

запасов в недрах, отдельных “срезов” стоимости запасов только по разрабатываемым или подготовленным к эксплуатации месторождениям полезных ископаемых, только по прогнозным ресурсам; реализации законодательных актов по недропользованию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Адамов В. Е.* Факторный индексный анализ. М.: Статистика, 1978. 198 с.

2. *Ампилов Ю. П.* Экономическая геология/Ю. П. Ампилов, А. А. Герт. М.: Геоинформмарк, 2006. 329 с.

3. *Заверткин В. Л.* Российские недра и оценка их стоимости (к вопросу о методике оценки)/В. Л. Заверткин, А. Г. Харченков//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1996. № 4. С. 39–41.

4. *Неженский И. А.* О расчете товарной стоимости прогнозных ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2003. № 3. С. 54–56.

5. *Петров О. В.* Стоимостная оценка угольных богатств недр России/О. В. Петров, В. И. Вялов, А. Б. Гуревич, Г. М. Волкова, Н. В. Михалевская, И. А. Неженский//Уголь. 2010. № 3. С. 44–46.

6. *Фёрстер Э.* Мультипликативный анализ экономических явлений и процессов//В сб.: Математико-статистические методы исследования взаимосвязей в экономике. М.: Статистика, 1987. С. 89–98.

7. *Эндерс А.* Экономика природных ресурсов/А. Эндерс, И. Квернер. СПб.: Питер, 2004. С. 256.

8. *Яковлев В. Л.* К вопросу об оценке стоимости минеральных ресурсов в недрах/В. Л. Яковлев, С. И. Бурыкин//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1997. № 5. С. 36–37.

УДК 550.812.1[553.41+549.3](477.61)

**М. В. ГЕЙЧЕНКО**, заступник директора Департаменту геології Держгеонадр України,  
**Є. С. ГЕРАСИМОВ**, головний геолог,  
**К. В. ВСЕВОЛОДСЬКИЙ**, генеральний директор (“Схід ДРГП”)

## РОЗПОДІЛ ЗОЛОТА ТА ЕЛЕМЕНТІВ-ДОМІШОК У СУЛЬФІДАХ БОБРИКІВСЬКОЇ ЗАХІДНОЇ ПЛОЩІ (НАГОЛЬНИЙ КРЯЖ)

Результати парного аналізу одних і тих самих наважок сульфідів (ізотопний і нейтронно-активаційний) показали, що як осадово-біогенні, так і гідротермальні сульфідні золотоносні різною мірою. Наявність золота в осадових піритах – специфічна особливість досліджуваної площі. У гідротермальних сульфідах золото розподілене нерівномірно: найбільш золотоносними є сульфідні у разі, коли роль мінералів-концентраторів належить арсенопіриту та піриту. Відзначено також, що високі концентрації золота спостерігаються в місцях перетину прошарків осадового піриту із жилами й прожилками. Це дає підставу передбачати певну роль золота осадового піриту під час формування промислово цінного компонента руд.

Results of the same sulphides samples (isotopic and neutron activation) paired analyzes showed that both biogenic sedimentary and hydrothermal sulfides are auriferous to varying degrees. The presence of gold in sedimentary pyrites is a specific feature of the study area. Gold is distributed unequally in hydrothermal sulfides: most auriferous sulfides are those when the role of concentrator-minerals belongs to arsenopyrite and pyrite. It is also noted that high concentrations of gold occur at the intersection of layers of sedimentary pyrite with veins and veinlets. This gives grounds to specify a convincing role of sedimentary pyrite gold during formation of ores industrially valuable component.

З метою виявлення закономірностей розподілу золота та елементів-домішок у сульфідах, мінералого-геохімічних характеристик останніх ЦНДГРІ (м. Москва) спільно зі “Схід ДРГП” (м. Луганськ) були вивчені методом нейтронної активації Au, As, Co і Sb. У процесі відбору проб на аналіз використовувалися зразки з відомим ізотопним складом сірки, класифіковані за генетичними ознаками [3].

Піритові утворення, що характеризують сульфідну (піритову) мінералізацію з розрізів деяких вугільних шахт і зараховані за варіаціями величин  $\delta S^{34}$  до осадово-біогенних, охарактеризовані 19 пробами (табл. 1).

Як видно, вміст золота в осадових піритах нерівномірний і варіює від 40,0 г/т до слідів. При цьому вказана

нерівномірність у розподілі зберігається і в межах окремих зразків, варіюючи, наприклад, від 0,55 до 11,6 г/т.

Виявлена нерівномірність розподілу золота як у ряді зближених точок із піритових конкрецій, так і в регіональному масштабі може свідчити (непрямо) про форму входження золота в пірит. Найімовірніше всього, золото входить до складу піритових утворень у вигляді механічної домішки, зменшення або збільшення розмірності зерен якої й приводить до вмісту золота, який різко коливається як у мікромасштабі, так і в регіональному плані.

Виявлена золотоносність осадово-біогенних піритів, явно відібраних поза зонами прожилкової мінералізації, є характерною для досліджуваного району й дещо несподіваною для сульфідів осадового походження.

Це питання є вельми цікавим і потребує подальших спеціальних досліджень.

Щодо миш'яку різновид піритової мінералізації, що розглядається, характеризується підвищеним його вмістом (табл. 1). Кількість миш'яку також мінлива, але в середньому становить ~2010 г/т.

Для кобальту ж, при значному діапазоні варіацій, середні значення становлять 80 г/т.

На відміну від розглянутих елементів, сурма поводить себе вкрай нестабільно з варіюванням від 4530 г/т до слідів.

Таким чином, отримані результати щодо вмісту Au, As, Co і Sb в осадово-біогенних піритах із розрізів вугільних шахт указують на підвищений вміст золота й миш'яку в цих утвореннях, що є характерною і специфічною рисою піритів, сингенетичних з вугленосними відкладами світи  $C_1^5$  Донецького басейну.

**Таблиця 1. Розподіл Au, As, Co і Sb в осадочних піритах із розрізів вугільних шахт**

№ з/п	№ зразків	Au, г/т	As, г/т	Co, г/т	Sb, г/т	$\delta S^{34}$ , ‰
1	Б-1 діл. 1	1,6	3 100	11	4 530	+12,1
2	Б-1 діл. 2	0,56	2 170	17	62	+9,5
3	Б-1 діл. 1	0,55	1 800	17	6	-24,4
4	Б-1 діл. 4	0,25	2 910	8,9	81	+9,6
5	Б-1 діл. 2	0,39	1 560	12,0	43	-4,0
6	Б-1 діл. 5	1,9	2 000	6,9	52	+10,4
7	Б-1 діл. 6	0,98	1 800	22	51	-27,3
8	Б-1 діл. 7	3,2	1 700	12,7	45	-5,9
9	Б-0 діл. 1	13,7	-	3,5	-	-18,7
10	Б-0 діл. 2	12,7	1 000	9,7	-	0,0 ( $\pm 0,2$ )
11	Б-2 діл. 1	<<0,24	3 370	43	6,25	+9,3
12	Б-2 діл. 2	11,6	6 980	192	-	-
13	Б-10 діл. 1	не виявл.	240	240	75	-
14	Б-10 діл. 2	не виявл.	250	190	57	-
15	Б-10 діл. 3	0,0127	250	23	40	-
16	Б-10 діл. 4	0,15	3 450	360	83	-
17	Б-3 шх. 5	40,0	2 600	360	39	+9,0
18	Б-3 шх. 5	<<0,2	-	180	27	+9,4 ( $\pm 0,2$ )
19	Б-4	2,0	1 950	14	21	+16,0

**Таблиця 2. Розподіл Au, As, Co і Sb в осадочних піритах з вуглистих сланців ділянки**

№ з/п	№ зразків	Au, г/т	As, г/т	Co, г/т	Sb, г/т	$\delta S^{34}$ , ‰
1	318/78	2,57	7 600	230	не виявл.	-28,5
2	303/225-1	0,39	1 700	870	210	-27,3
3	303/225-2	0,95	2 200	700	300	-25,6
4	303/263-1	0,666	2 200	140	не виявл.	-29,8
5	303/263-1	2,11	67	200	120	-17,1
6	303/292-1	1,16	1 510	810	167	-21,6
7	303/268-1	2,0	1 700	395	395	-20,7
8	303/268-2	2,0	1 640	840	2 000	-32,8
9	303/293	0,72	2 000	134	82	-17,5
10	274/209-3	24	2 200	50	360	+5,1
11	286 діл.1	0,78	700	78	24	-25,6
12	297/78,5	1,2	4 180	830	83	-2,7
13	304/248-4	89	4 140	217	5 500	-6,9
14	304/248-4	4,71	4 400	132	300	-6,9
15	274/209	24	2 200	50	360	+5,5
16	317/128,7	112,0	4 350	24	1 240	-13,7
	$\Sigma$	-	2 660	340	-	-

**Таблиця 3. Розподіл Au, As і Co в сульфідах прожилкових руд**

Періоди мінералізації	T, °C	pH	Au, г/т	Co, г/т	As, г/т	Мінерал-концентратор
Кварц-пірит-арсенопіритовий	400–350	5,2–5,9	від 6,9 до 2 200	345	Середнє 3 100	Арсенопірит
Кварц-анкерит-галеніт-сфалеритовий	300–250	6,2–7,0	від 1,2 до 290	210		Пірит (рідше арсенопірит)
Карбонат-бурноніт-галенітовий	200–100	8,0–8,7	сл. до 4,7	701		Пірит

*Примітка.* Як мінерал-концентратор вибиралися ті сульфіди, в яких було відзначено найвищий уміст золота. При цьому не в усіх випадках вони були провідними мінералами того чи іншого періоду мінералізації.

З метою зіставлення з вищезрозглянутим були досліджені сингенетичні пірити з вмісних відкладів власне Бобріківської Західної ділянки, що наведено в табл. 2. Як видно з таблиці, і

в цьому випадку уміст золота в осадочних піритах носить стрибкоподібний характер. Однак, як і у випадку з піритами із розрізів вугільних шахт, їх аналоги власне Бобріківської Західної ділянки

так само характеризуються різко підвищеним умістом промислово важливого компонента, що й наводиться в табл. 2.

Миш'як у випадку, що розглядається, характеризу-

ється так само підвищеним умістом, що становить у середньому 2 700 г/т.

На відміну від піритів з вугільних шахт, в їх аналогах з ділянки відзначено різке підвищення вмісту кобальту, середній уміст якого становить 340 г/т. Кількість сурми та її розподіл в окремих пробах піриту мають такий самий характер, що і в попередніх.

Результати аналізу Au, As і Co в сульфідах прожилкових руд показали, що для цього різновиду зрудення розподіл перерахованих елементів має закономірний характер і знаходиться в корелятивній залежності від періодів мінералізації і фізико-хімічних умов їх формування, що наведено в табл. 3.

Як видно з таблиці, в ранній кварц-пірит-арсенопіритовій асоціації, яка є найбільш високотемпературною на ділянці (до 400 °C) і формується в слабкокислому середовищі, відзначено найвищий уміст золота (від 7,0 до 2 200 г/т). Нарівні із золотом тут відзначено підвищений порівняно з піритами з вугільних шахт уміст кобальту.

Мінералом-концентратором золота й кобальту в цій асоціації є арсенопірит.

В інших мінералах асоціації, що розглядається, кількість золота настільки мала, що їх можна не враховувати як концентратори.

У наступній мінеральній асоціації, яка характеризується помірними температурними умовами й pH, близькими до нейтрального, вміст золота різко зменшується порівняно з ранньою, що наведено в табл. 3. Однак, незважаючи на це, асоціацію, що розглядається, загалом можна вважати продуктивною.

За вмістом кобальту ця асоціація дещо відрізняється від попередньої, бо містить у середньому 210 г/т. Мінералом-концентратором золота й кобальту є пірит, значно

рідше сплески золота відзначені в арсенопіриті, і, на решті, в завершальній карбонат-бурноніт-галенітовій асоціації вміст золота різко зменшується, варіюючи від 4,7 г/т до слідів (табл. 3). Як видно, ця асоціація формується в найбільш лужних і низькотемпературних умовах. Уміст кобальту ж тут різко зростає й становить більше 700 г/т.

Унаслідок певних обставин автори не змогли провести аналіз варіації миш'яку в сульфідах прожилкових руд. Проте фактичний матеріал свідчить про дещо підвищений уміст миш'яку в піриті прожилкових руд порівняно з його аналогами осадового походження (табл. 1–3).

Резюмуючи фактичний матеріал за особливостями розподілу золота, форм його знаходження [1], а також порівняльний аналіз даних по золотоносності в низці: осадові пірити вугільних шахт – осадові пірити в зоні розвитку прожилкових руд, робимо висновок: сульфід прожилкових руд ускладнюють однозначність інтерпретації джерела золота.

Як правило, найбільш золотоносними є ті сульфід прожилкових руд, які формуються в місцях перетину останніх з осадовими піритами або відкладеними в безпосередній близькості від них (фото 1, ділянки 1, 2).

Тут відбувається мобілізація й укрупнення золотин (фото 2а, б), наслідком чого є різко підвищений уміст золота.

Наведені факти дають підставу авторам висувати як одну з можливих гіпотез гіпотезу про мобілізацію золота, принаймні, його частини, з осадових піритів у результаті термального впливу на останні гідротермальних розчинів [1, 2].

При цьому треба мати на увазі, що результати експериментальних робіт по термальному впливу на розсіяні

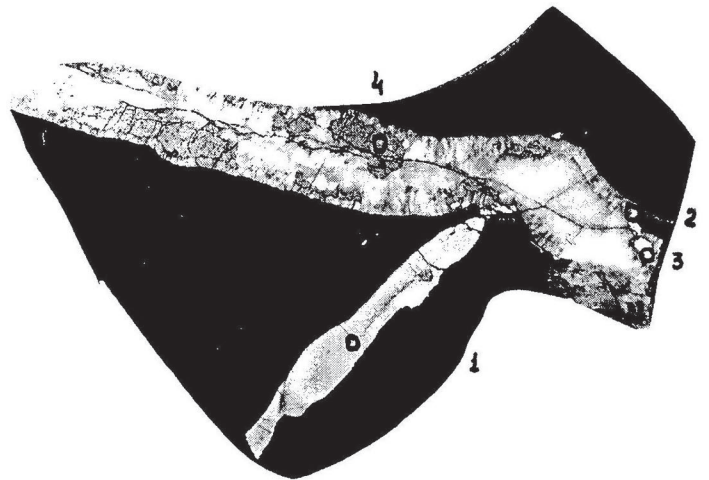
агрегати золота показали, що в інтервалі температур від ~400–450 до ~250 °С відбувається сегрегація розсіяного золота в більші агрегати. Разом з тим, при вищих температурах і відповідно нижче 250 °С відбувається розосередження золота.

Таким чином, на підставі наведених чинників бачимо, що приуроченість золотоносних асоціацій до високо-температурних мінеральних парагенезисів не випадкова.

Переходячи до питання про джерело кобальту, також варто розглядати вміст цього елемента в низці: осадові пірити вугільних шахт – їх аналоги із зон рудної мінералізації – сульфід прожилкових руд.

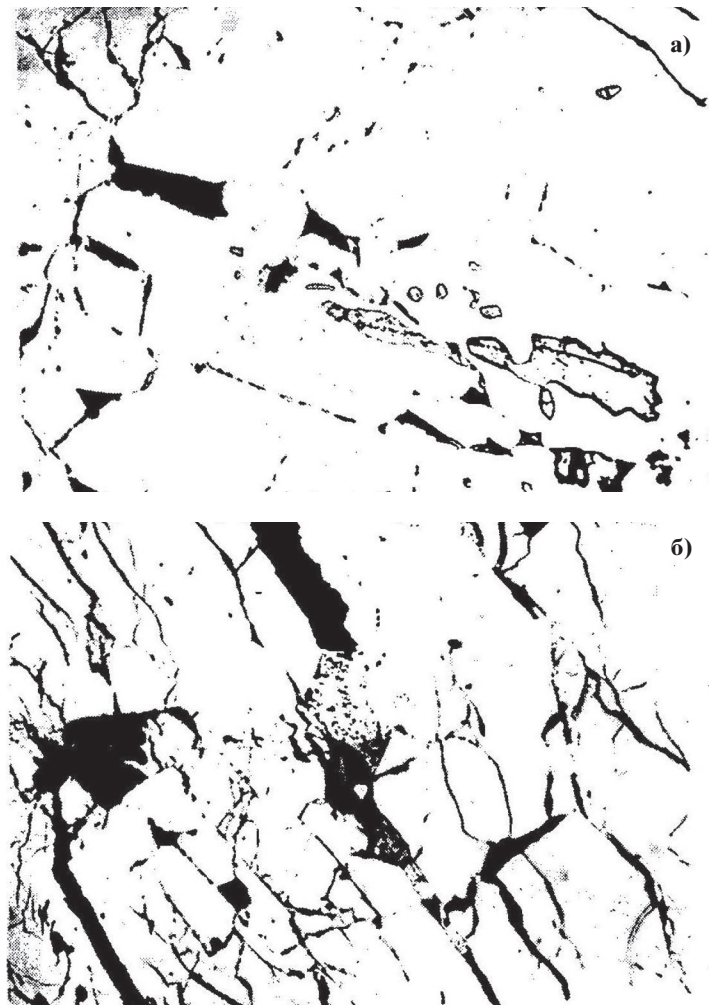
Як було відзначено, найменшим умістом кобальту характеризуються осадові пірити вугільних шахт (80 г/т). В їхніх аналогах з умісних порід площі Бобріківська Західна кількість кобальту різко підвищується й становить ~340 г/т. Уявні відмінності у вмісті кобальту генетично споріднених піритів з різних ділянок усуваються під час розгляду даних по прожилкових рудах. Раніше було відзначено, що в сульфідах прожилкових руд уміст кобальту найвищий у ряду, який розглядається. Отриманий аналітичний матеріал, з урахуванням геохімічної активності кобальту, дає можливість передбачати привнесення основної частини кобальту в складі гідротермальних розчинів, а як наслідок цього – його сорбція осадовими піритами, зосередженими в зоні.

На відміну від кобальту, миш'як у піритах прожилкових руд є близьким до таких самих осадового походження. Деяке підвищення його вмісту в піритах прожилкових руд може бути пояснене термальним впливом розчинів на осадові пірити [4], з подальшим його виносом і концентрацією в сульфідах



**Фото 1. Співвідношення різновікових прожилків**

$\delta S^{34}$  у відзначених ділянках: ділянка 1 пірит = -24,2 ‰ (Au 4,1 г/т); ділянка 2 пірит = -4,2 ‰ (Au 15,6 г/т); ділянка 3 галеніт = -5,1 ‰; ділянка 4 сфалерит = -5,2 ‰. Полірований штуф. Натуральна величина



**Фото 2. Форма виділення самородного золота в асоціації з різними мінералами в піриті**

а) Самородне золото в асоціації з галенітом (світло-сіре) в тріщинуватому піриті (біле)  $\delta S^{34}$  піриту = -25,6 ‰.

Полірований шліф. Збільшення 250. Сверд. 286

б) Виділення самородного золота в асоціації зі сфалеритом і бляклою рудою по тріщинках у піриті.

Полірований шліф. Збільшення 500. Сверд. 304





**Фото 3.** Суцільна піритова руда з арсенопіритом, халькопіритом і піритом, які утворюють прожилкоподібні скупчення в центральній частині  $\delta S^{34}$  та елементи-домішки в досліджуваних ділянках

Діл. 1:  $\delta S^{34}$  піриту = -25,6 ‰;  
 Au = 0,78 г/т;  
 As = 700 г/т;  
 Co = 78 г/т;  
 Sb = 24 г/т

Діл. 2:  $\delta S^{34}$  арсенопіриту = -17,1 ‰;  
 Au = 82 г/т;  
 As = 700 г/т;  
 Co = 6,9 г/т;  
 Sb = 6 200 г/т

прожилкових руд. Як ілюстрацію, наведено дані по одному із зразків (фото 3).

Зразок представлений масивною осадовою піритовою рудою (конкрецією), в центральній частині якої, в зоні розвитку вуглистих сланців, відзначені прожилкові дані скупчення арсенопіриту і в незначному обсязі – халькопіриту та арсенопіриту. За даними ізотопного складу сірки визначено, що сірка арсенопіриту запозичена з осадового піриту. Разом з цим, чітко визначається різка збідненість піриту миш'яком – до 700 г/т при середньому для осадового піриту більше 2000 г/т. Аномально низький уміст миш'яку в осадовому піриті пояснюється його виносом при взаємодії з гідротермальним розчином.

Ураховуючи наявність вільної сірки й різкого геохімічного бар'єру – вуглистих сланців, є логічним відкладення арсенопіриту тут же [5].

Таким чином, результати геохімічних досліджень показали, що нарівні із сіркою в складі гідротермальних розчинів був привнесений кобальт і, очевидно, інші рудогенні елементи. Однак, миш'як і принаймні частина

золота були запозичені на місці формування прожилкових сульфідів і вмісних вуглистих сланців.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гейченко М. В., Герасимов Є. С., Всеволодський К. В. Роль сульфідної мінералізації у формуванні золото-срібних руд Нагольного кряжа (на прикладі Бобрівської Західної площі) // Мінеральні ресурси України. 2013. № 2. С. 12–18.
2. Герасимов Є. С. Геологічний звіт "Пошуково-оцінювальні роботи на золото-срібні руди в межах ділянки Бобрівська Західна". Київ: Фонди ДНВП "Геоінформ України", 2013. 308 с.
3. Волярович Г. П., Запри Н. М. Информационный отчет о геохимии изотопов серы Бобривского рудопоявления (Нагольный кряж). Москва: ЦНИГРИ, 1976. 62 с.
4. Ковальчук М. С. Морфология та хімічний склад золота з осадового чохла Українського щита // Геологический журнал. 2003. № 3. С. 93–96.
5. Бабинін О. К., Гурський Д. С., Яценко Г. М. Нові дані про Клиничівське родовище золота // Мінеральні ресурси України. Київ, 1997. № 3. С. 7–10.

Рукопис отримано 22.10.2013.

УДК 551.72:549

**А. Д. САВКО**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой исторической геологии,  
**Л. Т. ШЕВЫРЕВ**, д-р геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник (НИИ геологии, Воронежский государственный университет, Россия)

## ИСТОРИКО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РТУТИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Повышенные концентрации летучих элементов (Hg, Sb, As, Tl, Bi) приурочены к структурным формам, определившим делимость земной коры. Распределение соответствующих рудных объектов разных масштабов и возраста позволило подтвердить (в иных случаях, определить) положение крупнейших рудоконтролирующих структур, расшифровать хронологическую последовательность их становления, оценить глубинность. Предлагаемую серию статей открывает изложение результатов историко-минерогенического анализа применительно к ртутьносным объектам. Последним автор, указав соответствующую аргументацию, приписывает мезо-кайнозойский возраст. С использованием вновь созданной базы данных на континентах отрисованы две группы ртутьносных структур: линейных и очаговых (плюмы). Помимо подразделений Циркум-Тихоокеанского суперпояса, "линеамента Карпинского" в Предкавказье и Донбассе, среди них: пояса Уральский и Западного Средиземноморья, ртутьносные плюмы Центральной и Северной Европы, Центральной Азии (Киргизия, Таджикистан, Афганистан), Восточно-Китайский, Северо-Восточной Азии, Южноафриканский. Некоторые из них выделены впервые.

Anomalous concentrations of the volatile Hg, Sb, As, Tl, Bi tend to be located within the structural forms have been determined the tectonic blocking of the Earth crust. Areal distribution of the ore occurrences of the discrepant scales and ages let corroborate (sometimes disclose) position of the planetary rank ore-controlling structures as well as decipher their forming chronological successiveness and estimate deepness. This description of the historical-mineragenical analysis results for the mercury-ferrous objects opens the series of papers being undertaken. The authors prescribe to this Hg accumulations Mesozoic-Cenozoic ages predominantly. Two groups of the Hg-ferrous structures (lineal ones and "hearth" or plumes) are differed and aligned on the continents being founded upon the new database. Among them besides Circum-Pacific one and "Karpinsky lineament" of the Cis-Caucasus and Donets Basin are the Urals and Western European belts, plumes of Central-and-Northern Europe, Central Asia (Kyrgyzstan, Tajikistan, Afghanistan), Eastern Chinese, North-Eastern Asia, South Africa. Some of them are differed at the first time.

#### Постановка проблеми

Историческую минерогению традиционно интересует вопрос, когда и на каких

площадях поверхности Земли проявилась металлоносная флюидная активизация, сопровождаемая выбросом летучих элементов (Hg, Sb, As, Tl, Bi). Это явление,