

О ВЗАИМОСВЯЗИ СОДЕРЖАНИЙ ЗОЛОТА, СЕРЕБРА И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ РУД ФИЛИЗЧАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.А.Новрузов

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье рассматриваются особенности взаимосвязи золота, серебра и других компонентов (Cu, Zn, Pb, As, Sb) в текстурно-минералогических типах (слоисто-полосчатый и массивный колчеданно-полиметаллический, серноколчеданный и медно-пирротиновый массивного сложения, пятнисто-брекчиевидный) руд Фелизчайского месторождения, изученные с помощью корреляционного анализа.

Многокомпонентные руды Фелизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения (Южный склон Большого Кавказа) характеризуются специфическими особенностями распределения в них редких и благородных металлов (Au, Ag). Геохимические особенности распределения редких элементов как на Фелизчайском, так и на других колчеданных месторождениях региона были освещены нами в многочисленных публикациях. Однако вопросы золотоносности и сереброносности этих руд и в особенности взаимосвязи золота и серебра с другими компонентами относятся к малоосвещенным (Новрузов, Агаев, 1985; Новрузов и др., 1997; Новрузов, 2005).

В рудах исследуемого месторождения золото и серебро присутствуют в количествах, представляющих практический интерес. По значимости серебро совместно со свинцом, цинком и медью относится к основным компонентам руд, а золото – к попутным. Месторождение отличается богатым минеральным составом руд, в котором ведущим является пирит. К главным минералам относятся также сфалерит, галенит, халькопирит и пирротин. В составе единой пластообразной залежи выделяются следующие текстурно-минералогические типы: слоисто-полосчатые и массивные колчеданно-полиметаллические, серноколчеданные и медно-пирротиновые массивного сложения, пятнисто-брекчиевидные и прожилково-вкрапленные руды.

Для установления связей между компонентами в текстурно-минералогических типах руд Фелизчайского месторождения были рассчитаны коэффициенты корреляции. Общеизвестно, что коэффициент парной корреляции между двумя химическими элементами харак-

теризует степень связи величин их содержаний. Однако следует отметить, что этот коэффициент не избавлен от влияния других факторов и показателей. Поэтому для оценки истинных связей между двумя химическими элементами в исследуемых рудах нами были использованы частные коэффициенты корреляции, исключаяющие влияние третьей случайной величины. Сравнение значений парных (r) и частных (ρ) коэффициентов корреляции приведено в таблице.

Значения парных и частных коэффициентов корреляции между золотом и серебром в слоисто-полосчатых колчеданно-полиметаллических рудах показывают, что величины этих связей в целом не зависят от влияния других элементов. Фиксация содержаний серебра, цинка, свинца, мышьяка и сурьмы мало сказывается на корреляции между золотом и медью. Из сравнения парных и частных коэффициентов корреляции следует, что в рассматриваемом типе руд связь золота и свинца зависит от содержания серебра. Если исключить влияние последнего, то значение частного коэффициента корреляции составит всего 0,006, что подтверждает наши данные относительно низкой золотоносности сульфида свинца на Фелизчайском месторождении. Наблюдается высокая корреляционная связь между серебром и свинцом ($r_{Ag,Pb} = +0,683$). На корреляцию серебра с цинком значительное влияние оказывает фиксация содержания свинца ($r_{Ag,Zn} = +0,399$, $\rho_{Ag,Zn(Pb)} = -0,080$). Выявленные связи в слоисто-полосчатых колчеданно-полиметаллических рудах представлены в виде графической схемы (рис.).

Таблица

Коэффициенты корреляции между компонентами руд
Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения

Парные связи	Коэффициенты парной корреляции, r	Частные коэффициенты корреляции r при исключении влияния						
		Au	Ag	Cu	Zn	Pb	As	Sb
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды								
Au-Ag	0,293	-	-	0,312	0,312	0,218	0,258	0,283
Au-Cu	0,200	-	0,222	-	0,223	0,241	0,183	0,189
Au-Zn	0,030	-	-0,103	0,106	-	-0,142	-0,021	-0,003
Au-Pb	0,206	-	0,006	0,247	0,248	-	0,158	0,187
Au-As	0,171	-	0,085	0,155	0,173	0,111	-	0,15
Au-Sb	0,091	-	0,014	0,067	0,090	0,025	0,031	-
Ag-Cu	-0,044	-0,111	-	-	0,113	0,094	-0,086	-0,086
Ag-Zn	0,399	0,398	-	0,398	-	-0,080	0,333	0,335
Ag-Pb	0,683	0,664	-	0,684	0,612	-	0,641	0,651
Ag-As	0,323	0,292	-	0,334	0,256	0,131	-	0,252
Ag-Sb	0,269	0,256	-	0,280	0,180	0,060	0,169	-
Cu-Zn	-0,369	-0,378	-0,379	-	-	-0,343	-0,410	-0,428
Cu-Pb	-0,164	-0,214	-0,183	-	0,094	-	-0,218	-0,227
Cu-As	0,113	0,080	0,134	-	0,227	0,183	-	0,065
Cu-Sb	0,140	0,124	0,157	-	0,275	0,210	0,106	-
Zn-Pb	0,639	0,643	0,549	0,625	-	-	0,603	0,596
Zn-As	0,259	0,252	0,144	0,317	-	0,044	-	0,162
Zn-Sb	0,294	0,288	0,207	0,368	-	0,103	0,216	-
Pb-As	0,347	0,323	0,180	0,373	0,250	-	-	0,253
Pb-Sb	0,337	0,326	0,217	0,369	0,208	-	0,238	-
As-Sb	0,373	0,366	0,315	0,365	0,326	0,292	-	-
Массивные колчеданно-полиметаллические руды								
Au-Ag	0,193	-	-	0,287	0,278	0,237	0,288	0,266
Au-Cu	0,073	-	0,073	-	0,056	0,057	0,029	0,028
Au-Zn	0,141	-	-0,022	0,099	-	-0,052	0,087	0,069
Au-Pb	0,346	-	0,100	0,173	0,151	-	0,167	0,139
Au-As	0,192	-	0,070	0,022	0,021	-0,025	-	-0,043
Au-Sb	0,307	-	0,091	0,113	0,100	0,065	0,119	-
Ag-Cu	-0,040	-0,033	-	-	0,137	0,124	-0,017	-0,015
Ag-Zn	0,510	0,430	-	0,473	-	-0,020	0,462	0,432
Ag-Pb	0,623	0,580	-	0,637	0,499	-	0,614	0,584
Ag-As	0,243	0,175	-	0,223	0,235	0,053	-	-0,043
Ag-Sb	0,488	0,420	-	0,482	0,459	0,384	0,440	-
Cu-Zn	-0,260	-0,279	-0,294	-	-	-0,554	-0,259	-0,260
Cu-Pb	-0,152	-0,185	-0,195	-	0,059	-	-0,139	-0,153

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu-As	0,065	0,056	-0,002	-	0,059	0,115	-	0,062
Cu-Sb	0,023	0,005	0,028	-	0,071	0,076	-0,013	-
Zn-Pb	0,734	0,728	0,645	0,727	-	-	0,758	0,727
Zn-As	0,029	0,002	-0,084	0,048	-	-0,280	-	-0,075
Zn-Sb	0,174	0,134	-0,059	0,186	-	-0,088	0,159	-
Pb-As	0,287	0,253	0,194	0,301	0,392	-	-	0,150
Pb-Sb	0,315	0,246	0,012	0,322	0,280	-	0,200	-
As-Sb	0,528	0,511	0,492	0,528	0,531	0,482	-	-
Массивные серноколчеданные руды								
Au-Ag	0,505	-	-	0,508	0,505	0,456	0,494	0,463
Au-Cu	0,085	-	0,135	-	0,082	0,156	0,125	0,094
Au-Zn	-0,071	-	-0,123	-0,067	-	-0,105	-0,067	-0,008
Au-Pb	0,327	-	0,032	0,350	0,335	-	0,306	0,232
Au-As	0,134	-	0,064	0,162	0,132	0,059	-	0,030
Au-Sb	0,322	-	0,236	0,325	0,315	0,225	0,298	-
Ag-Cu	-0,015	-0,107	-	-	-0,020	0,070	0,013	-0,019
Ag-Zn	-0,019	0,105	-	0,029	-	-0,104	0,034	0,114
Ag-Pb	0,278	0,335	-	0,458	0,454	-	0,440	0,362
Ag-As	0,175	0,053	-	0,127	0,129	0,021	-	0,005
Ag-Sb	0,250	0,225	-	0,375	0,388	0,243	0,355	-
Cu-Zn	-0,054	-0,048	-0,053	-	-	-0,039	-0,065	-0,057
Cu-Pb	-0,182	-0,223	-0,194	-	-0,178	-	-0,127	-0,193
Cu-As	-0,269	-0,274	-0,260	-	-0,261	-0,225	-	-0,271
Cu-Sb	-0,011	-0,041	-0,003	-	-0,022	0,066	0,082	-
Zn-Pb	0,086	0,116	0,082	0,078	-	-	0,097	0,179
Zn-As	-0,032	-0,023	-0,036	-0,048	-	-0,055	-	0,036
Zn-Sb	-0,196	-0,184	-0,224	-0,197	-	-0,250	-0,197	-
Pb-As	0,243	0,213	0,209	0,206	0,247	-	-	0,133
Pb-Sb	0,386	0,314	0,261	0,391	0,413	-	0,334	-
As-Sb	0,323	0,306	0,306	0,339	0,330	0,264	-	-
Массивные медно-пирротинные руды								
Au-Ag	0,349	-	-	0,357	0,350	0,198	0,351	0,394
Au-Cu	-0,076	-	-0,112	-	-0,079	-0,152	0,102	-0,072
Au-Zn	-0,029	-	-0,041	-0,036	-	-0,070	0,034	-0,071
Au-Pb	0,351	-	0,202	0,372	0,356	-	0,393	0,352
Au-As	-0,264	-	-0,266	-0,272	-0,264	-0,320	-	-0,320
Au-Sb	-0,254	-	-0,317	-0,253	-0,262	-0,256	-0,313	-
Ag-Cu	0,083	0,118	-	-	0,086	-0,020	0,133	0,081
Ag-Zn	0,027	0,040	-	0,035	-	-0,040	0,037	0,045
Ag-Pb	0,554	0,492	-	0,550	0,554	-	0,561	0,563
Ag-As	-0,041	0,057	-	-0,112	-0,048	-0,115	-	-0,022
Ag-Sb	0,116	0,226	-	0,114	0,121	0,168	0,111	-
Cu-Zn	-0,090	-0,092	-0,092	-	-	-0,111	-0,289	-0,087
Cu-Pb	0,181	-0,087	0,163	-	0,192	-	0,153	0,183

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cu-As	0,590	0,183	0,596	-	0,631	0,585	-	0,603
Cu-Sb	0,025	0,006	0,016	-	0,012	0,034	0,154	-
Zn-Pb	0,103	0,121	0,105	0,121	-	-	0,082	0,097
Zn-As	0,232	0,233	0,234	0,355	-	0,355	-	0,213
Zn-Sb	-0,150	-0,163	-0,154	-0,148	-	-0,147	-0,116	-
Pb-As	0,099	0,211	0,146	-0,011	0,077	-	-	0,093
Pb-Sb	-0,043	0,051	-0,130	-0,048	-0,028	-	-0,027	-
As-Sb	-0,165	-0,249	-0,162	-0,223	-0,223	-0,162	-	-
Пятнисто-брекчиевидные руды								
Au-Ag	0,093	-	-	0,052	0,091	0,093	0,090	0,130
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Au-Cu	0,426	-	0,420	-	0,390	0,444	0,399	0,422
Au-Zn	-0,190	-	-0,189	-0,047	-	-0,251	-0,164	-0,135
Au-Pb	0,063	-	0,062	0,152	0,179	-	0,050	0,102
Au-As	-0,162	-	-0,160	-0,017	-0,130	-0,158	-	-0,133
Au-Sb	-0,142	-	-0,167	-0,128	-0,046	-0,162	-0,107	-
Ag-Cu	0,110	0,078	-	-	0,111	0,114	0,108	0,127
Ag-Zn	-0,019	0,002	-	0,021	-	-0,030	-0,015	-0,172
Ag-Pb	0,015	0,088	-	0,034	0,027	-	0,012	-0,042
Ag-As	-0,026	-0,011	-	0,014	-0,022	-0,024	-	-0,083
Ag-Sb	0,221	0,238	-	0,230	0,277	0,224	0,234	-
Cu-Zn	-0,352	-0,305	-0,352	-	-	-0,312	-0,309	-0,381
Cu-Pb	-0,171	-0,219	-0,174	-	-0,003	-	-0,215	-0,161
Cu-As	-0,348	-0,312	-0,347	-	-0,304	-0,369	-	-0,343
Cu-Sb	-0,063	-0,002	-0,090	-	0,167	-0,021	0,023	-
Zn-Pb	0,480	0,502	0,480	0,455	-	-	0,508	0,426
Zn-As	0,193	0,168	0,193	0,081	-	0,268	-	0,075
Zn-Sb	0,549	0,537	0,567	0,564	-	0,507	0,527	-
Pb-As	-0,086	-0,077	-0,086	-0,157	-0,207	-	-	-
Pb-Sb	0,245	0,257	0,248	0,238	-0,025	-	0,274	-
As-Sb	0,241	0,222	0,252	0,234	0,164	0,271	-	-

В массивных колчеданно-полиметаллических рудах влияние других компонентов на величину парной корреляции между золотом и серебром ($r_{Au,Ag} = +0,418$) небольшое. Фиксация содержания серебра оказывает значительное влияние на связь между золотом и свинцом ($r_{Au,Pb} = +0,336$, $\rho_{Au,Pb(Ag)} = +0,100$). На величину коэффициента корреляции серебра со свинцом не оказывает влияния фиксация содержания золота, меди, цинка, мышьяка и сурьмы, или же это влияние незначительно (табл.). На-

блюдается значимая корреляционная связь сурьмы с золотом, серебром, свинцом и мышьяком, а с медью и цинком связь или отсутствует, или она отрицательна. Характерно значительное влияние серебра на связь сурьмы со свинцом ($r_{Pb,Sb} = +0,315$, $\rho_{Pb,Sb(Ag)} = +0,012$). Теснота связи между серебром и цинком в массивных колчеданно-полиметаллических рудах, как и в слоисто-полосчатых, обусловлена влиянием свинца ($r_{Ag,Zn} = +0,457$, $\rho_{Ag,Zn(Pb)} = -0,020$).

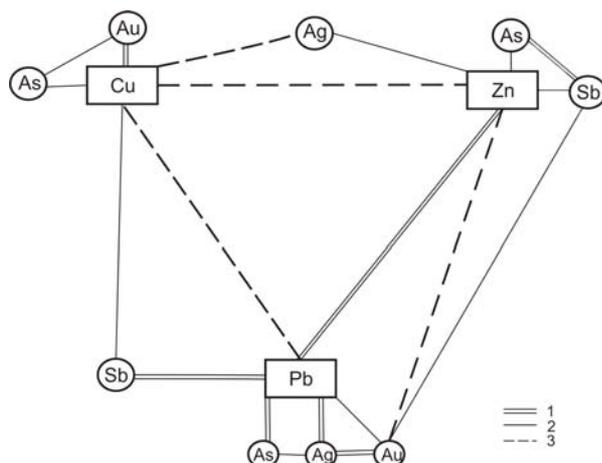


Рис. Обобщенная схема геохимических связей в колчеданно-полиметаллических рудах Филизчай. Связи: 1 – сильная, 2 – слабая, 3 – обратная.

В массивных серноколчеданных рудах устанавливается высокая корреляционная связь между золотом и серебром, на которую фиксация других компонентов (Cu, Zn, Pb, As, Sb) оказывает незначительное влияние. На величину коэффициента корреляции между золотом и свинцом значительное влияние оказывает фиксация серебра ($r_{Au,Pb} = +0,327$, $\rho_{Au,Pb(Ag)} = +0,032$). Фиксация содержаний серебра и свинца мало сказывается на корреляции между золотом и сурьмой, а золота и свинца – на корреляционной связи между серебром и сурьмой (табл.). На тесноту связи между содержанием серебра и свинца влияние других компонентов (Au, Cu, Zn, As, Sb) незначительно.

На основании корреляционного анализа можно допустить, что золото и серебро в колчеданно-полиметаллических и отчасти в серноколчеданных рудах ассоциируют с группой халькофильных элементов и тесно связаны с сурьмяной и мышьяковой минерализацией, как это имеет место на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая (Лапухов, Иванов, 1993).

В медно-пирротиновых рудах парные и частные коэффициенты корреляции золота с медью, мышьяком и сурьмой имеют отрицательные значения. Это обусловлено разобщенностью колчеданно-полиметаллических и медно-пирротиновых руд, сформировавшихся на различных этапах многостадийного про-

цесса рудообразования. Коэффициенты корреляции между золотом и серебром, золотом и свинцом меньше их значимых величин для рассматриваемого типа руд (+0,433), на которые также оказывает большое влияние фиксация содержаний соответственно свинца и серебра ($r_{Au,Ag} = +0,349$, $\rho_{Au,Ag(Pb)} = +0,198$; $r_{Au,Pb} = +0,351$, $\rho_{Au,Pb(Ag)} = +0,202$). Как и в других типах руд, наблюдается высокая корреляционная связь между серебром и свинцом. Содержание золота значительно сказывается на коэффициенте корреляции меди и мышьяка ($r_{Cu,As} = +0,590$, $\rho_{Cu,As(Au)} = +0,183$).

В пятнистых рудах отмечается высокая корреляционная связь между золотом и медью ($r_{Au,Cu} = +0,426$), на которую фиксация содержаний других компонентов оказывает небольшое влияние. Аналогичное наблюдается также для пар компонентов Zn – Pb и Zn – Sb. Между золотом и серебром, серебром и свинцом корреляция отсутствует. Коэффициент корреляции мышьяка с сурьмой меньше значимой величины.

Следует отметить, что в результате многостадийности процесса рудообразования и наложения одних минеральных ассоциаций на другие, связи между компонентами не всегда четко улавливаются. Так, в массивных серноколчеданных и медно-пирротиновых рудах корреляционная связь между цинком и свинцом отсутствует. В целом, использование методов корреляционного анализа для количественной оценки зависимостей между химическими элементами в отдельных типах руд Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения позволяет установить генетические связи золота, серебра и других компонентов руд с определенными минеральными ассоциациями.

Анализируя результаты проведенных исследований, можно прийти к следующим основным выводам:

1. Выделяется несколько групп родственных элементов: золото и серебро в колчеданно-полиметаллических и серноколчеданных рудах; золото и медь в слоистополосчатых колчеданно-полиметаллических и пятнисто-брекчиевидных рудах; серебро и свинец во всех типах руд, за исключением пятнисто-брекчиевидных. Тесная ассоциация

свинца, серебра и золота с сурьмой, а также с мышьяком еще больше расширяет эту группу в колчеданно-полиметаллических и в некоторой степени в серноколчеданных рудах, в которых присутствуют собственные минералы золота и серебра (нагиагит, петцит, гессит, фрейбергит, дискразит, самородные золото и серебро). Результаты корреляционного анализа подтверждено мнение относительно бедности золотом сульфида свинца в исследуемых рудах.

2. В колчеданно-полиметаллических рудах определена парагенетическая группа элементов, между которыми также устанавливается тесная связь: Pb – Zn и As – Sb. Фиксация содержаний других элементов не оказывает существенного влияния на величину коэффициентов частной корреляции в данной группе.

3. Характер связи между химическими элементами в рудах Филизчайского месторождения в целом согласуется с установленными этапами минералообразования. Главной продуктивной стадией рудообразования, принесшей основную массу благородных металлов (Au, Ag), других редких и ценных компонентов руд, является сульфосольно-полиме-

таллическая стадия колчеданно-полиметаллического этапа. Связи золота с серебром в рудах исследуемого месторождения в целом характеризуются сложностью по форме и различием по тесноте, что обусловлено гетерогенностью формирования залежи комплексных руд Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

- ЛАПУХОВ, А.С., ИВАНОВ, Н.Б. 1993. Благородно-металльные геохимические ассоциации колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа. *Геология и геофизика*, 34, 4, 92-100.
- НОВРУЗОВ, Н.А. 2005. К вопросу о золотоносности и сереброносности руд Катехского месторождения. *Известия НАНА, науки о Земле*, 2, 52-57.
- НОВРУЗОВ, Н.А., АГАЕВ, С.А. 1985. Минералого-геохимическая зональность руд и первичных геохимических ореолов Филизчайского месторождения (Восточный Кавказ). В кн.: *Литохимические методы поисков глубокозалегающих рудных месторождений*. Наука, Москва, 27-34.
- НОВРУЗОВ, Н.А., АГАЕВ, С.А., МУРАДХАНОВА, Г.А. 1997. О распределении серебра, золота и их отношении в рудах Филизчайского месторождения. В кн.: *Некоторые вопросы геохимии и химии*. Баку, 29-30.

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана Г.В.Мустафаев