

М. У. Исоков

ВЛИЯНИЕ «УРАГАННЫХ» СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА НА ОЦЕНКУ ЗАПАСОВ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ

В геологической литературе, касающейся подсчета запасов на основе опробования, описаны различные методы учета «ураганных», или «высоких», т.е. выдающихся по содержаниям, результатов ([1–5] и др.). Известно, что пробы с резко повышенным содержанием золота при включении их в подсчет без соответствующих поправок значительно влияют на результат, всегда завышая среднее содержание. В то же время ограничение ураганных проб (сечений) чаще приводит к искажению истинного содержания в сторону занижения. К настоящему времени известно свыше 40 приемов и способов выявления и ограничения ураганных проб. Для месторождений золота наибольшее распространение получил способ, предложенный П. Л. Каллистовым, который пришел к выводу, что 25–30% руд заключают 70–80% золота, в том числе на долю 1–3% наиболее богатых руд приходится от 15 до 30% всех запасов месторождения. Пробы в выборке разбиваются на классы содержаний в геологической прогрессии, равной двум (1–2, 2–4, 4–8% и т.д.). К числу высоких, подлежащих ограничению, предлагается относить пробы, которые более чем в 2 раза превышают ближайшую по величине в блоке. Замену выдающихся проб рекомендуется проводить удвоенным содержанием либо ближайшей к ней по значению пробы, либо удвоенным средним по классу, к которому принадлежит вторая проба.

На примере одного из месторождений золота Центральных Кызылкумов (результаты опробования в стволе шурфа № 1) сравним методики выявления и учета ураганных проб (табл. 1) по Н. В. Володомонову, В. И. Кузьмину, И. Д. Когану [1–3].

1. По Н. В. Володомонову [1], $H = C + C(n - 1)A/100$, где H – предельное верхнее содержание в нормальных пробах; C – среднее содержание золота по всем пробам; n – количество проб; A – коэффициент, учитывающий влияние выдающихся проб на среднее содержание, который принимается в разных случаях равным 10, 15 или 20%. При $C = 1,49$ г/т, $n = 52$ и $A = 10\%$ $H_1 = 1,49 + 1,49 \times 51 \times 10 / 100 = 9,09$; при $A = 15\%$ получаем $H_2 = 1,49 + 1,49 \times 51 \times 15 / 100 = 12,89$; наконец, при $A = 20\%$ значение H_3 увеличивается до 16,69. Таким образом, при всех коэффициентах, учитывающих влияние выдающейся пробы (22,2 г/т) на среднее содержание, данная проба является ураганной.

2. По В. И. Кузьмину [2], $H = C(1 + 0,01KV_c + mc)$, здесь H – предельное верхнее содержание в нормальных пробах; C – среднее содержание золота по всем пробам; K – коэффициент, учитывающий характер распределения проб по их содержанию, принимаемый равным 4,5 (колеблется от 3 до 6); V_c – коэффициент вариации; mc – погрешность определения среднего содержания, вычисляемая по формуле $mc = t\sigma_c / \sqrt{n}$, где t – коэффициент вероятности, изменяющийся от 1,2 до 3; σ_c – среднее квадратичное отклонение значений содержаний; n – количество проб.

При $C = 1,49$ г/т, $K = 4,5$ получаем $H_1 = 1,49(1 + 0,01 + 4,5 \times 230,7 + 0,576) = 17,81$, $mc = 1,2 \times 3,46 / \sqrt{52} = 0,576$. При $V_c = 230,7$, $t = 1,2$, $\sigma = 3,46$, $n = 52$ величина $H_2 = 1,49(1 + 0,01 \times 4,5 \times 230,7 + 1,39) = 19,03$, а при $t = 3$ величина $mc = 3 \times 3,46 / \sqrt{211} = 1,39$. Проба с содержанием 22,2 г/т и в этом варианте подсчета является ураганной.

3. Метод П. Л. Каллистова [5] практически сводится к просмотру списка проб с наиболее высоким содержанием золота. К числу выдающихся проб относится такая, в которой золота более чем в 2 раза больше по сравнению с ближайшей к ней по содержанию, но не по местоположению.

В стволе шурфа № 1 список проб с высоким содержанием золота (г/т) следующий (табл. 2): 22,2; 9,1; 7,8; 4,3; 4,1. Из этого списка проба с $C = 22,2$ г/т – ураганная (табл. 3).

4. По И. Д. Когану [3, 4], ураганные значения устанавливаются в процессе расчета среднего содержания. Для этого определяется величина 10%-й части суммы метрограммов по блоку или 20%-й – по выработке. С ней сравнивается метрограмм каждой отдельной пробы. Ураганная проба заменяется на ближайший к нему по значению метрограмм в рассматриваемом ряду проб, не превышающий указанные лимиты.

Суммарный метрограмм по 4 стенкам ствола шурфа № 1 составляет 97,52, а 20%-й лимит – 19,5. Метрограмм ни одной пробы не превышает лимит: таким образом, ураганных содержаний золота в стволе шурфа № 1 нет. Приведем метрограмм (mc) проб с высокой концентрацией золота из табл. 2:

m	0,3	1,95	2,0	2,0
c	22,2	9,1	7,8	4,3
mc	6,66	17,74	15,60	8,60

Таблица 1. Обобщенные результаты по выявлению ураганных проб на месторождении

№ бло-ков	Характеристика блоков				Максимальное содержание Аш в пробе, г/т	По В. И. Кузьмину [2]		По Д. И. Когану [3, 4], предел нормальной пробы - 10% от суммы метрограммов, г/т	По Н. В. Володомонову [1], предел нормальной пробы $H = C + [C(n-1) \times M]/100$	По П. Л. Каллистоу, ураганная проба выявляется путем ранжирования, г/т
	n	Среднее содержание Аш, г/т	Суммарный метрограмм, (см. табл. 2)	Коэффициент вариации		Характер распределения Аш	Предельно допустимое содержание Аш по сравнению со средним, г/т			
1-2-С ₁	115	0,93	213,4	157	9,0	Весьма и крайне неравномерный	$0,93 \times 10 = 9,3$, ураганных нет	21,3, ураганных нет	При $M = 10\%$ $H = 0,93 + [0,93 \times 114 \times 10]/100 = 11,5$, ураганных нет	9,0 - 6,8 - 3,6 - 3,4 - 2,0
1-3-С ₁	55	1,55	170,4	159	15,5	Такой же	$1,55 \times 10 = 15,5$, ураганных нет	17,0, ураганных нет	При $M = 10\%$ $H = 1,55 + [1,55 \times 54 \times 10]/100 = 9,92$, проба с 15,5 - ураганная, при $M = 20\%$ $H = 1,55 + [1,55 \times 54 \times 20]/100 = 18,29$, ураганных нет	15,5 - 10,8 - 4,8 - 3,8 - 2,8, пробы с 15 и 10,8 - ураганные
2-3-С ₁	56	1,29	144,6	112	10,8	" "	$1,29 \times 10 = 12,9$, ураганных нет	14,4, ураганных нет	При $M = 10\%$ $H = 1,29 + [1,29 \times 55 \times 10]/100 = 8,38$, проба с 10,8 - ураганная, при $M = 15\%$ $H = 1,29 + [1,29 \times 55 \times 15]/100 = 11,93$, ураганных нет	10,8 - 3,6 - 2,8 - 2,8
3-4-С ₁	43	1,50	129,0	80	9,2	Неравномерный	$1,5 \times 8 = 12,0$, ураганных нет	12,9, ураганных нет	При $M = 10\%$ $H = 1,5 + [1,5 \times 42 \times 10]/100 = 7,8$, проба с 9,2 - ураганная, при $M = 15\%$ $H = 1,5 + [1,5 \times 42 \times 15]/100 = 9,45$, ураганных нет	9,2 - 5,6 - 4,7 - 4,6 - 3,3
2-6-С ₁	78	1,53	238,2	89	12,8	"	$1,53 \times 8 = 12,24$, 12,8 - ураганное	23,8, ураганных нет	При $M = 10\%$ $H = 1,53 + [1,53 \times 77 \times 10]/100 = 13,3$, ураганных нет	12,8 - 8,2 - 7,6 - 6,2 - 5,6

Из приведенных примеров выявления ураганных проб различными способами выясняется следующее:

1) при расчете верхнего предела содержания в нормальных пробах по формуле Н. В. Володомонова вводится коэффициент A , равный при разных условиях 10, 15 или 20%;

Таблица 2. Результаты опробования стенок шурфа

Юго-западная стенка				Северо-западная стенка				Северо-восточная стенка				Юго-восточная стенка							
Интервал опробования, м		Длина пробы, м	С _{Ав} , г/т	Метрограмм, мг	Интервал опробования, м		Длина пробы, м	С _{Ав} , г/т	Метрограмм, мг	Интервал опробования, м		Длина пробы, м	С _{Ав} , г/т	Метрограмм, мг	Интервал опробования, м		Длина пробы, м	С _{Ав} , г/т	Метрограмм, мг
от	до				от	до				от	до				от	до			
1,0	2,95	1,95	9,1	17,4	2,0	4,0	2,0	0,5	1,0	1,7	2,0	0,3	22,2	6,66	1,4	2,7	1,3	1,3	1,69
2,95	3,1	0,15	0,1	-	4,0	6,0	2,0	0,2	0,4	2,0	4,0	2,0	4,1	8,2	2,7	4,0	1,3	Следы	-
3,1	4,0	0,9	2,9	2,61	6,0	7,3	1,3	1,2	1,56	4,0	6,0	2,0	7,8	15,6	4,0	5,15	1,15	0,2	0,23
4,0	6,0	2,0	0,3	0,6	7,3	8,0	0,7	1,5	1,05	6,0	8,0	2,0	0,2	0,4	5,15	6,0	0,85	2,0	1,7
6,0	8,0	2,0	1,3	2,6	8,0	10,2	2,2	0,2	0,44	8,0	10,0	2,0	0,2	0,4	6,0	6,85	0,85	0,2	0,17
8,0	10,0	2,0	0,5	1,0	10,2	12,0	1,8	0,0	-	10,0	12,0	2,0	0,4	0,8	6,85	7,3	0,45	0,1	0,04
10,0	12,0	2,0	0,2	0,4	12,0	13,0	1,0	0,0	-	12,0	14,0	2,0	0,0	-	7,3	8,3	1,0	0,2	0,2
12,0	12,6	0,6	0,0	-	13,0	14,0	1,0	0,0	-	14,0	16,0	2,0	0,0	-	8,3	9,75	1,45	0,4	0,58
12,6	12,7	0,1	4,0	0,4	14,0	16,0	2,0	Следы	-	16,0	18,0	2,0	0,6	1,2	9,75	11,3	1,55	Следы	-
12,7	14,0	1,3	0,0	-	16,0	18,0	2,0	0,2	0,4	18,0	20,0	2,0	Следы	-	11,3	12,6	1,3	0,0	-
14	16,0	2,0	0,1	0,2	18,0	20,0	2,0	-	-	20,0	21,3	1,5	0,5	0,75	12,6	14,0	1,4	Следы	-
16	18,0	2,0	3,1	6,2	20,0	21,5	1,5	0,7	1,05						14,0	16,0	2,0	Следы	-
18	20,0	2,0	4,3	8,6											16,0	18,0	2,0	4,3	8,6
20	21,5	1,5	1,5	2,25											18,0	20,0	2,0	-	-
															20,0	21,5	1,5	1,2	1,8
n = 14				n = 12				n = 11				n = 15							
Сумма		20,5	27,3	42,6			19,5	4,5	5,9			19,8	36,0	34,01			20,1	9,9	15,01

Таблица 3. Выявление ураганных проб в разведочных линиях, по методу П. Л. Каллистова [5]

№ разведочных линий	Ранжирование проб по разведочной линии	«Ураганные пробы», г/т
3 ^А	7,8 – 6,2 – 2,2 – 2,0 – 1,9 – 1,6	7,8–6,2
4	9,4–6,8–2,7–1,9–1,7–1,4–1,3	9,4–6,8
4 ^А	9,0–5,2–3,7–3,6–3,4–3,2–2,8–2,0	Нет
5	10,5–7,9–7,8–6,8–6,1–4,2–3,6–3,5–3,2–3,0	Нет
6	15,5–6,9–4,7–2,9–2,1–1,7–1,5–1,4	15,5
6 ^А	10,8–10,8–4,8–3,8–2,8–2,6–2,4–2,0	10,8–10, 8
10	10,1–5,8–4,3–3,2–3,1–2,8–2,7–1,8	Нет
12	15,6–5,4–3,5–2,0–1,9–1,8–1,7–1,6	15,6
12 ^А	12,8–8,2–6,3–4,3–3,8–3,5–3,1–2,8–1,9	Нет
13	29,8–4,8–4,8–3,4–3,2–3,2–2,9–2,8–2,5–2,4	29,8
15	26,0–17,0–15,1–11,4–11,0–10,6–9,0–7,2–5,7	Нет
15 ^А	10,7–4,8–4,0–2,1–2,0–1,7–1,0	10,7
16 ^А	12,6–10,3–6,1–5,1–5,0–5,0–4,3–4,2–3,2–3,1	Нет
17 ^А	9,0–3,3–2,4–2,3–1,7–1,6	9,0

2) при определении содержания в нормальных пробах по методу В. И. Кузьмина в формулу вводятся коэффициент, учитывающий характер распределения содержаний, который колеблется от 3 до 6, и коэффициент вероятности, составляющий от 1,2 до 3.

В обоих случаях применение указанных коэффициентов не регламентируется, что вносит в расчеты неопределенность. Так, в приведенном примере предельное верхнее содержание в нормальных пробах изменяется: по методу Н. В. Володомонова – от 9,09 до 16,69 г/т, а по методу В. И. Кузьмина – от 17,81 до 19,03 г/т.

В последнее время в разведке и для подсчета запасов золоторудных месторождений практически применяются лишь способы Когана и Каллистова. Наиболее прост метод П. Л. Каллистова, в соответствии с которым проба 22,2 г/т является ураганной (см. табл. 3). Согласно И. Д. Когану, ураганные значения устанавливаются с учетом суммы метрограммов по выработке. Так как длина пробы с $C = 22,2$ г/т всего 0,3 м, то метрограмм ее составляет 6,66, и эта проба не является ураганной.

Приведенные примеры свидетельствуют о неоднозначности всех расчетов по выявлению проб с высоким содержанием золота.

Следует отметить, что определение предельного для нормальных проб содержания золота зависит от количества проб в выработке. Имеются объемы выработок, при которых возможно существование ураганных проб, и такие объемы, при которых оно лишено смысла. Границей между этими областями служит критический объем выработки $N_{кр}$, который рассчитывается по формуле $N_{кр} = (C_{max} - C_{min})K / C_{ист} - C_{min}$, где $C_{ист}$ – истинное среднее содержание; K – число ураганных проб в выборке; C_{min} и C_{max} – наименьшее и наибольшее содержание в выборке. Для выборки по стенкам ствола шурфа № 1 $C_{ист} = 1,22$ г/т, $K = 1$; $C_{min} = 0,1$ г/т и $C_{max} = 22,2$ г/т, тогда $N_{кр} = (22,2 - 0,1) \times 1 / 1,22 - 0,1 = 20$ проб.

Выборка проб по стволу шурфа № 1 состоит из 52 проб, а критический ее объем равен 20; следовательно, в ней нет ураганных проб, что соответствует расчету по методу И. Д. Когана.

Выборочные расчеты по выявлению ураганных проб произведены по разведочным линиям того же месторождения.

По разведочной линии 4 блока 1-2-С₁ в двух скважинах 16 проб. Общий метрограмм по ним составляет 29,8, а среднее содержание золота – 0,93 г/т, 20%-й предел нормальной пробы равен 5,96. Таким образом, проба в интервале 26–28 м скважины 85, равная 6,8 г/т (метрограмм 13,6), является ураганной в этом сечении. При замене ураганной пробы на ближайший по величине метрограмм – 3,0 среднее содержание по разведочной линии 4 составит 0,6 г/т. Разница средних содержаний золота равна 0,33 г/т.

Однако по разведочной линии 4^А, где пробурено 6 скважин и отобрано по рудному телу 59 проб, 2-метровый интервал с $C_{Ав} = 9$ г/т не является ураганным, так как 20%-й предел нормальной пробы равен 22,9 метрограммов.

В целом по рудному телу блока 1-2-С₁ пройдено 12 скважин в трех разведочных профилях и отобрано 115 проб. Общий метрограмм по блоку составил 213,4, а 10%-й предел метрограмма нормальной пробы, таким образом, – 21,3. Максимальный же метрограмм отдельной пробы равен 18 (скв. 745, разведочная линия 4^А интервал 12–14 м). Отсюда следует, что проб с высоким содержанием золота в блоке нет.

Из приведенных примеров видно, что чем больше проб лежит в основе выведенного среднего содержания, тем меньшую роль играет каждая из них и тем меньше влияние оказывает ураганная проба.

В блоке 1-3-С₁ в разведочной линии 6 по скважине № 50 в интервале 22–24 м содержание золота в пробе 15,5 г/т, а метрограмм составляет 31. Общий метрограмм по двум скважинам (№ 50 и 65), пройденным в разведочном профиле, равен 66,4. Таким образом, 20%-й предел нормальной пробы (по И. Д. Когану) равен 13,28, и проба – ураганная. Эта же проба является ураганной при расчете по формуле М. В. Володомонова даже при самой высокой (30%-й) величине влияния резко отклоняющейся пробы на среднее содержание и равна 11 г/т.

Предел нормальной пробы, по В. И. Кузьмину [2] (коэффициент вариации – 177, среднее содержание золота по разведочной линии – 1,51 г/т), составляет 15,1 г/т. Следовательно, и в этом расчете проба с содержанием 15,5 г/т является ураганной.

В блоке 2-6-С₁ в разведочном профиле 12 по скважине № 961 обнаружены пробы с высоким содержанием: 6,2 и 7,6 г/т. По И. Д. Когану и В. И. Кузьмину, в этом профиле ураганных проб нет. По М. В. Володомонову, уже при величине влияния резко отклоняющихся проб на среднее содержание, равной 15%, ураганных проб также нет.

В разведочной линии 12^А отобрано всего 9 проб, и одна (по И. Д. Когану) с $C_{Au} = 12,8$ г/т является ураганной. Однако при замене ее на близлежащую по значению пробу (8,2 г/т) разница средних содержаний золота по линии составляет всего 12,4 г/т, т.е. меньше 20%, и поэтому вполне допустима.

В блоке 3-4-С в разведочном профиле 9 по скважине № 69 установлена проба в интервале 88–90 м с высоким содержанием золота – 9,2 г/т. По И. Д. Когану, она является ураганной. При замене ее на ближайшую по значению пробу (5,6 г/т) разница средних содержаний золота по разведочной линии до замены и после составляет всего 15,8%. По В. И. Кузьмину она не является выдающейся, а по М. В. Володомонову не становится таковой и при величине, равной 30%.

Из сказанного следует, что даже при таком неполном анализе данных процесс выявления и замены высоких по содержанию золота проб оказывается довольно сложным и, самое главное, не однозначным по результату. Сложность заключается в правильном выборе метода учета и замены высоких проб, а неоднозначность – в применении того или иного коэффициента влияния высокой пробы на среднее содержание.

Если же считать запасы не по отдельным рудным телам, так как интерполяция рудных интервалов по сечениям не всегда уверенная, а по рудной зоне в целом с применением коэффициента рудоносности, то в этих условиях лучше применим практический метод П. Л. Каллистова, который является и самым простым. При этом высокие пробы могут быть отнесены не к отдельным блокам, а к более значительным по размерам участкам или ко всему месторождению. В нашем примере (см. табл. 3), если проанализировать методом Каллистова содержания золота в отдельных разведочных линиях, то из 33 сечений участка лишь в 8 можно выявить пробы с высоким (ураганным) содержанием. В целом же по участку ураганных проб нет.

Summary

Isokov M. U. Influence of outstanding probe contents on results of prospecting of gold fields in Central Kyzyl-Kum.

Some calculation methods used for prospecting of resources in Kyzyl-kum gold fields are discussed with emphasis on problem of outstanding («hurricane») results in some probes. The Kallistov's method is regarded to be best when deal with large objects or deposits as a whole.

Литература

1. Володомонов Н. В. Метод учета высоких проб // Сов. геология. 1939. № 10 – 11.
2. Кузьмин В. И., Парфенов Б. П. Определение и ограничение ураганных значений метропроцента при подсчете запасов рудных месторождений // Колыма. 1977. № 10.
3. Коган И. Д. Способы выявления и замены ураганных проб // Разведка и охрана недр. 1969. № 1.
4. Коган И. Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М., 1979.
5. Каллистов П. Л. Учет высоких проб и самородков при подсчете запасов месторождений золота. М., 1952.

Статья поступила в редакцию 5 октября 2004 г.