

UDC 553.31 : 551.243 (477.63)

**Evtexhov E.V., Ishchenko M.I., Evtexhov V.D., Georgiieva O.P.**

## **EVOLUTION OF THE PRODUCTIVE STRATA STRUCTURE OF PERVOMAYSKE DEPOSIT OF KRYVBAS IN THE CONTEXT OF THE THIRD ORE BODY FORMATION**

*The evolution of the productive strata structure of the Pervomayske iron ore deposit in the context of formation of the Third ore body involved in mining by Pivnichnyi Ore Mining and Processing Works in 2015. Six tectonic events, that determined the ore body position related to the ore strata on the plan and its attenuation to the depth, were defined and described. A conclusion was made that disjunctive dislocations of systems of two deep faults that are submeridional Kryvorizko-Kremenchutskyi and sublatitudinal Devladiivskyi took part in determining geological position and block structure of the body.*

The Pervomayske deposit of low grade magnetite ores (magnetite quartzites) is being mined by Pivnichnyi Iron Ore Mining and Processing Works. Its productive strata has three ore bodies. The First and the Second bodies are extensions towards the north of the fifth and the sixth ferruginous horizons of the Saksaganska iron ore pack of the Central iron ore region of Kryvbass. Their layered bodies having thickness from 100 to 500 m divided into separate blocks by disjunctive dislocations dip steeply (70-85°) to the west. The boundary between the First and the Second ore bodies in the sublatitudinal direction is marked conventionally: they are divided by big blocks of non-economic magnetite-silicate quartzites of the seventh schistose horizon, taken to the productive strata of the deposit along sublatitudinal disjunctive dislocations of the Devladiivskyi deep fault system.

The Third ore body, that is located to 100-500 m to the west from the First and the Second ones, represents a chain of tectonic blocks having cross-sectional dimension from 10 to 200 m and stretching from the south-west to the north-east. They are separated from the First and the Second ore bodies by blocks of non-economic magnetite-

silicate quartzites of the seventh schistose horizon and are divided by disjunctive dislocations, zones of breccias, cataclasites, mylonites and various size blocks of rocks of the seventh schistose horizon. After the data of detailed and exploitation exploration, the thickness of the Third ore body decreases with its depth. The tectonic blocks of the Third ore body thin out at the hypsometric levels from -200 to -500 m.

Mineral and chemical composition, structure and texture of the magnetite quartzites of the Third ore body are close to those of ores of the sixth ferruginous horizon. In this connection it can be considered as a fragment of this stratigraphic horizon.

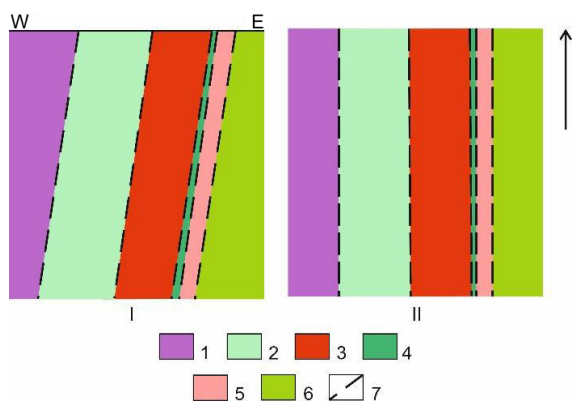
The tectonic nature of the deposit productive strata has been an object of many studies [1-12]. Majority of authors paid attention to weak manifestation of folded tectonic dislocations and very active manifestation of disjunctive ones within its limits.

Until recently mining operations were conducted within the First and the Second ore bodies at the Pervomayskyi open-pit. Since the beginning of 2015 the Third ore body has been taken into operation which caused additional geological,

mineralogical and technological studies aimed at detailization of its structure, ore composition and ore preparation characteristics, clarifications of formation condition.

The authors of this article have analyzed the results of their own field geological and mineralogical observations at the open-pit faces, previous researchers data, results of detailed and exploitation explorations of the deposit. As a result, a tectonic map of formation staging of the Third ore body and connection of this process with morphology evolution of the First and the Second ore bodies has been compiled. A chain of tectonic events that ended by formation of the recent geological structure of the productive strata of the total deposit has been worked out.

**Event 1.** Participation of stratified rock mass of banded iron and enclosing formations of Pervomayske deposit Kryvorizka Series in the tectonic events resulted in the formation of the Kryvorizkyi synclinorium (Fig. 1).



**Fig. 1.** Location of ferruginous and schistose horizons of the Pervomayske deposit after formation of the Kryvorizkyi synclinorium (event 1) in the section (I) and on the plan (II).

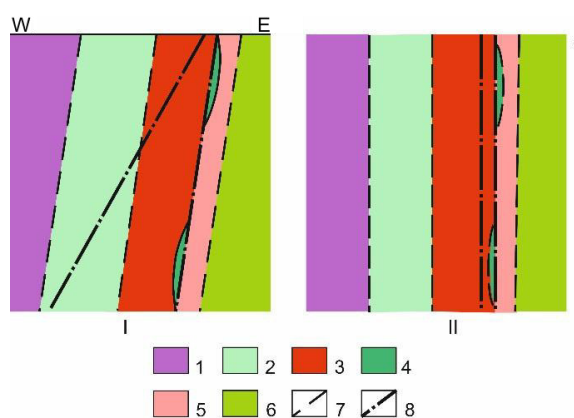
1-6 – stratigraphic horizons of the Saksagan Suite: 1 – the seventh ferruginous; 2 – the seventh schistose; 3 – the sixth ferruginous; 4 – the sixth schistose; 5 – the fifth ferruginous; 6 – the third-fifth schistose; 7 – line of contacts between stratigraphic horizons.

Arrow points the north.

Iron-ore and enclosing sedimentary rocks were metamorphosed under transitional conditions

from greenschist to epidote-amphibolite facie of dynamothermal metamorphism during the process of folding. The layers of ferruginous and enclosing rocks of the deposit located in the eastern limb of the Kryvorizkyi synclinorium got steep (up to 85°) western dip (Fig. 1.I), their strike was submeridional (Fig. 1.II)

**Event 2.** Origination of submeridional disjunctive dislocations in the system of long-living Kryvorizko-Kremenchutskyi deep fault. In the Fig. 2 two of them are shown. The eastern one took position along the boundary between the fifth and the sixth ferruginous horizons, subconformable with occurrence of enclosing ferruginous rock layers.



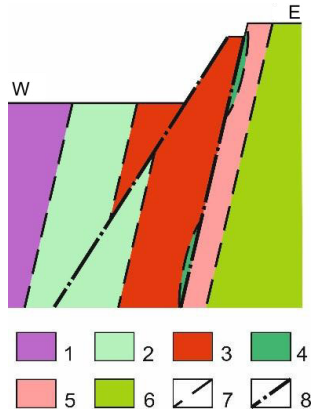
**Fig. 2.** Locations of ferruginous and schistose horizons of the Pervomayske deposit after formation of submeridional faults of the Kryvorizko-Kremenchutskyi deep fault system (event 2) in the section (I) and on the plan (II).

1-7 – see the caption to Fig. 1; 8 – disjunctive dislocations.

As the result, thin sixth schistose horizon consisting of plastic rocks was cut, its separate lens shape fragments, that are fixed nowadays as “interformational low metallic inclusions” in joint ore mass of the fifth and sixth ferruginous horizons, remained.

The fault, located to the west of the described one, took flatter position dipping to the west, intersected the sixth ferruginous, the seventh schistose, and probably, the seventh ferruginous horizons.

**Event 3.** Subsidence along the west submeridional fault of western block, consisting of the seventh ferruginous, the seventh schistose and a fragment of the sixth ferruginous horizon (Fig. 3).



**Fig. 3.** Location of ferruginous and schistose horizons in the section of the Pervomayske deposit after vertical movement along eastern and western faults (event 3).

1-8 – see the caption to Fig. 2.

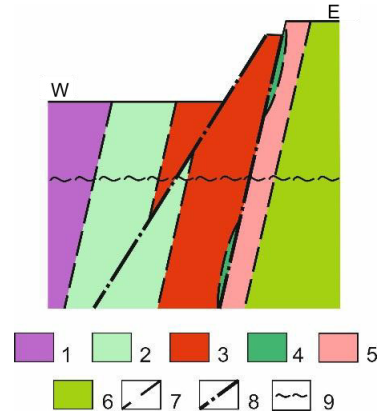
Vertical movements were also possible along the eastern fault. In the result of subsidence at western fault a considerable size fragment of the sixth ferruginous horizon sank and was moved to the west.

**Event 4.** Erosion of the upper part of the deposit up to the recent level of peneplanation (Fig. 4).

A block of the sixth ferruginous horizon subsided along western fault was partly degraded and became a separated fragment of the seventh schistose horizon from the mother part of the sixth ferruginous horizon (Fig. 5, I). On the plan the subsided block of the Third ore body looks as submeridionally elongated band that is parallel to the band of the main part of the productive strata of the deposit (Fig. 5, II).

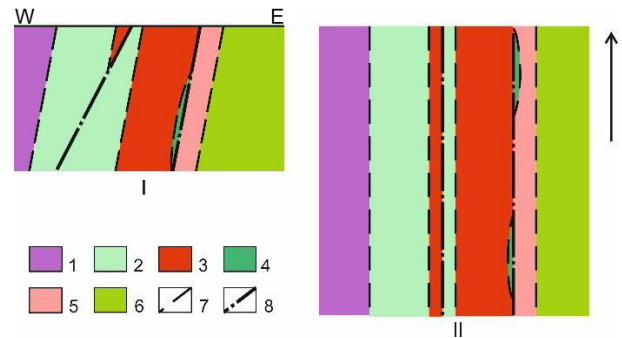
**Event 5.** Formation of a series of subparallel faults of the system of sublatitudinal Devladiivskiy deep fault (Fig. 6). As a result, the productive strata was broken into a series of blocks, limited in meridional direction by the boundaries of stratigraphic horizons and submeridional faults of the Kryvorizko-Kremenchutskiy deep fault system,

and in latitudinal one by sublatitudinal faults of Devladiivskiy deep fault system.



**Fig. 4.** Location of supposed surface of erosion of ferruginous and schistose horizons in the section of the Pervomayske deposit in connection with peneplanation (event 4).

1-8 – see the caption to Fig. 2; 9 – estimated location of erosion surface of ferruginous rock mass.

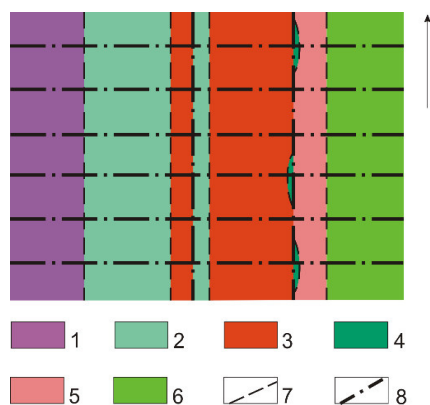


**Fig. 5.** Location of ferruginous and schistose horizons of the Pervomayske deposit after completing the erosion process of their upper part (event 4) in the section (I) and on the plan (II).

1-8 – see the caption to Fig. 2.

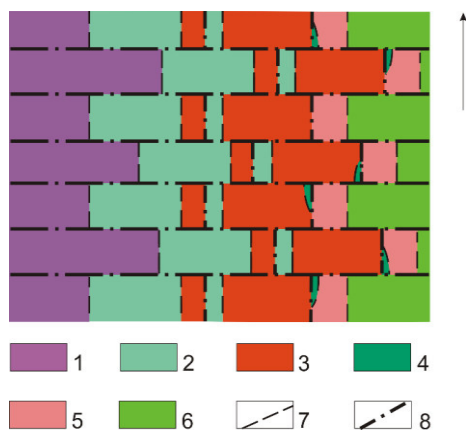
**Event 6.** Differentiated adjustments of tectonic blocks along sublatitudinal disjunctive dislocations (Fig. 7). In the result, submeridionally located band of the Third ore body proved to be fragmented; its separate blocks became separated one from another by zones of ore, non ore and mixed breccias, cataclasites, mylonites and by blocks of

low ore magnetite-silicate quartzites of the seventh schistose horizon. The blocks of the Third ore body dislocated to the east approached the massif of the main part of the productive strata of the deposit, but became separated from them by blocks of low ore rocks of the seventh schistose horizon.



**Fig. 6.** Location of ferruginous and schistose horizons of the Pervomayske deposit after formation of the series of subparallel disjunctive disturbances of sublatitudinal Devladiivskyi deep fault system (event 5) (on the plan).

1-8 – see the caption to Fig. 2.



**Fig. 7.** Location of ferruginous and schistose horizons of the Pervomayske deposit after differentiated adjustments of tectonic blocks along sublatitudinal disjunctive dislocations (event 6) (on the plan).

1-8 – see the caption to Fig. 2.

To make the figure simpler, the tectonic blocks form in Fig. 7 has been given conventionally. Besides, a bend of iron ore mass typical for the deposit has not been shown, which influenced its orientation in the south (north-east direction) and in the north (north-west direction) parts of the deposit.

The results of exploitation exploration of the Pervomayskyi open-pit carried out at open-pit faces confirmed accuracy of suggested tectonic scheme. Its major ideas are used when making geological, mineralogical, technological mapping of the deposit, when evaluating ore preparation characteristics, when elaborating ore blending scheme before sending it to the beneficiating plant, when fulfilling forward and operating mine planning.

#### 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: Госгеолтехиздат, 1957.– 280 с.

1. Akimenko N.M., Belevtsev Ya.N., Goroshnikov B.I. e. a. Geological structure and iron ores of the Kryvyi Rih basin / Ed. Belevtsev Ya.N. // Moscow: Gosgeoltechizdat, 1957.– 280 p.

2. Белевцев Я.Н., Вайло А.В., Ветренников В.В. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Структуры месторождений и рудных районов // Киев: Наукова думка, 1989.– 156 с.

2. Belevtsev Ya.N., Vaylo A.V., Vetrennikov V.V. e. a. Pre-Cambrian iron banded formations of the European part of the USSR. Structures of deposits and ore regions // Kyiv: Naukova dumka, 1989.– 156 p.

3. Белевцев Я.Н., Каляев Г.И., Глевасский Е.Б. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Тектоника // Киев: Наукова думка, 1988.– 320 с.

3. Belevtsev Ya.N., Kaliayev G.I., Glevasskyi E.B. e. a. Pre-Cambrian iron banded formations of the European part of the USSR. Tectonics. // Kyiv: Naukova dumka, 1989.– 320 p.

4. Занкевич Б.А., Евтехов В.Д., Кондратьева Д.Н. О структурной позиции щелочных метасоматитов Первомайского железоруд-

ного месторождения Кривбасса / Роль структурных и структурно-геохимических факторов в рудообразовании // Киев: Изд. ИГФМ АН УССР, 1980.– С. 21-24.

4. **Zankevich B.A., Evtexhov V.D., Kondratieva D.N.** Concerning structural position of alkali metasomatites of Kryvbass Pervomayskyi iron ore deposit / Role of structural and structural-geochemical factors in ore forming // Kyiv: IGFM AS Ukrainian SSR Publisher, 1980.– P. 21-24.

5. **Каляев Г.И.** Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции // Киев: Наукова думка, 1965.– 163 с.

5. **Kaliayev G.I.** Pre-Cambrian tectonics of the Ukrainian iron ore province // Kyiv: Naukova dumka, 1965.– 163 p.

6. **Кравченко В.М., Сирачков В.Ф.** Зональность железорудных залежей Первомайского месторождения в Криворожском бассейне и соображения о метаморфическом генезисе его руд / Метаморфогенное рудообразование // Киев: Наукова думка, 1972.– Ч. 2.– С. 146-163.

6. **Kravchenko V.M., Sirachkov V.F.** Zonality of iron ore bodies of the Pervomayske deposits at the Kryvyi Rih basin and thoughts about metamorphic genesis of its ores / Metamorphogenic ore formation // Kyiv: Naukova dumka, 1972.– Pt. 2.– P. 146-163.

7. **Никольский А.П.** Геология Первомайского железорудного месторождения и преобразование его структуры метеоритным ударом // Москва: Недра, 1991.– 72 с.

7. **Nikolskyi A.P.** Geology of the Pervomayske iron ore deposit and its structure transformation resulting from meteorite hit // Moscow: Nedra, 1991.– 72 p.

8. **Паранько И.С.** Некоторые особенности развития Криворожской структуры // Геологический журнал.– 1993.– № 4.– С. 112-133.

8. **Paranko I.S.** Some peculiarities of the Kryvyi Rih structure development // Geological Journal.– 1993.– № 4.– P. 112-133.

9. **Плотников А.В.** Тектоническое строение и развитие Криворожского рудного района как зоны глубинного разлома // Геотектоника.– 1994.– №2.– С. 33-48.

9. **Plotnikov A.V.** Tectonic structure and development of Kryvyi Rih ore region as a zone of deep fault // Geotectonics.– 1994.– №2.– P. 33-48.

10. **Плотников А.В.** О генезисе Терновской структуры в Криворожском бассейне // Геотектоника.– 1994.– №3.– С. 36-43.

10. **Plotnikov A.V.** Concerning genesis of Ternivska structure of the Kryvyi Rih basin // Geotectonics.– 1994.– №3.– С. 36-43.

11. **Семенов Н.П., Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В. и др.** Структура рудных полей криворожских железорудных месторождений // Киев: Изд. АН УССР, 1953.– Т. 2.– 697 с.

11. **Semenenko N.P., Belevtsev Ya.N., Tokhtuyev G.V. et al.** Structure of ore fields of Kryvyi Rih iron ore deposits // Kyiv: AS Ukrainian SSR Publisher, 1953.– V. 2.– 697 p.

12. **Хартанович П.Н.** Особенности геологического строения Первомайского и Анновского месторождений железистых кварцитов // Горный журнал.– 1983.– №11.– С. 9-12.

12. **Khartanovich P.N.** Geological structure peculiarities of the Pervomayske and Hannivske deposits of ferruginous quartzites // Mining Journal.– 1983.– №11.– P. 9-12.

## **ЄВТЕХОВ Є.В., ІЩЕНКО М.І., ЄВТЕХОВ В.Д., ГЕОРГІЄВА О.П.** Еволюція будови продуктивної товщі Первомайського родовища Кривбасу в зв'язку з формуванням Третього рудного тіла.

**Резюме.** В складі продуктивної товщі Первомайського родовища виділяються три рудних тіла. Перше та Друге стратиграфічно відповідають об'єднаній товщі п'ятого й шостого залізистих горизонтів саксаганської світи. Третє рудне тіло розташоване в 100-500 м на захід від них, представлене витягнутим у меридіональному напрямку ланцюгом тектонічних блоків розміром від 10 до 200 м, розділених розривними порушеннями, зонами брекчій, катаклазитів, мілонітів або різного розміру блоками некондиційних залізистих кварцитів сьомого сланцевого гори-

зонту. Потужність Третього рудного тіла з глибиною зменшується, на глибині від -200 м до -500 м його тектонічні блоки виклинюються. За мінеральним, хімічним складом, структурою, текстурою магнетитові кварцити Третього рудного тіла близькі до руд шостого залізного горизонту. В зв'язку з цим його можна розглядати як фрагмент цього стратиграфічного горизонту. Автори статті з використанням результатів власних польових геологічних, мінералогічних спостережень і даних попередніх дослідників виділили декілька послідовних тектонічних подій, в результаті прояву яких сформувалась сучасна геологічна структура родовища: 1) участь залізорудної товщі Первомайського родовища в утворенні Криворізького синклінорю; 2) формування системи субмеридіональних розривних порушень Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому; 3) відділення по одному з них клиноподібного в розрізі фрагмента західної частини шостого залізного горизонту; 4) опускання цього фрагмента зі зсувом до заходу по площині похило залягаючого субмеридіонального розлому; 5) пенепленізація району родовища до сучасного рівня; 6) формування серії субпаралельних розломів системи субширотного Девладівського глибинного розлому, внаслідок чого продуктивна товща родовища, в тому числі Третьє рудне тіло була розбита на серію тектонічних блоків, обмежених у субмеридіональному напрямку поверхнями контактів стратиграфічних горизонтів і розломами системи Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, а в субширотному – розломами системи Девладівського глибинного розлому; 7) диференціальні рухи тектонічних блоків по субширотних розривних порушеннях, формування сучасної блокової структури родовища.

**Ключові слова:** Український щит, Криворізький басейн, залізисто-кремниста формація, тектоніка, магнетитові кварцити.

### **ЕВТЕХОВ Е.В., ИЩЕНКО М.И., ЕВТЕХОВ В.Д., ГЕОРГИЕВА Е.П. Эволюция строения продуктивной толщи Первомайского месторождения Кривбасса в связи с формированием Третьего рудного тела.**

**Резюме.** В составе продуктивной толщи Первомайского месторождения магнетитовых кварцитов выделяются три рудных тела. Первое и Второе соответствуют нормальной позиции пятого и шестого железистых горизонтов саксаганской свиты, которые слагают продуктивную толщу. В связи с началом разработки Северным горнообогатительным комбинатом Третьего рудного тела, проводится детальное изучение его формы, размеров, минерального, химического состава руд и их обогатимости.

Третье рудное тело представляет собой протянувшуюся в направлении с юго-запада на северо-восток цепочку тектонических блоков размером от 10 до 200 м, разделенных между собой разрывными нарушениями, зонами брекчий, катаклазитов или разного размера блоками некондиционных железистых кварцитов седьмого сланцевого горизонта. Мощность Третьего рудного тела с глубиной уменьшается и на глубине от -200 м до -500 м оно выклинивается.

Минеральный, химический состав, структура, текстура магнетитовых кварцитов Третьего рудного тела близки к аналогичным показателям руд шестого железистого горизонта. В связи с этим его можно рассматривать как фрагмент этого стратиграфического горизонта.

По результатам собственных наблюдений и данных, содержащихся в работах предыдущих исследователей, авторы статьи разработали геологическую схему стадийности образования Третьего рудного тела и связи этого процесса с эволюцией морфологии Первого и Второго рудных тел. Были выделены несколько последовательных тектонических событий, в результате проявления которых сформировалась современная геологическая структура продуктивной толщи месторождения.

Событие I. Толщи железисто-кремнистой и вмещающих формаций криворожской серии Первомайского месторождения принимают участие в тектонических событиях, результатом

которых стало формирование Криворожского синклиория. Пласты железистых и вмещающих горных пород месторождения, расположенные в восточном крыле синклиория, приобрели крутое (от 50° до 85°) западное падение; простираение их субмеридиональное.

*Событие 2.* Зарождение субмеридиональных разрывных нарушений системы долгоживущего Криворожского-Кременчугского глубинного разлома. Одно из них заняло согласное положение вдоль границы пятого и шестого железистых горизонтов. Сложенный пластичными горными породами малоомощный шестой сланцевый горизонт был срезан этим нарушением, сохранились только отдельные его линзовидные фрагменты. Разлом, расположенный к западу от описанного, принял более пологое положение с падением на запад, пересек шестой железистый, седьмой сланцевый и седьмой железистый горизонты.

*Событие 3.* Опускание по западному субмеридиональному разлому западного блока, сложенного седьмым железистым, седьмым сланцевым и фрагментом шестого железистого горизонта. Вертикальные движения могли происходить и по восточному разлому. В результате подвижек по западному разлому значительного размера клиновидный фрагмент шестого железистого горизонта был опущен и сдвинут к западу.

*Событие 4.* Размыв верхней части месторождения до уровня пенеппенизации, близкого к современному. Верхняя часть опустившегося по западному разлому блока шестого железистого горизонта была частично разрушена и он оказался отделенным фрагментом седьмого сланцевого горизонта от материнской части шестого железистого горизонта. В плане опустившийся блок Третьего рудного тела приобрел вид субмеридионально вытянутой полосы, параллельной полосе основной части продуктивной толщи месторождения.

*Событие 5.* Формирование серии субпараллельных разломов системы субширотного Девладовского глубинного разлома. Продуктивная толща месторождения оказалась разбитой на серию блоков, ограниченных в меридиональном направлении границами стратиграфических горизонтов и субмеридиональными разломами системы Криворожско-Кременчугского глубинного разлома, а в широтном – субширотными разломами системы Девладовского глубинного разлома.

*Событие 6.* Дифференциальные подвижки тектонических блоков по субширотным разрывным нарушениям. В результате субмеридионально расположенная полоса Третьего рудного тела оказалась фрагментированной; отдельные его блоки оказались отделенными друг от друга зонами рудных, нерудных и смешанных брекчий, катаклазитов, милонитов, а также блоками малорудных магнетит-силикатных кварцитов седьмого сланцевого горизонта. Сдвинутые к востоку блоки Третьего рудного тела приблизились к массиву Первого и Второго рудных тел, но оказались отделенными от них блоками малорудных пород седьмого сланцевого горизонта.

Результаты эксплуатационной разведки Первомайского карьера, проведенной в его забоях, подтвердили корректность предложенной тектонической схемы.

**Ключевые слова:** Украинский щит, Криворожский бассейн, железисто-кремнистая формация, тектоника, магнетитовые кварциты.

### **EVTEKHOV E.V., ISHCENKO M.I., EVTEKHOV V.D., GEORGIIEVA O.P. Evolution of the productive strata structure of Pervomayske deposit of Kryvbas in the context of the Third ore body formation.**

*Summary.* There are three ore bodies in the Pervomayske deposit productive strata. The First and the Second ones stratigraphically corresponds to joint rock mass of the fifth and the sixth ferruginous horizons of the Saksaganska suite. The Third ore body, which is located in 100-500 m to the west of them, is represented by a chain of meridional direction tectonic blocks having size from 10 to 200 m separated by disjunctive dislocations, zones of breccias, cataclasites, mylonites, or by various size blocks of non economic ferruginous quartzites of the seventh schistose horizon.

*The thickness of the Third ore body decreases with the depth, at the depth from -200 m to -500 m its tectonic blocks thin out. Mineral, chemical composition, structure and texture of magnetite quartzites of the Third ore body are similar to ores of the sixth ferruginous horizon. Thus, it can be regarded as a fragment of this stratigraphic horizon. The authors of this article utilized results of their own field geological and mineralogical observations and previous researchers data distinguished several successive tectonic events that resulted in formation of recent geological structure of the deposit: 1) participation of Pervomayske deposit iron ore rock mass in formation of the Kryvorizkyi synclinorium; 2) formation of the system of submeridional disjunctive dislocations of the Kryvorizko-Kremenchutskyi deep fault; 3) separation along one of faults of a wedge-like fragment in the section at the western part of the sixth ferruginous horizon; 4) subsidence of this fragment with displacement to the west along the plane of flat submeridional fault; 5) peneplanation of the deposit region to the recent level; 6) formation of the series of subparallel faults of the system of sublatitudinal Devladyivskyi deep fault, which led to division of the productive strata of the deposit, including the Third ore body, into a series of tectonic blocks limited in submeridional direction by the contact planes of stratigraphic horizons and by faults of the Devladyivskyi deep fault system in sublatitudinal direction; 7) differentiated dislocations of tectonic blocks along sublatitudinal disjunctive displacements, formation of recent block structure of the deposit.*

**Key words:** Ukrainian Shield, Kryvyi Rih basin, banded iron formation, tectonics, magnetite quartzites.

*Надійшла до редакції 20 листопада 2014 р.  
Представила до публікації проф. Т.П.Волкова.*