, вып. 2.

9. Евангулов Б.Б., Арский Ю.М. Изменчивость содержания металла и рациональная густота разведочной сети на одном из золоторудных месторождений в Якутской АССР. Зап. ЛГИ, 1971, т. 55, вып. 2.

10. К а г а н о в и ч С.Я. Принципы экономической оценки месторождений твердых полезных ископаемых на основе приведенных замыкающих затрат. В кн.: Мат. Всесоюзн. конф. по рац. использ. недр. Изд. ЛГИ, 1973.

11. К о б а х и д з е Л.П. Экономика геологоразведочных работ. "Недра", 1973.

12. К р е й т е р В.М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Госгортехиздат, 1960.

13. П о г р е б и ц к и й Е.О., Т е р н о в о й В.И. Кондиции на минеральное сырье как основа оптимального использования недр. В кн.: Мат. Всесоюзн. конф. по рац. использ. недр. Изд. ЛГИ, 1973.

14. П о г р е б и ц к и й Е.О. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. "Недра", 1968.

15. Х р у щ о в И.А. Основные принципы экономической оценки месторождений полезных ископаемых. Мат. Всесоюзн. конф. по рац. использ. недр. Изд. ЛГИ, 1973.

16. G e o f f r o y Y.De. "Econom. Geol.", 1971, v.66, N 3.

17. R o s c o e W.E. "The Ganadian Mining and Metallurg. Bull.", 1971, v.64, N 707.