

А. А. КУЛИКОВ, Ф. П. КРЕНДЕЛЕВ

ЗАВИСИМОСТЬ КЛАРКОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА В КОНГЛОМЕРАТАХ ОТ ВЕЛИЧИНЫ НАВЕСКИ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 22 III 1976)

Известно, что определение кларковых содержаний золота в породах представляет большие трудности. В частности, существует мнение о неприменимости малых навесок нейтронно-активационного метода для определения кларковых количеств золота в породах ⁽¹⁾. Особенно сложным оказывается вопрос о кларках золота в обломочных породах, который тесно переплетается с проблемой представительности опробования осадочных толщ с целью поисков таких типов месторождений, как сульфидизированные сланцы и металлоносные конгломераты ⁽²⁾. Золотоносные конгломераты Южной Африки представляют интерес тогда, когда содержание в них составляет более 10 г/т при мощности около 1 м ⁽³⁾. Известно, сопровождается ли оруднение в обогащенных золотом струях ореолами повышенных содержаний золота и возможны ли литогеохимические поиски золота в пределах конгломератовых горизонтов.

Любая проба, прежде чем попасть в пробирку, должна пройти обработку и сокращение. Обе эти операции должны быть выполнены так, чтобы дать среднее представление по всем показателям в навеске, вне зависимости от того, как распределяется интересующий исследователя компонент в породе. В случае с золотом это условие часто не выполняется, что ведет к появлению «ураганных» или «пустых» проб. Для того, чтобы правильно выбрать величину навески и пробы, надо знать закон распределения анализируемого компонента, а чтобы узнать этот закон, нужно произвести опробование. Таков парадокс, требующий разрешения.

Нами проведена работа, целью которой было определение зависимости средних содержаний в конгломератах от величины навески. Для этого была отобрана 40-килограммовая проба в золотоносных конгломератах верхнего рифея Енисейского края. Золотоносность подтверждена отмывкой золота из протоочки этих конгломератов. В тяжелом шлихе вместе с золотинками обнаруживались мелкие зерна пирита и арсенопирита. Минералогические исследования и результаты опробования показывают, что золото в конгломератах встречается в трех состояниях: 1) рассеянное в составе цемента и в материале галек; 2) свободное (концентрированное) золото; 3) золото в сульфидах. Конгломераты по составу галек относятся к полимиктовым (галки кварца, кварцита, сланца), а по составу цемента — хлорит-серицитовые. Из единой пробы были отобраны параллельные навески в 10; 20; 30; 40; 50; 75 и 100 г. Обработка проб велась с применением эмпирической формулы Чечотта. Процесс анализа включал химическое разложение навески, концентрирование золота активированным углем и радиоактивационное окончание. Чувствительность метода составила $1 \cdot 10^{-9}\%$, точность для содержаний до $2 \cdot 10^{-8}\%$ золота находилась в пределах 5—8%, а для содержаний, близких к порогу чувствительности, 18%. Условия разложения, концентрирования и анализа оставались одинаковыми для всех 84 параллельных навесок (табл. 1).

Статистические параметры и их оценка рассчитывались известными математическими методами ⁽⁴⁾. Отмечаются значимые различия в оценке

Таблица 1

Результаты определения содержаний золота ($10^{-7} \%$) в разных навесках и их статистическая обработка

Навеска, г	n	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\text{ан}})$	$\bar{X}$	σ	σ^2	$V, \%$	A	σ_A	E	σ_E	F	F_{05}	F_{01}	t	t_{05}	t_{01}
1,0	16	0,6–3,5	(5,9)	1,64	0,81	0,66	50	1,10	0,57	–0,07	1,1						
20	16	0,7–2,5	(8,0)	1,42	0,46	0,21	32	0,40	0,57	–0,05	1,1	3,10		3,70	0,5	2,05	
30	15	0,9–2,0	(3,8)	1,30	0,31	0,10	24	0,76	0,60	–0,45	1,1	2,21	2,55		0,8	2,05	
40	15	0,9–3,4	—	1,60	0,68	0,46	42	1,30	0,57	0,66	1,1	4,90		4,05	1,5	2,15	
50	12	1,2–2,9	(4,9)	1,84	0,50	0,25	27	1,00	0,66	0,04	1,2	1,80	2,86		1,0	2,06	
75	5	2,4–4,7	—	3,90	0,83	0,69	21	–1,00	0,87	–0,38	1,5	2,76	3,36		5,6		4,6
100	5	3,9–8,0	—	5,10	1,50	2,25	29	1,26	0,87	–0,07	1,5	3,26	6,39		1,0	2,37	
Выборка I	71	0,6–3,5	—	1,60	0,62	0,38	38	1,12	0,30	1,00	0,6						
Выборка II	13	3,8–8,0	—	5,00	1,40	1,91	28	1,30	0,60	0,30	1,1	5,00	2,45		14,1		2,85

Примечание. n — число анализов; $X_{\min} - X_{\max}$ — разброс содержаний; $X_{\text{ан}}$ — аномальные содержания, выходящие за пределы $X + 3\sigma$; $\bar{X}$ — среднее арифметическое для выборки $X_{\min} - X_{\max}$; σ — среднее квадратическое отклонение; σ^2 — дисперсия; V — коэффициент вариации; A — коэффициент асимметрии; σ_A — стандартное отклонение коэффициента асимметрии; E — эксцесс; σ_E — стандартное отклонение эксцесса; F — критерий Фишера расчетный; F_{05} и F_{01} — критерий Фишера табличный; t — критерий Стьюдента расчетный; t_{05} и t_{01} — критерий Стьюдента табличный.

дисперсии по F -критерию для навесок 30 и 40 г, а также в оценке средних содержаний по t -критерию в навесках 50 и 75 г. Можно сделать предположение, что во всей совокупности определений имеются, по крайней мере, две выборки, отражающие различный уровень концентрированного состояния золота. Предел вхождения частного определения в выборку составил $3,6 \cdot 10^{-7}\%$ золота. Оценка статистических параметров двух выборок показала значимые различия по F - и t -критериям. Данные математической обработки и явились основой для построения кривых распределения средних содержаний золота по группам навесок (рис. 1).

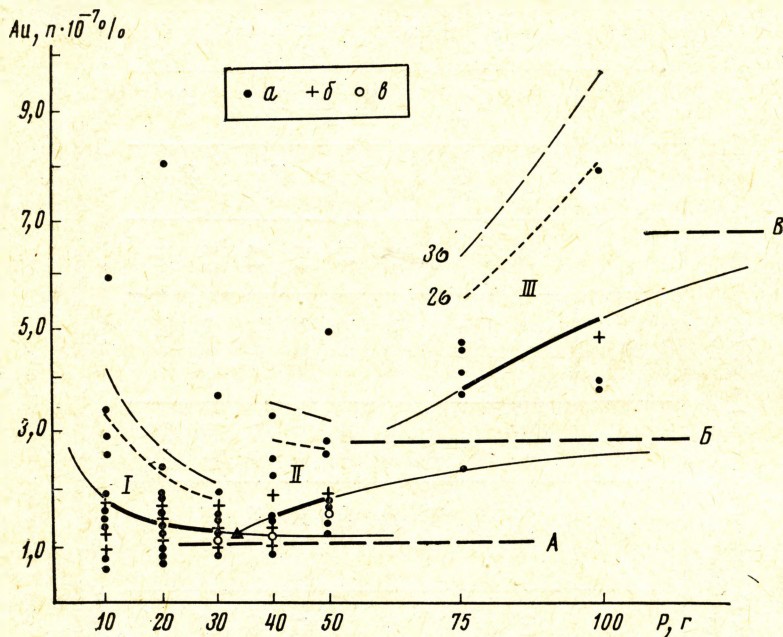


Рис. 1. График зависимости содержаний золота в конгломератах от величины навески: а — один анализ, б — два, в — три идентичных анализа

Кривая, соединяющая точки средних содержаний по навескам 10; 20 и 30 г (I), при своем продолжении стремится к нижнему условному пределу А, характеризующему содержание рассеянной формы золота в пробе. Верхний предел при уменьшении навески не ограничен, и кривая, видимо, асимптотически будет приближаться к оси ординат. В данном случае уменьшение средних содержаний при увеличении объема навески объясняется приращением частиц рассеянной формы золота, не компенсирующих полностью приращение объема. При пересчете содержаний навесок в граммах на тонну или в процентах эта непропорциональность еще более увеличивается. Математически доказано, что точность определения является достаточной при наличии в оптимальной навеске 20 частиц золота ⁽⁵⁾. Определение оптимального размера навески является необходимым условием получения точных знаний о содержании элемента в пробе. Навески по размерам меньше, чем оптимальная, дадут ошибочные значения. Увеличение средних содержаний золота в навесках 40 и 50 г говорит о присутствии качественно или количественно иной формы концентрированного состояния золота в подготовленной пробе (или увеличение размеров золотин, или текстурные неоднородности типа пятен, гнезд, полос), которые попадают в эти навески. С увеличением навески, при отсутствии меняющего влияния других форм золота, среднее содержание будет приближаться к предельному условному значению В. Точка пересечения кривых I и II характеризует оптимальную навеску для изу-

чения рассеянной формы золота в этих конгломератах. Кривая *III* средних содержаний золота в навесках 75 и 100 г аналогична кривой *II* и отражает появление в навесках более крупной фракции свободного золота.

Из характера распределения средних содержаний, дисперсий и коэффициентов вариаций следует, что разные фракции золота относительно равномерно распределены в объеме подготовленной пробы, но различный уровень концентрированного состояния создает неравномерное его распределение. Иначе говоря, при подготовке проб к анализу золотинок полностью не диспергируются до одного уровня размерности. Физико-механические свойства золота и особенно его пластичность, ковкость, способность наклепываться и большой удельный вес — основные факторы, определяющие неравномерное его распределение, и тем большее, чем меньшая навеска идет на анализ и чем более крупное золото находилось в первоначальной пробе.

Из сказанного можно сделать и некоторые общие выводы.

1. При литогеохимических исследованиях и поисках величина навески нуждается в экспериментальном обосновании.

2. Малые навески отражают реальное содержание золота только в матрице конгломератов; большие навески отражают распределение сульфидного и самородного золота.

3. Сходимость результатов при использовании навесок разной величины и разными методами принципиально недостижима, так как анализ отражает содержания золота разных форм нахождения, причем каждая из этих форм имеет собственное неравномерное распределение.

4. Для поисков месторождений золота в конгломератах необходимо отбирать крупные пробы и подвергать анализу максимально возможные навески.

Геологический институт Бурятского филиала
Сибирского отделения Академии наук СССР
Улан-Удэ

Поступило
11 III 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. С. Рожков, Э. Е. Раковский и др., ДАН, т. 191, № 4 (1970). ² Ф. П. Кренделев, Методика отбора представительных проб пород для определения кларков радиоактивных элементов, Новосибирск, Деп. № 5117-72, 1972. ³ R. Herbert, Z. angew. Geol., B. 14, № 2 (1968). ⁴ И. П. Шаповалов, Применение математической статистики в геологии, М., «Недра», 1971. ⁵ H. Clifton, E. Edward, Hunter Ralph et al., Geol. Surv. Profess. Paper, № 625-c, IV (1969).