

УДК 622.271.5

**А.М. Бураков, С.А. Ермаков, И.С. Касанов**

## **ОЦЕНКА ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОГО ОБЪЁМА ПРОБ ПРИ РАЗВЕДЕКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ**

*Выполнена оценка представительности разведочного опробования по группе россыпных месторождений Якутии. Определено, что расчетные объемы опробования в 3–6 раз выше фактических данных. Занижение объема представительной пробы приводит к отрицательным последствиям при оценке месторождений.*

*Ключевые слова:* *россыпное месторождение, разведка, оценка, пробы.*

**О**пыт разведки и разработки россыпных месторождений золота, олова, алмазов и других драгоценных металлов РС (Я), Севера-Востока РФ и мира в целом свидетельствует о том, что абсолютное большинство россыпей характеризуется крайне неравномерным распределением полезного компонента в недрах. Участки кондиционных песков занимают лишь небольшую часть объема подсчетных блоков, но заключают в себе основную долю запаса металла, то есть имеет место так называемое кластерное строение.

В этих условиях система разведочного и эксплуатационного опробования месторождений, обеспечивающая надежное селективное выделение выемочных блоков, пригодных к отработке по современным дифференцированным эксплуатационным кондициям, управление запасами и качеством полезных ископаемых, является одним из главных условий повышения экономической эффективности добычи и переработки минерального сырья.

Основными отрицательными последствиями несоответствия параметров опробования технологическим и морфологическим характеристикам

металла россыпей является занижение средних содержаний, а также, мощности, площади и запасов металлоносных песков. Важнейшей причиной этого, как отмечено в работе [1], является непопадание в отбираемые малообъемные геологические пробы крупных золотин.

В практике опробования алмазоносных и других россыпей используется формула Бурова-Воларовича:

$$V_{\Pi} = K \frac{q}{c}.$$

Полагая попадание в пробу объемом  $V$  золотин суммарной массой, равной средней массе золотин на данном месторождении  $q$ , согласно этой формуле находят содержание золота в пробе  $C = q/V$  и  $V = q/C$ .

В целях повышения надежности оценки содержания золота при опробовании россыпей Л.И. Шаманский рекомендует объем пробы увеличить в 6 раз и принять равным  $V = 6q/C$ . Важно отметить, что даже при заданной относительной ошибке оценки средней ценности кристаллов в единичном объеме  $W(V=1)_{\text{доп}} = 0,2$  в зависимости от среднего содержания, средней ценности, коэффициента вариации ценности кристаллов пред-

ствительный объем пробы изменяться на 6—7 порядков. К объему представительной пробы предъявляется требование: он должен быть таким, чтобы коэффициент вариации оценки среднего содержания в локальном месте опробования из-за случайной ошибки не превышал заданного допустимого значения:

$$W(C'') \leq W_{cg} [2].$$

В то же время в теории и практике разведки, опробования и обработки проб до настоящего времени учитывается далеко не полная информация, получаемая по пробе (число частиц в пробе, средний и максимальный размеры частиц в пробе, гранулометрический состав частиц в пробе, подобные характеристики сопутствующих полезных и вредных компонентов в пробе, их взаимосвязи с основным компонентом и др.).

Проведенный анализ литературных источников показал, что основными факторами определяющими размер пробы согласно разным методикам являются: средняя масса минеральной частицы  $q_0$ , средняя масса минеральных частиц основных фракций, средняя масса минеральных частиц ряда самых крупных фракций или некоторой одной расчетной фракции. При этом объем рациональной пробы прямо пропорционален этой средней массе частиц. Также отмечено, что во всех способах опробования учитываются различные показатели содержания полезного компонента — среднее содержание в месте опробования, минимально-промышленное содержание, среднее содержание расчетной фракции.

В ИГДС СО РАН, согласно методике С.А. Батутина [3] выполнен расчет объема представительного опробования для группы россыпных месторождений Якутии. Рассмотрены

характеристики золота 20 объектов россыпной золотодобычи 6 административных районов республики.

Требования к объему представительной пробы по [3] заключаются в следующем:

- объем пробы должен быть таким, чтобы случайная ошибка оценки среднего содержания в объеме массива, окружающего пробу, не превышала допустимого значения  $\xi$  с заданной вероятностью;

- объем пробы должен быть таким, чтобы было исключено систематическое занижение среднего содержания в объеме массива, окружавшего пробу, из-за непопадания в пробу крупных, редко встречающихся минеральных частиц.

При количестве проб, равном 1, объем представительной пробы составляет:

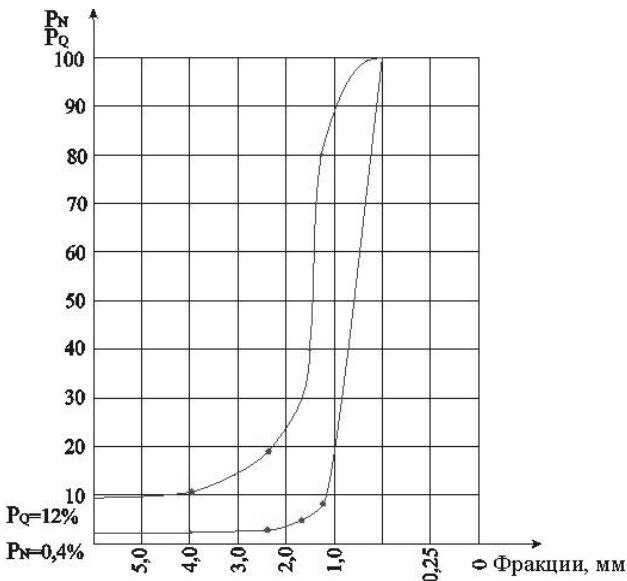
$$V_{np} = \frac{t^2 q_0 (W_q^2 + 1)}{\bar{C} \varepsilon^2}, \quad (1)$$

где  $t$  — коэффициент, зависящий от заданной вероятности  $\rho$  того, что фактическая ошибка не будет превышать расчетную  $\xi$ ;  $q_0$  — средняя масса минеральных частиц;  $W_q$  — коэффициент вариации минеральных частиц;  $\bar{C}$  — среднее содержание в окружающем пробу объеме;  $\varepsilon$  — погрешность оценки среднего содержания.

Доля числа минеральных частиц  $P_N$ , крупных фракций, не попадающих в пробу объема  $V$ , рассчитывается по формуле:

$$P_N = \frac{q_0(1-\beta)}{CV}, \quad (2)$$

где  $\beta$  — уровень надежности заключения, который должен быть достаточно близким к единице, например, 0,95; 0,99;  $V$  — объем пробы, м<sup>3</sup>;  $C$  — среднее содержание, г/м<sup>3</sup>.



**Рис. 1. Кумулятивная кривая анализа грансостава золота**

Таким образом, доля числа минеральных частиц  $P_N$ , крупных фракций, не попадающих в пробу объема  $V$ , прямо пропорциональна средней массе минеральных частиц и обратно пропорциональна среднему содержанию в месте опробования и объему пробы. Эта доля может быть и небольшой. Однако по массе такие частицы могут составлять от общей массы долю  $P_Q$  весьма значительную. Для определения зависимости между долями непопадания в пробу минеральных частиц по числу и по массе строятся кумулятивные кривые  $P_N$  и  $P_Q$  по данным анализа грансостава (рис. 1).

Выбор содержания в формуле (1) зависит от стадии геологоразведочных работ. На стадии поисков цель — не пропускать промышленное месторождение. Поэтому в формулу подставляется минимальное промышленное содержание, и расчетный объем представительной пробы обеспечит оценку таких содержаний с погрешностью не более  $\xi$ . На ста-

дии предварительной и детальной разведок необходимо максимально достоверно оконтурить промышленный пласт. Для этого в формуле целесообразно использовать бортовое содержание.

Для переоценки россыпей, признанных по не-представительному опробованию непромышленными или забалансовыми, следует применить формулу (2), при этом содержание в формуле должно характеризовать среднее содержание на объекте, ожидаемое по геолого-генетическим предпосылкам.

В качестве примера расчета рассмотрим участок с объемом опробования  $0,012 \text{ м}^3$ , признанный забалансовым, хотя по аналогии с близлежащими участками здесь ожидались промышленные запасы со средним содержанием  $1 \text{ г}/\text{м}^3$ . Грансостав золота приведен в табл. 1.

Построим кумулятивные кривые для  $P_N$  и  $P_Q$ . С этой целью составляется таблица их массы, начиная с самой крупной фракции (табл. 2).

Определяем долю числа золотин, не попадающих в пробу объемом  $0,012 \text{ м}^3$  (при  $\beta = 0,95$  и  $C = 1 \text{ г}/\text{м}^3$ ) по формуле (2):

$$P_N = \frac{0,91 \cdot 0,05}{1000 \cdot 0,012} = 0,004 \text{ или } 4 \text{ \%}.$$

По кумулятивным кривым (согласно методике) определяем долю золотин по массе, не попадающих в пробу  $0,012 \text{ м}^3$ . Доля составит уже 12 %. Это означает, что при истинном среднем содержании в массиве  $1 \text{ г}/\text{м}^3$  в пробах объема  $0,012 \text{ м}^3$  будет фиксироваться лишь:

$$C_{\text{набл}} = (1 - P_Q)C_{cp} = (1 - 0,12) \cdot 1 = \\ = 0,88 \text{ г/м}^3.$$

Если минимальное промышленное содержание на этом месторождении составляет  $1 \text{ г/м}^3$ , то по данным опробования оно будет признано забалан-

совым, хотя фактически является балансовым. Для исключения систематической ошибки занижения содержаний в пробах необходима доразведка месторождений пробами большего объема, который рассчитывается по формуле (2). Для расчета примем:

Таблица 1

**Параметры гранулометрического состава золота**

Показатели	Фракции крупности, мм.						Всего
	-0,2+0	-0,5+0,2	-1,0+0,5	-2,0+1,0	-10,0+5,0	+10	
Число золотин	18712	57956	31832	2644	272	209	111514
Доля числа золотин, %	16,78	51,97	28,55	2,37	0,24	0,09	100
Масса золота, мг	1497	19705	37880	19515	8152	15430	102179
Доля по массе, %	1,46	19,28	37,07	19,1	7,98	15,11	100
Средняя масса одной золотины, мг	0,08	0,34	1,19	7,38	29,93	898,92	
Средняя масса золотины по всем фракциям $q_0 = 0,91 \text{ мг}$							
Дисперсия массы золотин $D_q = 81,6 \text{ мг}^2$							
Коэффициент массы золотин $W_q = 9,92$							

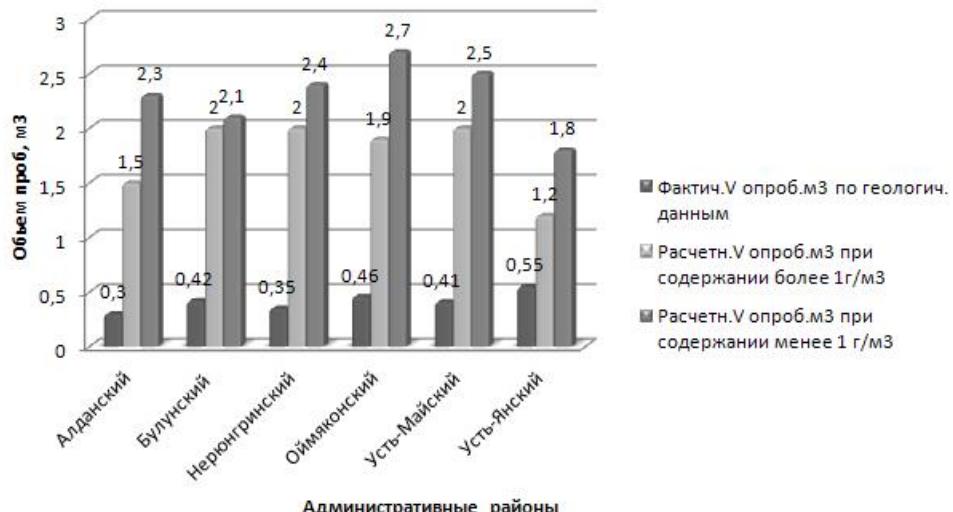
Таблица 2

Накопленные проценты	Фракции крупности, мм.					
	+10	-10,0+5,0	-2,0+1,0	-1,0+0,5	-0,5+0,2	-0,2+0
$P_N$	0,09	0,33	2,7	31,25	83,22	100
$P_Q$	15,11	23,09	42,19	79,26	98,54	100

Таблица 3

**Расчетные значения объема геологического опробования**

№	Районы	Кол-во местных	Кол-во участков	Объем опробования, $\text{м}^3$	Расчетный объем опробования при $C > 1 \text{ г/м}^3, \text{м}^3$	Расчетный объем опробования при $C < 1 \text{ г/м}^3, \text{м}^3$	Характер участка
1.	Алданский	2	5	0,3	1,5	2,3	заб.
2.	Булунский	1	1	0,42	2,0	2,1	заб.
3.	Нерюнгринский	3	3	0,35	2,0	2,4	бал.
4.	Оймяконский	5	7	0,46	1,9	2,7	бал.
5.	Усть-Майский	2	2	0,41	2,0	2,5	бал.
6.	Усть-Янский	1	2	0,55	1,2	1,8	заб.
7.	<b>Всего</b>	<b>14</b>	<b>20</b>				



**Рис. 2. Изменение соотношения фактического и расчетного объема проб**

- допустимая случайная погрешность оценки содержания  $\xi = 0,5$  (50 %);
- бортовое содержание  $500 \text{ mg/m}^3$ ;
- коэффициент вероятности  $t = 2$ .

Тогда объем представительной пробы будет:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot 0,91 \cdot (98,41 + 1)}{500 \cdot 0,25} \approx 2,9 \text{ m}^3.$$

Исходя из этого, следует, что участок признан забалансовым ошибочно, в связи с неправильным выбором объема представительного опробования.

Согласно вышеприведенному примеру рассчитаны данные по опробованию группы участков россыпных месторождений Якутии (табл. 3, рис. 2).

Следует отметить, что данные такого характера, как количество золотин и масса определенной фракции крупности, а также объемы опробования содержатся в ограниченном количестве при геологическом описании россыпных месторождений.

Из 20 рассмотренных участков 14 месторождений, ни на одном объем фактического опробования не совпал с расчетным, хотя в 10 случаях явился

достаточным для признания этих участков балансовыми.

Результаты расчетов показывают, что теоретически границы некоторых участков оконтурены по заниженным значениям содержания полезного компонента, причем в расчетах не учитывается плотность сети опробования в зависимости от морфологических характеристик металла, уровня кластеризации полезного компонента, параметров сосредоточения запасов и разведочной сети, что, несомненно, дополнительно вносит ошибки в оценку и геометризацию запасов. Данные ошибки, вероятно, ведут к погрешности определения границ промышленного контура как в разрезе (по мощности пласта полезного ископаемого), так и в плане.

На основе расчета представительного объема проб некоторых россыпных месторождений Республики Саха (Якутия), установлено, что фактические значения объема проб значительно ниже расчетных (см. рис. 2). Расчетные значения опробования в 3—6 раз выше фактических данных, что вызывает необходимость увеличения объема опробования при оконтурива-

нии. Следствия непредставительного опробования заключаются в занижении мощности пласта песков в местах фактически балансовых запасов, занижении площади участков с балансовыми запасами и запасов металла в целом; повышении запасов песков, худших по качеству, снижении среднего содержания и др.

Основной вывод по содержанию статьи заключается в том, что данные

такого характера, как количество золотин, масса определенной фракции крупности, а также объемы опробования должны включаться в геологическое описание всех россыпных месторождений на стадии разведки. Это позволит, в случае необходимости, выполнить перерасчет параметров опробования и избежать отрицательных последствий занижения объема проб.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батугин С.А., Ткач С.М. Представительное опробование и статистическое обследование запасов руд. — ГИАБ-2007. — С. 378—382.
2. Батугин С.А., Черный Е.Д. Теоретические основы опробования и оценки запасов месторождений. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 344 с.
3. Батугин С.А. Методические рекомендации по расчету представительного объема пробы при поисках и разведке россыпных месторождений. — Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. — 24 с. ГИАБ

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ермаков Сергей Александрович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией «Открытые горные работы», e-mail: s.a.ermakov@igds.ysn.ru,  
Бураков Александр Михайлович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: a.m.burakov@igds.ysn.ru,  
Касанов Иван Сергеевич — старший инженер, e-mail: kasanov8407@rambler.ru,  
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук.



#### РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СТРУКТУРЕ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

(№902/06-12 от 21.03.12, 6 с.)

Гумилевский Алексей Сергеевич, доктор экономических наук, генеральный директор ЗАО «Компания Трансуголь»,

Полуторный Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет, e-mail: ud@mstsu.ru.

Описаны основные особенности и принципы управления вертикально-интегрированными компаниями, и методы определения стратегических показателей, как первого шага на пути эффективного стратегического управления горнодобывающими предприятиями.

Ключевые слова: горнодобывающие предприятия, стратегические показатели, методы.

#### METHODICAL APPROACHES TO AN ECONOMIC JUSTIFICATION OF STRATEGIC INDICATORS OF THE MINING COMPANIES AS A PART OF A MINING-PROCESSING INTEGRATED WORKS COMPANY

Gumilevsky Alexey Sergeyevich, Polutorniy Alexey Viktorovich

Article describes the basic features and management principles the vertically-integrated companies, and methods of definition of strategic indicators, as first step on a way of effective strategic management of the mining companies.

Key words: mining companies, strategic indicators, methods.