

UDC 549 : 553.31 (477.63)

**Evtekhova A.V., Shulika Yu.M., Evtekhov V.D., Smirnov O.Ya., Georgiieva O.P.**

## **NEW MINERAL FORMATIONS IN UNDERGROUND WORKINGS OF KRYVYI RIH BASIN**

*Data on genesis conditions, composition and morphology of aggregates of new mineral formations at Kryvyi Rih basin underground mining workings is given.*

Kryvyi Rih banded iron formation has been subjected to hypergene changes throughout a long period of the Ukrainian Shield continent existence (more than 2 billion years) excluding short breaks. Genetically allied and, at the same time, contravertive mineralogical processes have been occurring in the crust of weathering of Saksagan suite of the Kryvyi Rih series ferruginous quartzites and enclosing schists. There are several trends in hypergene mineralogical changes of these rocks.

The major trend consists in replacing minerals non-persistent to weathering factors influence and formed under hypogene conditions such as dynamothermal metamorphism (magnetite, biotite, cummingtonite, chlorite, siderite, iron talc, and others); sodium and potassium metasomatism (aegirine, riebeckite, albite, tetraferriohite, and others); hydrothermal formations (pyrite, chalcocopyrite, pyrrhotine, celadonite, stilpnomelane, calcite, dolomite and others) by minerals representing hypergene products.

After results of numerous studies of systematic mineralogy of weathering products of ferruginous rocks of Kryvyi Rih basin [1-7] several lines of hypergene metamorphosis of primary minerals can be distinguished. According to them changes in primary minerals occur simultaneously, weathering products are identical or similar:

1) magnetite is replaced by hematite (martite), and, in conditions of intensive weathering manifestation, partially by goethite;

2) weathering of iron-containing carbonates (siderite, sideroplesite, pistomessite, ankerite, ferrodolomite, and others) is accompanied by their replacement with dispersed hematite or dispersed goethite, goethite, lepidocrocite depending on intensity of weathering;

3) hypergene decomposition of ferrous and ferromagnesian aluminum-free silicate (cummingtonite, aegirine, riebeckite, magnesioriebeckite, seladonite, iron talc (minnesotaite) and others) is accompanied by replacing it with dispersed hematite or, under condition of more intensive weathering, by dispersed goethite, goethite; quartz, more seldom chalcedony and opal are formed due to silicate constituent of primary minerals;

4) alumina-ferruginous silicates (biotite, chlorite, stilpnomelane, garnet (almandine) and others) are replaced by aggregate of dispersed hematite or dispersed goethite, goethite with quartz (chalcedony, opal); presence of alumina constituent in primary silicates causes clay minerals formation, usually kaolinite, sometimes alumstone;

5) hypergene changes in iron sulfides (pyrite, pyrrhotine, marcasite and others) are accompanied by formation of dispersed hematite or dispersed goethite, goethite, sometimes accompanied by iron sulfates (jarosite, copiapite, melanterite).

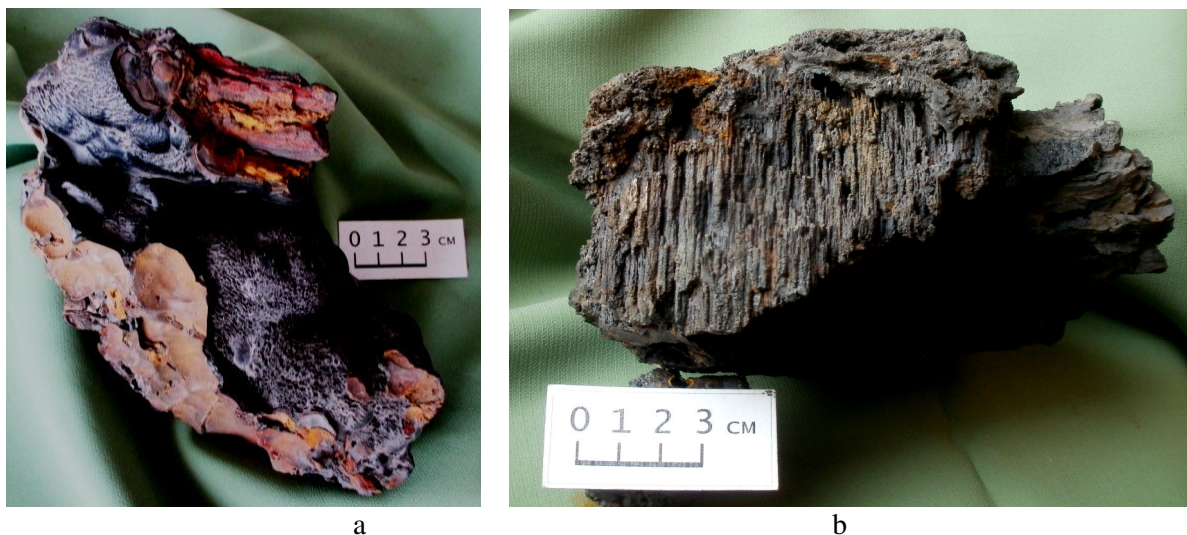
Primary quartz (metamorphogenic, metasomatic, hydrothermal) and micaceous hematite are quite resistant to the influence of hypergene factors.

Thus, significant decrease in mineral variety is manifestation of major trend of hypergene changes in banded iron formation rocks.

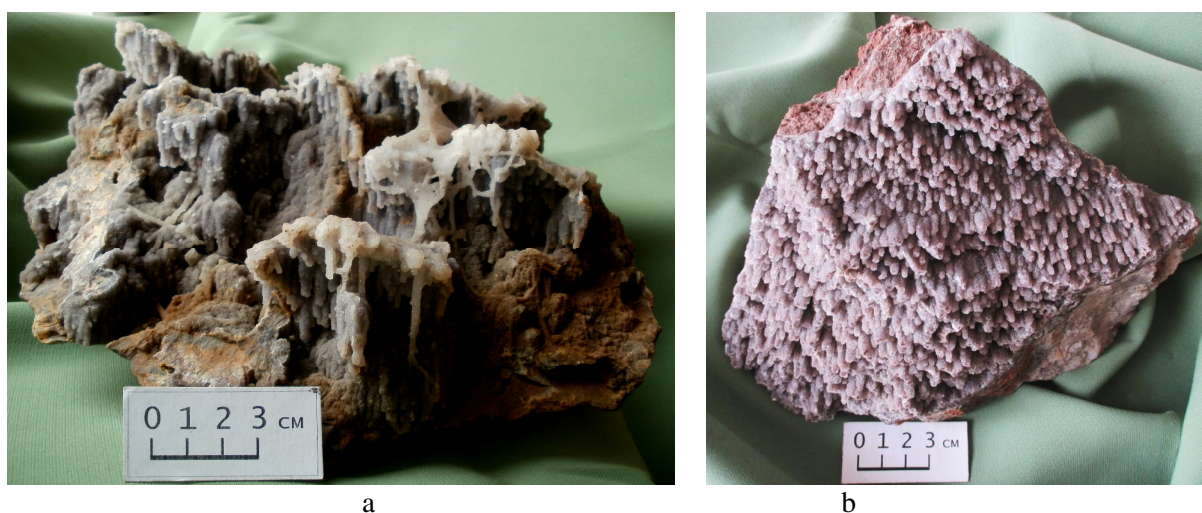
**Secondary, accessory trend** consists in formation of hypergene minerals within rock voids resulting from redeposition of migrating hypergene solutions of chemical components referring to primary minerals. Dripstone, shelly, radially fibrous, dendritic, earthy and other aggregates of such minerals are being constantly fixed in under-

ground workings of closed and productive mines producing high grade iron ores at Kryvyi Rih basin (fig.1-6).

Aggregates of goethite are the most abundant and of various sizes and shapes. They occur at near-surface underground mine workings at the depth of up to 70 m [4]. They are mostly represented by shelly, dripstone aggregates, fill in various shapes voids in enclosing rocks (fig.1).



**Fig. 1.** Shelly (a) and dripstone (b) aggregates of goethite in underground workings of “Gigant-Glyboka” Mine.



**Fig. 2.** Dripstone aggregates of chalcedony in underground workings of “Saksagan” Mine.

Active migration of silica in hypergene solutions has been occurring at the level of upper hypsometric horizons of iron ore deposits. It results in formation of various veins of hypergene quartz, chalcedony, and opal. Unique dripstone aggregates of chalcedony sometimes covered with very small (up to 1 mm) rhombohedral quartz crystals (fig. 2) were found in underground mine workings of “Saksagan” Mine.

Newly formed aggregates of calcite and rarer aragonite are notable for big size and shape variety. Their veinlets and holes, cracks, other cavities filling in enclosing hematite quartzites and schists by spherulitic (fig. 3), radially fibrous, granular, earthy aggregates are the most abundant. Formations of calcite stalactites and stalagmites having length of up to 100 cm (fig. 4) are quite common.



*Fig. 3. Spherulitic aggregates of calcite from a void in martitized cummingtonite-magnetite quartzites from an underground working of G.K.Ordzhonikidze Mine.*

Dripping from worked out underground workings roofs causes gradual covering of the floor by calcite crusts (fig. 5), resulting in formation of so-called “mine pearls” having size from 1 to 20 mm (fig. 6) in puddles. “Mine pearls” structure is zonal, there is a small size (from 1 to 10 mm) particle of hematite quartzite in the center of each pearl.

Apart from above-mentioned there are various shape recent hypergene formations of pyrite, marcasite, melnikovite, sepiolite, palygorskite, celadonite, kaolinite, montmorillonite, chlorite, siderite, dolomite, celestine, barite, gypsum, jarosite,

copiapite, alumstone, huntite and other minerals – in all more than 40 minerals and mineral varieties in underground mining working.



*Fig. 4. Intergrowth of several calcite stalactites from the roof of a worked out underground working of “Zorya-Octiabrskaya” Mine.*



*Fig. 5. Calcite spaddle from a puddle at worked out underground working floor of V.I.Lenin Mine.*

Mineral formations from underground mining working embellish Kryvyi Rih National University Mineralogical Museum exhibition, other Ukrainian museums exhibitions, may represent schools or individual collections exhibits.



**Fig. 6.** “Mine pearls” from one of worked out underground working of V.I.Lenin Mine.

#### REFERENCES

1. **Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И. и др.** Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Ред. Я.Н.Белевцев // Москва: Госге-

олтехиздат, 1957.– 280 с.

2. **Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П. и др.** Генезис железных руд Криворожского бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1959.– 308 с.

3. **Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др.** Геология Криворожских железорудных месторождений // Киев: Изд. АН УССР, 1962.– Т. 1.– 484 с., т. 2.– 567 с.

4. **Зима С.Н., Чернецова В.М.** Эпигенетические изменения богатых руд Саксаганского района Кривого Рога // Геологический журнал.– 1972.– № 4.– С. 32-41.

5. **Каниболоцкий П.М.** Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна // Черновцы: Изд. АН УССР, 1946.– 312 с.

6. **Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др.** Минералогия Криворожского бассейна // Киев: Наукова думка, 1977.– 544 с.

7. **Свительский Н.И., Фукс Э.К., Половинкина Ю.И. и др.** Железорудное месторождение Кривого Рога // Москва-Ленинград: Госгеолыздат, 1932.– 284 с.

#### **ЄВТЄХОВА А.В., ШУЛІКА Ю.М., ЄВТЄХОВ В.Д., СМІРНОВ О.Я., ГЕОРГІЄВА О.П.** Мінеральні новоутворення підземних гірничих виробок Криворізького басейну.

**Резюме.** Залізисто-кремніста формація Криворізького басейну протягом тривалого (з незначними перервами понад 2 млрд. р.) періоду континентального існування Українського щита зазнавала гіпергенних змін. В корі вивітрювання залізистих кварцитів і вмісних сланців відбувались і продовжуються генетично споріднені і в той же час контраверсійні мінералогічні процеси. Існує декілька трендів гіпергенних мінералогічних змін залізистих порід.

Головний тренд полягає в заміщенні гіпергенними мінералами – мінералів, нестійких до впливу факторів вивітрювання, які формувались у гіпогенних умовах: магнетиту, кумінгтоніту, біотиту, альмандину, егірину, рибекіту, хлориту, залізистого тальку, селадоніту, стильномелану, сидериту, доломіту, кальциту, піриту, піротину та ін.

За результатами мінералогічних досліджень, можна виділити декілька ліній гіпергенних перетворень первинних мінералів: 1) магнетит заміщується гематитом (мартитом), а за умови інтенсивного прояву вивітрювання – частково гетитом; 2) вивітрювання залізо-вмісних карбонатів (сидериту, сидероплезиту, пістомезиту, анкериту, феродоломіту та ін.) супроводжується, в залежності від інтенсивності вивітрювання, заміщенням їх дисперсним гематитом або дисперсним гетитом, гетитом, лепідокрокітом; 3) гіпергенне розкладання залізистих та

магнезіально-залізистих безглиноземних силікатів (кумігтоніт, егірін, рибекіт, магнезіорибекіт, селадоніт, залізистий тальк (мінесотаїт) та ін.) супроводжується заміщенням їх дисперсним гематитом або за умови більш інтенсивного вивітрювання – дисперсним гетитом, гетитом; за рахунок силікатної складової первинних мінералів утворюються кварц, рідше халцедон та опал; 4) глинозем-залізисті силікати (біотит, хлорит, стильпномелан, гранат (альмандин) та ін.) заміщуються агрегатом дисперсного гематиту або дисперсного гетиту, гетиту з кварцом (халцедоном, опалом); присутність глиноземного компоненту в складі первинних силікатів спричиняє утворення глинистих мінералів, зазвичай, каолініту та іноді алуніту; 5) гіпергенні зміни сульфідів заліза (піриту, піротину, марказиту та ін.) супроводжуються утворенням дисперсного гематиту або дисперсного гетиту, гетиту, іноді в супроводі сульфатів заліза (ярозиту, копіаніту, мелантериту). Відносно стійкими до дії гіпергенних факторів є первинні (метаморфогенні, метасоматичні, гідротермальні) кварц і залізна слюдка.

Таким чином, проявом дії головного тренду гіпергенних змін порід залізисто-кремнистої формації є суттєве зменшення їх мінерального різноманіття.

Другорядний, супроводжувальний тренд полягає в утворенні гіпергенних мінералів у порожнинах гірських порід внаслідок перевідкладення мігруючих у складі гіпергенних розчинів хімічних компонентів, які входили до складу первинних мінералів. До найбільш поширених і різноманітних за розміром і формою відносяться агрегати гетиту. Вони зустрічаються в приповерхневих гірничих виробках шахт – на глибині до 700 м. Представлені, зазвичай, шаралупуватими, натічними агрегатами, заповнюють різної форми порожнини у вмісних гірських породах. Розмір агрегатів коливається від перших міліметрів до декількох метрів. У вигляді плямистих, концентричних, жилкоподібних включень в агрегатах гетиту присутні генетично споріднені з ним дисперсний гетит і лепідокротит.

На рівні верхніх гіпсометричних горизонтів залізородних родовищ відбувається активна міграція кремнезему в складі гіпергенних розчинів. Наслідком цього є утворення численних жил гіпергенного кварцу, халцедону, опалу. В гірничих виробках шахти «Саксагань» були зустрінуті унікальні натічні агрегати халцедону, іноді вкриті по поверхні дуже дрібними (розміром до 1 мм) ромбоєдричними кристалами кварцу.

Значною різноманітністю форм і розмірів відрізняються новоутворені агрегати кальциту та більш рідкісного арагоніту. Найчастіше зустрічаються їх прожилки та виповнення каверн, тріщин, інших порожнин у вмісних гематитових кварцитах і сланцях сферолітовими, радіально-променистими, зернистими, землистими агрегатами. Досить часто спостерігається утворення сталактитів і сталагмітів кальциту, довжина яких досягає 100 см. Капіж зі стелі закритих гірничих виробок спричиняє поступове вкривання їх підлоги кірками кальциту, у «ванночках» яких внаслідок падіння крапель утворюються так звані «шахтні перли», розміром від 1 до 20 мм. Будова «перлів» зональна, в центрі кожного знаходиться невеликого розміру (від 1 до 10 мм) частинка гематитового кварциту.

Крім описаних вище, в підземних гірничих виробках виявлені також різної форми сучасні гіпергенні утворення піриту, марказиту, мельниковіту, сепіоліту, палигорськиту, селадоніту, каолініту, монтморилоніту, хлориту, сидериту, доломіту, целестину, бариту, гіпсу, ярозиту, копіаніту, алуніту, хантиту та інших мінералів – загалом понад 40 мінеральних видів і різновидів.

**Ключові слова:** залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, гіпергенні мінерали.

**ЕВТЕХОВА А.В., ШУЛИКА Ю.Н., ЕВТЕХОВ В.Д., СМІРНОВ А.Я., ГЕОРГИЄВА Е.П.**  
**Минеральные новообразования подземных горных выработок Криворожского бассейна.**

*Резюме.* В толще горных пород железисто-кремнистой формации Криворожского бассейна постоянно происходят гипергенные изменения. Они сопровождаются растворением минераль-

ного вещества и осаждением гипергенных минералов в пустотах. К последним относятся подземные горные выработки закрытых и действующих шахт. Минеральные образования горных выработок наблюдаются на поверхностях кровли, подошвы и стенок в виде натечных образований гетита, кварца, халцедона, опала, арагонита, кальцита, пирита, марказита, мельниковита, сепиолита, палыгорскита, селадонита, каолинита, монтмориллонита, хлорита, сидерита, доломита, целестина, барита, гипса, ярозита, копиапита, хантита, апатита и других минералов – всего более 40 минеральных видов и разновидностей.

**Ключевые слова:** железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, гипергенные минералы.

**EVTEKHOVA A.V., SHULIKA Yu.M., EVTEKHOV V.D., SMIRNOV O.Ya., GEORGIIEVA O.P. New mineral formations in underground workings of Kryvyi Rih basin.**

*Summary.* Hypergene changes constantly occur in rocks of banded iron formation of the Kryvyi Rih basin. They are accompanied by solving mineral substance and sedimentation of hypergene minerals in cavities. The latters are underground workings of closed and active mines. Mineral formations can be seen on roots, foots and walls of the workings as accumulating formations of goethite, quartz, chalcedony, opal, aragonite, calcite, pyrite, marcasite, melnikovite, sepiolite, palygorskite, celadonite, kaolinite, montmorillonite, chlorite, siderite, dolomite, celestine, baryte, jarosite, copiapite, huntite, apatite and other minerals – in all more than 40 minerals and mineral varieties.

**Key words:** banded iron formation, the Kryvyi Rih basin, hypergene minerals.

*Надійшла до редакції 15 квітня 2014 р.  
Представив до публікації доц. В.М.Харитонов.*