

УДК 553.(477.63)

<https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.16>

**АНТРОПОГЕННЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА
НА ДІЛЯНЦІ КАР'ЄРУ «ПІВДЕННИЙ» САКСАГАНСЬКОГО РУДНОГО
ПОЛЯ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ**

Губіна, В.Г., Покалюк В.В., Верховцев В.Г., Яценко В.Г., Заборовська Л.П.

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», м.
Київ, Україна, vg131619@gmail.com

**ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE GEOLOGICAL
ENVIRONMENT AT THE QUARRY AREA "PIVDENNYI" OF THE
SAKSAGAN ORE FIELD OF THE KRYVYI RIH IRON ORE BASIN**

Hubina V.H., Pokalyuk V.V., Verkhovtsev V.G., Yatsenko V.G., Zaborovska L.P.

State Institution "The Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of
Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, vg131619@gmail.com

The example of the quarry area «Pivdennyi» shows that large-scale development of iron ore deposits has caused a continuous anthropogenic transformation of the geological environment within the strip of the Saksagan suite of the Saksagan ore field of the Kryvyi Rih iron ore basin. New geological bodies were formed - technogenic collapse breccias (technobreccias), which comprise significant areas of the subsoil, with a complete disruption of the primary stratification of the source rocks, their mixing and compaction with a decrease in their bulk weight and strength, an increase in porosity, moisture capacity, changes in the chemical and mineralogical composition of the primary native-born rocks.

Вступ. Активна тривала техногенна діяльність в Кривбасі, пов'язана з розробкою корисних копалин відкритим та підземним способами, постійне зростання площі і глибини кар'єрів, обсягів розкривних та вмисних порід, що розміщуються у відвалах, об'ємів підземних виробок спричинили порушення понад 35 тис. гектарів земель. На території 585 км² спостерігаються наслідки потужного техногенного навантаження на геологічне середовище, яке спричиняє локальні та регіональні зміни ландшафтів, стійкості гірничих масивів, утворення гідрогеологічних і гідрологічних аномалій.

На прикладі кар'єру «Південний» Саксаганського рудного поля показана ступінь перетворення геологічного середовища на ділянці інтенсивної експлуатації надр.

Об'єкти і методи досліджень. Об'єктом досліджень є кар'єр «Південний», який розробляє родовище залізних руд (поле шахти ім. Артема колишнього рудника ім. Кірова), що адміністративно знаходиться у межах Саксаганського району м. Кривий Ріг, Дніпропетровської області.

Нами, виконано аналіз первинних матеріалів геологічної будови родовища; дистанційне дешифрування техногенних морфоструктур і компонентів на основі космотопоматеріалів; натурні польові спостереження у кар'єрі та прилеглих територіях за профілями та точками спостережень з відбором проб; мінералого-петрографічні, геохімічні, петрофізичні дослідження.

Результати і їх обговорення. Рудні поклади району розташування родовища представлені трьома основними типами багатих руд: мартизовими, гетито-гематито-мартитовими, гетито-гематитовими. Мартитові руди складають

основну частину рудних покладів п'ятого і шостого залізистих горизонтів. За структурними і фізичними особливостями мартитові руди поділяються на три різновиди: багата мартитова, слабо зцементована руда («синька»); мартитова пухка руда («шелестуха»); щільна мартитова руда («залізняк»). Найбільш розповсюджена мартитова руда («синька»), з якої складаються основні поклади ділянки, що описується [1].

Видобуток залізних руд в районі розташування родовища, що розробляє кар'єр «Південний» розпочато в 1881 році з відкриттям Саксаганського рудника Олександра Поля. Це найдавніше місце видобутку залізної руди у Кривбасі.

Наприкінці XIX ст. і на початку XX ст. рудні поклади відпрацьовувались до глибини 25-50 м відкритим способом, пізніше – неглибокими (50-100 м) шахтами. З 1920-х років видобування руди велось підземним способом, у 1972 р. було введено в експлуатацію кар'єр «Південний», який був єдиним кар'єром у Кривбасі, що розробляв багаті залізні руди відкритим способом.

За радянських часів, рудник експлуатував багаті мартитові, гетит-гематит-мартитові та гетит-гематитові руди, які розроблялись за системою поверхового і підповерхового обвалення, з відбійкою руди глибокими свердловинами; залізисті кварцити видобувались за поверхово-камерною системою, із залишенням тимчасових ціликів і відбійкою руди глибокими свердловинами.

Нині в кар'єрі «Південний» ТОВ «Рудомайн» відпрацьовуються дрібні рудні тіла поблизу поверхні та частина раніше втрачених природно-багатих руд, а також залізисті кварцити п'ятого залізистого горизонту, з бортовим вмістом $Fe_{\text{зар}}$ 36 %, які раніше були віднесені до розкривних порід.

Підземний видобуток залізних руд системами з обваленням, поширеними у Кривбасі, спричиняє виникненню у надрах порожнеч, що заповнюються породами висячого боку та породами, що налягають. На поверхні ж утворюється провальний рельєф, зони зсуву. Якщо технологія передбачає закладку виробленого простору, то він заповнюється різними цементуючими сумішами.

Слід зазначити, що зрушення геологічного масиву відбувається, зазвичай, під деяким кутом до поверхні. У Кривбасі він становить $50-70^\circ$ [2]. Вже наприкінці 1950-х років внаслідок підземного видобутку на поверхні і в об'ємі масиву гірських порід утворилась суцільна смуга просядок, зсувів, обвалів завширшки близько 1300 м, видовжена вздовж простягання залізистої формації саксаганської світи криворізької серії, яка охоплювала за довжиною територію майже всіх рудників Саксаганського району Кривбасу. На території РУ ім. Кірова ця зона обвалення фіксується на геологічних картах і розрізах починаючи від наслідків шахтного видобутку на горизонтах 200-380 м. З подальшим поглибленням розробки залізних руд на більш глибоких горизонтах (400-1100 м) зона обвалення набувала все більш інтенсивного і масштабнішого за площею характеру, західна межа якої виходить за контур розповсюдження залізистої формації саксаганської світи, охоплюючи площу поширення порід нижньої частини розрізу гданцівської світи. Падіння зони обрушення в її західній частині – поперек залягання стратонів криворізької серії, під кутами $40-60^\circ$. Східна межа зони зсуву проходить субконкордантно падінню пластів вздовж падіння Саксаганської синкліналі, в інтервалі між четвертим сланцевим і п'ятим

залізистим горизонтами. Впродовж десятиліть просадки, лійки, обвалення поступово засипались глиною чи ґрунтом, розкривними та некондиційними породами. На їх місці утворювались багатоярусні відвали.

В результаті геолого-маркшейдерського обстеження встановлено, що досліджена ділянка родовища у сучасному її вигляді сформувалась за рахунок техногенних факторів, обумовлених підземним способом відпрацювання багатих залізних руд, що призвело до обрушення порід, що залягають вище і змішування їх із залишками залізних мартизових руд та залізистими кварцитами.

Згідно наших досліджень, за ступенем процесу обрушення у кар'єрі «Південний» можна виділити декілька зон, які в загальному плані корелюють з виділеними [3] зонами зрушення гірських порід над підземними виробками в межах мульди зрушення (рис. 1).

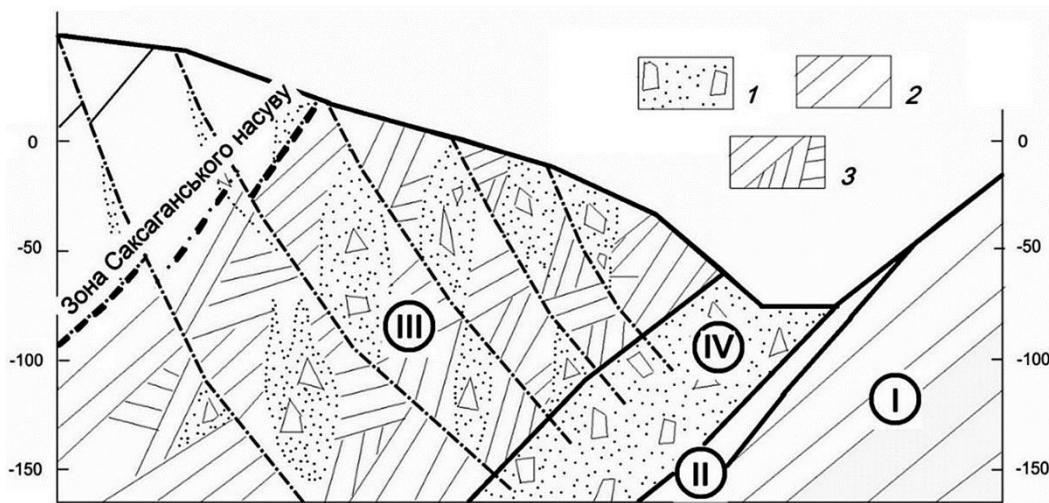


Рис. 1. Схематичний поперечний розріз кар'єру «Південний» з розташуванням зон різної інтенсивності прояву процесів обрушення внаслідок підземного видобутку [4].

1 – технобрєкції обрушення, 2 – слабо порушені цілики залізистих кварцитів саксаганської світи, 3 – порушені цілики залізистих кварцитів саксаганської світи

I – зона слабо порушених процесами обрушення від підземного видобутку корінних порід, які в цілому зберігають первинну стратифікацію; зона розвитку зсувів ковзання.

II – зона інтенсивно тріщинуватих і подрібнених ціликів, які в цілому зберігають належність до певних стратиграфічних горизонтів (відповідає зоні тріщин, розломів).

III – зона чергування ділянок інтенсивно подрібнених ціликів, які в цілому зберігають належність до певних стратиграфічних горизонтів з ділянками технобрєкцій обрушення без стратифікації (відповідає зоні тріщин, розломів, терас, поєднаною з зоною провалів).

IV – зона повного домінування суцільних технобрєкцій обрушення з повним порушенням первинного залягання порід і без яких-небудь ознак належності до певних стратиграфічних горизонтів (відповідає зоні провалів).

Головним структурним, морфологічним і речовинним елементом вищезазначених зон зрушення є такі ділянки надр, які доцільно назвати **техногенними брєкчіями обрушення (технобрєкчіями)** – брєкчіями, утвореними внаслідок гравітаційних зрушень та обрушення у вироблений підземний простір вмісних та налеглих гірських мас. Головною ознакою належності їх до техногенного типу є повне руйнування внаслідок техногенних чинників стратиграфічного упорядкування породних верств з порушенням первинних умов залягання та структурної будови вихідних порід через їх

дроблення і перемішування з переміщенням у новий простір, не притаманний їхньому природному заляганню, та формуванням нових техногенних геологічних тіл. Вони складають у межах кар'єру значні об'єми, фактично утворюючи нові масштабні техногенні геологічні тіла зі своєю морфологією, речовинним складом і фізичними властивостями, що відрізняються від вихідних материнських порід. Від подібних брекчій насипних відвалів та осипного й обвального колювію вони відрізняються відсутністю елементів похилого нашарування, більшим ступенем зцементованості та включенням залишків порушених блоків материнських залізистих кварцитів і руд. Від подібних брекчій тектонічного походження вони відрізняються відсутністю тектонітової зональності, більш однорідною будовою з переважанням глинисто-піщано-щебенистого матриксу, великими об'ємами та часто різкими контактами із вмисними породами. Передумовами виникнення зон технобрекчій обрушення в умовах родовищ окислених залізистих кварцитів саксаганського типу є два чинники. В першу чергу – це розташування та об'єми виробленого підземного простору. Другим важливим чинником є процеси глибинного окиснення, які перетворили вихідні рудовмісні маси на породи зниженої міцності, підвищеної пористості і вологоємності. Внаслідок процесів глибинного окиснення вся товща між четвертим сланцевим горизонтом і Саксаганським насувом (включно) перетворилась на ослаблену зону, яка схильна до провального процесу [4, 5].

Внаслідок перемішування у складі технобрекчій обрушення всіх порід, які залягають вище над зонами підземного видобутку (різних залізистих та сланцевих горизонтів, залізних руд, метаультрабазитів талькового горизонту, глинистих порід кайнозою і ін.), відбулося розпорошення залишків багатих руд, збіднення первинних концентрацій заліза в результаті перемішування з малозалізистими породами, розуцільнення вихідних порід зі зменшенням їх об'ємної ваги і міцності та збільшенням пористості, вологоємності.

Мінералого-петрографічні дослідження показали, що у кар'єрі «Південний» присутні дві групи геологічних утворень – природна асоціація порід і руд, та техногенно перетворені породи в зонах зрушення і обвалення шахтного простору. Першу групу складають багаті та бідні залізні руди, нерудні породи саксаганської та скелюватської світ, глини кайнозойського віку. До другої групи належать техногенні брекчії (технобрекчії) обрушення. Це поліміктові породи з хаотично розташованим у них несорттованим уламковим матеріалом порід першої групи різного розміру (щебінь, дресва, пісок) та складу, який слабо зцементовано тонкозернистим пеліт-алевритовим матеріалом.

Дослідження хімічного складу зразків, відібраних у кар'єрі показало, що з підвищенням ступеню техногенної трансформації первинного масиву гірських порід внаслідок підземного видобутку, з переходом від залізистих кварцитів і залишків багатих руд до технобрекчій обрушення, відбувається усереднення хімічного складу всіх порід, які були обрушені внаслідок підземного видобутку. При цьому кінцеві продукти за вмістом Fe_2O_3 відповідають нерудним або малорудним (для металургійного виробництва) породам, але придатних для виробництва фарб.

Вивчення фізичних властивостей порід та руд кар'єру «Південний» підтверджують, що з підвищенням ступеню техногенної трансформації первинного масиву гірських порід, в даному випадку, з переходом від залізистих кварцитів до технобрекчій обрушення відбуваються процеси розпорошення, розущільнення, доокиснення вихідних порід зі зменшенням їх питомої і об'ємної ваги, щільності, міцності та зростанням пористості і вологоємності. Максимальний розвиток технобрекчій обрушення (майже 100 %) спостерігається в нижній приосьовій частині кар'єру, де відбувається сучасний видобуток корисних копалин. Просторово – це умовна зона п'ятого залізистого, частково шостого сланцевого горизонтів, але в межах цих зон, на ділянках суцільного домінування технобрекчій, первинна стратифікація повністю порушена

Висновки.

1. В кар'єрі «Південний» Саксаганського рудного поля масштабні і довготривалі розробки покладів залізної руди спричинили суцільну антропогенну трансформацію геологічного середовища.
2. За ступенем процесу порушення надр нами виділено чотири зони порід: 1) слабо порушенні корінні породи; 2) інтенсивно тріщинуваті і подрібнені цілики; 3) чергування ділянок інтенсивно подрібнених ціликів; 4) зона повного домінування суцільних технобрекчій обрушення.
3. Брекчії обрушення (технобрекчії) утворились внаслідок гравітаційних зрушень та обрушення у вироблений підземний простір вмісних та налеглих гірських мас. Вони характеризуються повним порушенням первинної стратифікації вихідних порід та перемішуванням багатих залізних руд і кварцитів з малозалізистими та нерудними породами, що привело до збіднення первинних концентрацій заліза.
4. Максимальний розвиток технобрекчій обрушення (майже 100 %) спостерігається в нижній приосьовій частині кар'єру, де відбувається сучасний видобуток корисних копалин.

Література

1. Геология криворожских железорудных месторождений. Т.2. / Я.Н. Белевцев и др.: в 2 т. Киев. Изд-во АН УССР, 1962. Т. 2. 566 с.
2. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг: Оксан-Принт, 2003. 165 с.
3. С.Л. Шашурин. Повторная разработка месторождений руд цветных и редких металлов. М: Госгортехиздат, 1962. 246 с.
4. Покалюк В.В., Верховцев В.Г., Губіна В.Г., Яценко В.Г., Заборовська Л.П., Лавриненко О.М., Майборода Є.І. Брекчії обрушення – «новий» тип техногенних геологічних утворень /тіл/ родовищ Криворізького залізорудного басейну. Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка. Геологія. 2023. № 4 (103). С. 90-97. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.103.11>.
5. Pokalyuk V.V., Verkhovtsev V.G., Hubina V.H., Yatsenko V.G., Spitsa R.O., Zaborovskaya L.P., Osmachko L.S. Technogenic collapse breccias – a "new" widespread type of anthropogenic geological bodies/formations/deposits of the Kryvyi Rih iron ore basin / XVII International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment». 7-10 November 2023, Kyiv, Ukraine.