

УДК 553.31 (477.63)

Е.О. Беспояско<sup>1</sup>, В.Д. Євтехов<sup>2</sup>, Т.В. Беспояско<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ПАТ "ІнГЗК"

50064, м. Кривий Ріг, Україна, вул. Рудна, 47

E-mail: bespoyasko-ea@ingok.com.ua

<sup>2</sup> Криворізький національний університет

50027, м. Кривий Ріг, Україна, вул. XXII партз'їзду, 11

E-mail: evtekhov@gmail.com

<sup>3</sup> ПАТ НДПІ "МЕХАНОБРЧОРМЕТ"

50086, м. Кривий Ріг, Україна, вул. Телевізійна, 3

E-mail: besptanya@meta.ua

## ЛОКАЛІЗАЦІЯ І МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ПОКЛАДІВ БАГАТИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД ІНГУЛЕЦЬКОГО РОДОВИЩА КРИВБАСУ

---

Інгулецьке родовище є сировинною базою Інгулецького гірничозбагачувального комбінату (ІнГЗК), який видобуває і переробляє бідні магнетитові руди. Протягом останніх років у кар'єрі ІнГЗК все частіше фіксуються виходи покладів багатих гематитових руд, не вилучених у процесі раніше виконаних гірничодобувних робіт (так званих втрачених). Сьогодні їх класифікують як розкривні породи та вивозять у відвали. Основними рудоутворювальними мінералами багатих гематитових руд є гематит (58,16 %) і кварц (38,56 %), вміст інших мінералів у складі руд незначний. Мінеральний склад визначає хімічний склад багатих гематитових руд: середній вміст заліза ( $Fe_{\text{заг}}$ ) становить 53,85 мас. %. Кількість заліза, яке входить до складу магнетиту ( $Fe_{\text{магн}}$ ), незначна через інтенсивність гіпергенних змін руд, у середньому становить 0,16 мас. %. Незначним також є вміст заліза у складі силікатів і карбонатів — близько 0,43 мас. %. Результати досліджень свідчать про відносно низьку якість багатих гематитових руд. У зв'язку з цим можна рекомендувати, базуючись на мінералогічних даних, дослідити можливість збагачення їх з метою одержання кондиційної аглоруди або високоякісного гематитового концентрату. Залучення їх до переробки дозволить вирішити низку економічних, екологічних та соціальних питань, які сьогодні є дуже актуальними для гірничозбагачувальних підприємств України.

*Ключові слова:* Інгулецьке родовище, багаті гематитові руди, гематит, кварц, залізо.

**Вступ.** Інгулецьке родовище розташоване у межах Лихманівського (Інгулецького) залізрудного району Криворізького басейну. Продуктивна товща родовища входить до складу вузької смуги метаморфічних порід, що простяглась з півдня на північ на західному схилі долини р. Інгулець. Загальна довжина родовища 5,3 км, ширина — від 0,5 до 1,3 км. Родовище є сировинною базою Інгулецького гірничозбагачувального комбінату (ІнГЗК), який видобуває і переробляє бідні магнетитові руди (магнетитові кварцити).

Поклади багатих гематитових руд Інгулецького родовища відпрацьовувались з кінця ХІХ ст. у невеликих кар'єрах та шахтах. Поступово, у зв'язку з вичерпанням запасів, гірничі роботи переходили на глибші горизонти, що призвело до переходу від відкритого способу видобутку (кар'єри) залізних руд до підземного (шахти). На початку 1990-х рр. собівартість видобутку багатих руд перевищила економічно обґрунтований рівень, що спричинило закриття останньої шахти та ліквідації рудника "Інгулець". Особливістю підземного видобутку залізних руд є значні технологічні втрати (близько 20 мас. %) та залишені в надрах невеликі рудні тіла, що не відповідали кондиціям

© Е.О. БЕСПОЯСКО, В.Д. ЄВТЕХОВ,  
Т.В. БЕСПОЯСКО, 2014

за розміром та потужністю. Протягом останніх років виходи покладів багатих гематитових руд, не вилучених у процесі раніше виконаних гірничодобувних робіт (так званих втрачених), усе частіше фіксуються у відслоненнях північного борту кар'єру ІНГЗК. З часом кількість їх збільшується, у зв'язку з наближенням фронту добувних робіт до гірничого відводу закритого рудника "Інгулець". На сьогодні їх класифікують як розкривні породи та вивозять у відвали [2, 3].

Гірничодобувні підприємства України в умовах ринкової економіки вирішують проблему зменшення собівартості готової продукції за умов постійного зростання цін на сировину, енергоносії, обладнання тощо. Одним із рішень цієї проблеми є розширення мінерально-сировинної бази підприємств за рахунок використання супутніх корисних копалин, до яких можна віднести і поклади "втрачених" багатих залізних руд.

**Метою роботи** є вивчення хімічних, мінералогічних, текстурно-структурних характеристик та локалізації покладів "втрачених" багатих залізних руд, бо саме ці показники визначають можливість отримання з них конкурентоздатної товарної продукції.

**Методи досліджень.** Авторами в процесі досліджень були використані матеріали раніше виконаних геологічних та мінералогічних досліджень, на підставі яких було заплановано маршрути в кар'єрі. Під час проходження маршрутів зафіксовано умови залягання рудних покладів, макроскопічно визначено їхній мінеральний склад, структуру, текстуру, відібрано проби для подальших досліджень. Хімічні аналізи виконано в лабораторії ПАТ "ІНГЗК", мінералогічні дослідження — в лабораторіях кафедри геології та прикладної мінералогії Криворізького національного університету з використанням стандартних методів (топомінералогічного, мінералого-онтогенічного, мінералого-петрохімічного, мінералого-технологічного). У ході досліджень застосовано серійні бінокулярні, петрографічні та міне-раграфічні мікроскопи.

**Результати роботи.** *Локалізація.* Багаті гематитові руди Інгулецького родовища в межах Криворізького залізрудного басейну виділяються як особливий різновид — так званий інгулецький тип [2—4]. Йому властива пластова, рідше лінзоподібна форма рудних тіл, чітко локалізованих у зоні контакту саксаганської та

гданцівської світ. Стратиграфічно поклади багатих руд відносять до п'ятого і шостого залізистих горизонтів саксаганської світи. На глибині близько 1000 м руди мають силікат-карбонат-магнетитовий, силікат-карбонат-залізолюдко-магнетитовий склад. Вище у зв'язку з проявом гіпергенних процесів руди суттєво магнетитові переходять у мартит-магнетитові, вище — в магнетит-мартитові, у верхніх частинах розрізу — в мартитові та залізолюдко-мартитові. Серед останніх досить поширені інтенсивно дезінтегровані руди, перетворені на так звану залізолюдко-мартитову сипучку ("шелестуху"). Потужність рудних покладів від декількох метрів до 50—60 м. Глибина поширення у північній частині Інгулецького родовища до 1800—2000 м. До глибини понад 800 м руди відпрацьовані шахтами нині закритого рудника "Інгулець" [1, 5].

Просторово рудні поклади тяжіють до зон розривних порушень у шарнірній частині Лихманівської синкліналі. У кар'єрі ІНГЗК вони наявні в північному борті на верхніх гіпсометричних горизонтах (в основному від +45 до -90 м). У вибоях діагностуються за темним вишнево-синім кольором, підвищеною пористістю, сипучістю, відсутністю кварцових прошарків (рис. 1).

*Морфологія рудних покладів.* Рудні поклади мають гніздо-, лінзо- або жиллоподібну форму. Потужність покладів змінюється від декількох десятків сантиметрів до 40—50 м, середній показник — 5—10 м. З просуванням вибоїв кар'єру на північ розмір рудних покладів, як і їхня кількість, збільшується.

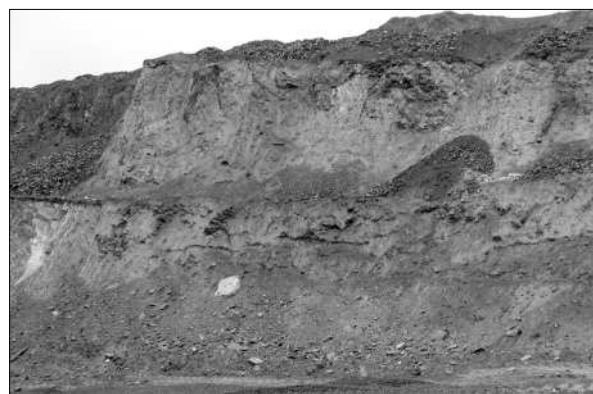


Рис. 1. Відслонення "втрачених" багатих залізних руд в кар'єрі ПАТ "ІНГЗК"

Fig. 1. Exfoliation of "lost" high grade iron ores in PJSC "INGULETS GOK" open-pit

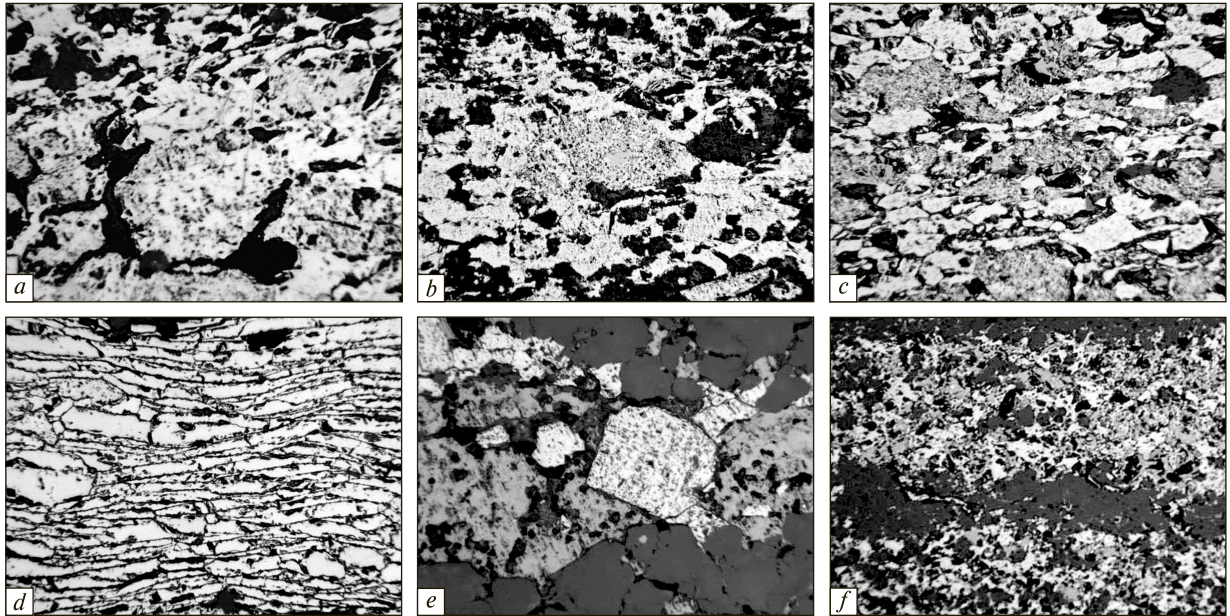


Рис. 2. Особливості мінерального складу, структури і текстури багатих гематитових руд. Структура руд: *a* — блокова; *b* — гілчато-блокова; *c* — субпаралельна гілчато-ланцетоподібна; *d* — паралельно-ланцетоподібна; *e* — стрічкова; *f* — гілчата. Біле — залізна слюдка, світло-сіре — мартит, темно-сіре — кварц, чорне — порожнини. Відбите світло, ніколі паралельні, зб. 25

Fig. 2. Peculiarities of mineral composition, structure and texture of high grade hematite ores. Ores structure: *a* — block; *b* — dendritic-block; *c* — subparallel dendritic-lance-shaped; *d* — parallel-lance-shaped; *e* — ribboned; *f* — dendritic. White color — specularite, light-grey color — martite, dark-grey color — quartz, black color — interstices. Reflected light, parallel nicols, magnification 25

**Текстура.** Текстура багатих залізолюдко-мартитових руд реліктова шарувата, пориста, на ділянках інтенсивної дезінтеграції рудного матеріалу псамітоморфна, близька до однорідної.

**Структура.** Структура сипких руд псамітова. Структура руд, що зберегли міцність, обумовлена структурою рудних прошарків первинних залізистих кварцитів — гілчата, гілчато-блокова, блокова і стрічкова (рис. 2).

**Мінеральний склад.** Багаті гематитові руди кар'єру, як зазначено вище, є продуктом вивітрювання первинних багатих руд, які мали магнетитовий, залізолюдко-магнетитовий, силікат-карбонат-магнетитовий склад. Основними мінеральними компонентами первинних руд були магнетит, кварц, залізна слюдка, залізисті (кумінгтоніт, залізистий тальк, магнезіорибекіт, егірин та ін.) і глинозем-залізисті (біотит, хлорит, альмандин, селадоніт, стильпномелан, альбіт та ін.) силікати, а також залізисті (сидерит, сидероплезит, пістомезит, ферродоломіт) і беззалізисті (кальцит, доломіт) карбонати. У процесі вивітрювання багатих магнетитових руд кварц і залізна слюдка збері-

гали стійкість до дії гіпергенних факторів, практично не зазнавали змін. Магнетит заміщувався мартитом, причому за неповного заміщення в центральних частинах агрегатів мартиту зберігались дрібні ксеноморфні реліктові включення магнетиту. Залізисті силікати і карбонати заміщувались агрегатом дисперсного гематиту і кварцу (халцедону, опалу); глинозем-залізисті силікати — агрегатом дисперсного гематиту, каолініту і кварцу (халцедону, опалу). Беззалізисті карбонати зазнавали повного розчинення з виносом їх хімічних компонентів за межі кори вивітрювання.

З наведених даних можна зробити загальний висновок, що гіпергенні зміни багатих магнетитових руд були спрямовані на спрощення їх мінерального складу, збіднення мінералогічної різноманітності. На рівні верхніх гіпсометричних горизонтів рудних покладів внаслідок інтенсивних гіпергенних змін руд відбувалось заміщення мартиту, залісної слюдки, дисперсного гематиту, частково кварцу — гідроксидами заліза (гетитом, дисперсним гетитом, лепідокрокитом). Таким чином, мінеральний склад багатих гематитових руд визначений складом

первинних багатих магнетитових руд та інтенсивністю їх гіпергенних змін. Цим пояснюється виділення численних мінеральних різновидів руд, найбільш поширеними з яких є: 1) гетит-мартит-залізолюдкові; 2) гетит-залізолюдко-мартитові; 3) гетит-мартитові; 4) гетитдисперсногетит-мартитові; 5) гетит-мартитдисперсногетитові; 6) мартит-каолінит-гетитдисперсногетитові; 7) мартит-залізолюдкові; 8) залізолюдко-мартитові; 9) мартитові; 10) дисперсногематит-мартитові; 11) мартитдисперсногематитові; 12) мартит-каолінит-дисперсногематитові. Тіла руд мають еволюційні контакти, дуже складну форму, зазвичай їх неможливо чітко окреслити. У практичній геологічній роботі їх об'єднують у спільні рудні поклади, які характеризуються значною варіативністю мінерального і хімічного складу. У таблиці наведений середній мінеральний склад багатих гематитових руд, поклади яких на сьогодні відслонені в забоях кар'єру.

З таблиці видно, що основними рудоутворювальними мінералами є гематит (58,16 %) і кварц (38,56 %). Перший представлений мартитом і залізною слюдкою, в незначній кількості — дисперсним гематитом. У агрегатах мартиту, як зазначено вище, зрідка присутні реліктові включення магнетиту, кількість яких закономірно збільшується з глибиною. Кварц — основний нерудний мінерал багатих руд. Процес рудоутворення супроводжувався розчиненням  $\text{SiO}_2$ , яке відбувалось переважно вздовж контактів індивідів кварцу. Це часто спричиняло утворення маршаліту і, як наслідок, низьку механічну міцність, а на рівні верхніх гіпсометричних горизонтів родовища, розкритих у забоях кар'єру, — сипучість багатих гематитових руд. Вміст інших мінералів у складі руд незначний.

**Хімічний склад.** Мінеральний склад визначає хімічний склад багатих гематитових руд. Середній вміст заліза ( $\text{Fe}_{\text{зар}}$ ) у їх складі, за даними 25 визначень, становить 53,85 мас. % (коливання від 46,05 до 65,79 мас. %). Кількість заліза, яке входить до складу магнетиту ( $\text{Fe}_{\text{магн}}$ ), незначна через інтенсивність гіпергенних змін руд, вона становить 0,00—0,57 мас. %, в середньому — 0,16. Незначним також є вміст заліза в складі силікатів і карбонатів: від 0,21 до 0,94, в середньому 0,43 мас. %. Основний компонент руд — залізо, пов'язане з мартитом, залізною слюдкою, гідроксидами заліза ( $\text{Fe}_{\text{март} + \text{гем} + \text{гїдр}}$ ): його вміст коливається

ся від 45,78 до 65,32, в середньому становить 53,42 мас. %.

**Висновки.** Результати мінералогічних і хімічних досліджень багатих гематитових руд, втрачених у процесі раніше виконаних гірничодобувних робіт, свідчать про їх відносно

**Узагальнений мінеральний склад багатих гематитових руд, об'єм. %**  
**The averaged mineral composition high grade hematite ores, vol. %**

Мінерали і мінеральні різновиди	Вміст
Гематит,	58,16
у тому числі:	
мартит	44,78
залізна слюдка	12,15
дисперсний гематит	1,23
магнетит	1,07
Гідроксиди заліза,	1,37
у тому числі:	
гетит	0,84
дисперсний гетит	0,32
лепідокрокіт	0,21
Мінерали групи кварцу,	38,72
у тому числі:	
кварц	38,56
халцедон	0,12
опал	0,04
Силікати,	0,24
у тому числі:	
реліктові силікати (гіпергеннозмінені кумінгтоніт, біотит, хлорит, залістий тальк (мінесотаїт), гранат, селадоніт, стильпномелан, альбіт, магнезіюрибекіт, егірін та ін.)	0,13
новоутворені силікати (каолінит, монтморилоніт, бейделіт, гідробіотит та ін.) — розрахункові дані	0,11
Карбонати,	0,15
у тому числі:	
реліктові залістисті карбонати (сидерит, сидероплезит, пістомезит та ін.)	0,07
новоутворені (без- або малозалістисті карбонати (кальцит, доломіт, феродоломіт, хантит та ін.)	0,08
Сульфіди,	0,05
у тому числі:	
реліктові сульфіди (пірит, піротин, халькопірит та ін.)	0,03
новоутворені (гіпергенні) сульфіди (марказит, мельниковіт та ін.)	0,02
Апатит	0,01
Інші мінерали (циркон, турмалін, гіпс, алуніт, ярозит, копіапїт та ін.)	0,23
<i>Сума</i>	100,00

низьку якість. У зв'язку з цим можна рекомендувати, базуючись на мінералогічних даних, дослідити можливість збагачення руд з метою одержання кондиційної аглоруди або високоякісного гематитового концентрату.

Основними технологіями збагачення гематитових руд на сьогодні є магнітна та гравітаційна. Також заслуговує уваги новітня технологія відновлення магнетиту із гематиту з використанням нетрадиційних енергоощадних методів, тому технологічні дослідження доцільно проводити саме за цими технологіями.

Залучення до переробки "втрачених" руд дозволить вирішити низку економічних, екологічних та соціальних питань, які сьогодні є надзвичайно актуальними для гірничозбагачувальних підприємств України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И., Дубинкина Р.П., Ищенко Д.И., Каршенбаум А.П., Кулишов М.П., Лященко К.П., Максимович В.Л., Скуридин С.А., Сироштан Р.И., Тохтуев Г.В., Фоменко В.Ю., Шербакова К.Ф. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна. — М.: Госгеолтехиздат, 1957. — 280 с.
2. Беспояско Е.О. Мінералогічні особливості залізних руд Криворізького басейну у світлі збільшення їх кондиційних запасів // Мінерал. журн. — 2014. — 36, № 3. — С. 86—91.
3. Беспояско Э.А., Евтехов В.Д., Евтехов Е.В. Минерально-сырьевая база горнообогатительных предприятий Криворожского бассейна // Мінерал. журн. — 2013. — 35, № 4. — С. 66—72.
4. Dorfman Ya.Z. Зональность железорудных залежей ингулецкого типа в Криворожском бассейне // Вопросы геологии и минералогии рудных месторождений Украины. — М.: Недра, 1969. — № 3. — С. 58—70.
5. Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И., Белевцев Р.Я., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галий С.А., Квасница В.Н., Кульчицкая А.А., Мельник Ю.П., Мельников В.С., Павлишин В.И., Пирогов Б.И., Туркевич Г.И. Минералогия Криворожского бассейна. — Киев: Наук. думка, 1977. — 543 с.

Надійшла 17.08.2014

#### REFERENCES

1. Akimenko, N.M., Belevtsev, Ya.N., Goroshnikov, B.I., Dubinkina, R.P., Ishchenko, D.I., Karshenbaum, A.P., Kulishov, M.P., Lyashchenko, K.P., Maksimovich, V.L., Skuridin, S.A., Siroshstan, R.I., Tohtuev, G.V., Fomenko, V.Yu. and Shcherbakova, K.F. (1957), *Geological structure and iron ores of the Krivorozhsky pool*, Gosgeoltekhizdat Press, Moscow, 280 p.
2. Bespoiasko, E.A. (2014), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 36 No. 3, pp. 86-91.

3. Bespoiasko, E.A., Evtekhov, V.D. and Evtekhov, E.V. (2013), *Mineralogical Journal (Ukraine)*, Vol. 35 No. 4, pp. 66-72.
4. Dorfman, Ya.Z. (1969), *Questions of Geology and Mineralogy of Ore Deposits of Ukraine*, Nedra Press, Moscow, No 3, pp. 58-70.
5. Lazarenko, E.K., Gershoig, Yu.G., Buchinskaya, N.I., Belevtsev, R.Ya., Voznyak, D.K., Galaburda, Yu.A., Galii, S.A., Kvasnytsya, V.M., Kulchytska, G.O., Melnik, Yu.P., Melnikov, V.S., Pavlyshyn, V.I., Pirogov, B.I. and Turkevich, G.I. (1977), *Mineralogy of the Krivoy Rog basin*, Naukova dumka Press, Kiev, 543 p.

Received 17.08.2014

Э.А. Беспояско<sup>1</sup>, В.Д. Евтехов<sup>2</sup>, Т.В. Беспояско<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ПАО "ИнГОК"  
50064, г. Кривой Рог, Украина, ул. Рудная, 47  
E-mail: bespoiasko-ea@ingok.com.ua

<sup>2</sup> Криворожский национальный университет  
50027, г. Кривой Рог, Украина,  
ул. XXII партсъезда, 11  
E-mail: evtekhov@gmail.com

<sup>3</sup> ПАО НИПИ "МЕХАНОБРЧЕРМЕТ"  
50086, г. Кривой Рог, Украина,  
ул. Телевизионная, 3  
E-mail: besptanya@meta.ua

#### ЛОКАЛИЗАЦИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЗАЛЕЖЕЙ БОГАТЫХ ГЕМАТИТОВЫХ РУД ИНГУЛЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КРИВБАССА

Ингулецкое месторождение служит сырьевой базой Ингулецкого горнообогатительного комбината (ИнГОК), который добывает и перерабатывает бедные магнетитовые руды. В последние годы в карьере ИнГОК все чаще фиксируются выходы залежей богатых гематитовых руд, не извлеченных в процессе ранее выполненных горнодобывающих работ (так называемых утраченных). На сегодня они классифицируются как вскрышные породы и вывозятся в отвалы. Основными рудообразующими минералами богатых гематитовых руд служат гематит (58,16 %) и кварц (38,56 %), содержание других минералов в составе руд незначительное. Минеральный состав определяет химический состав богатых гематитовых руд: среднее содержание железа (Fe<sub>общ</sub>) составляет 53,85 мас. %. Количество железа, входящего в состав магнетита (Fe<sub>магн</sub>), в связи с интенсивностью гипергенных изменений руд незначительное и в среднем составляет 0,16 мас. %. Содержание железа, входящего в состав силикатов и карбонатов, также незначительное — в среднем 0,43 мас. %. Результаты исследований свидетельствуют об относительно низком качестве богатых гематитовых руд. В связи с этим можно рекомендовать, основываясь на минералогических данных, исследовать возможность обогащения руд с целью получения кондиционной аглоруды или высококачественного гематитового концентрата. Вовлечение их в переработку позволит решить ряд экономических, экологических и социальных вопросов, очень актуальных сегодня для горнообогатительных предприятий Украины.

**Ключевые слова:** Ингулецкое месторождение, богатые гематитовые руды, гематит, кварц, железо.

*E.A. Bespoiasko<sup>1</sup>, V.D. Evtekhov<sup>2</sup>, T.V. Bespoiasko<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Public Joint Stock Company "Ingulets Iron Ore Enrichment Works" (PJSC "INGULETS GOK")  
47, Rudna str., Kryvyi Rih,  
Dnipropetrovs'k Region, Ukraine, 50064  
E-mail: bespoiasko-ea@ingok.com.ua

<sup>2</sup> State institution of higher education  
"Kryvyi Rih National University"  
11, XXII Partz'yizdu str., Kryvyi Rih,  
Dnipropetrovs'k Region, Ukraine, 50027  
E-mail: evtekhov@gmail.com

<sup>3</sup> Public Joint Stock Company Scientifically research and design institute "Mekhanobrchormet"  
3, Televizionnaja str., Kryvyi Rih,  
Dnipropetrovs'k Region, Ukraine, 50086  
E-mail: besptanya@meta.ua

#### LOCALIZATION AND MINERAL COMPOSITION OF DEPOSITS OF HIGH QUALITY HEMATITE ORES OF KRYVBAS INGULETS DEPOSITS

The Ingulets deposit is a resource base of Ingulets mining and processing enterprise (Ingulets GOK) which mines and processes low quality magnetite ores. In recent years in open pit of Ingulets GOK exits of deposits of the high

quality hematite ores lost in the course of earlier performed mining works (so-called "lost ores") are even more often fixed. Today they are classified as overburden rocks and taken out to dumps. The main ore-forming minerals of high quality hematite ores are hematite (58.16 %) and quartz (38.56 %), the content of other minerals as a part of ores is insignificant. The mineral structure defines chemical composition of high quality hematite ores. Average content of iron ( $Fe_{tot}$ ) in their structure makes 53.85 wt. %. The amount of iron which is a part of magnetite ( $Fe_{mgt}$ ) in connection with intensity of hypergene changes of ores, is insignificant and averages 0.16 wt. %. The content of iron which is a part of silicates and carbonates is also insignificant — on the average 0.43 wt. %. The research results testify to rather poor quality of the rich hematite ores. Results of mineralogical researches of high quality hematite ores testify to possibility of their enrichment with obtaining standard agglomerative ore or high quality hematite concentrate. Their involvement in processing will allow solving a number of economic, environmental and social problems which are urgent today for the mining and processing enterprises of Ukraine.

*Keywords:* Ingulets deposit, high quality hematite ores, hematite, quartz, iron.