

## Особливості диз'юнктивної тектоніки Криворізького залізорудного району

© П.Г. Пігулевський<sup>1</sup>, В.К. Свистун<sup>1</sup>, Ю.П. Мечніков<sup>1</sup>, О.С. Кирилюк<sup>1</sup>,  
Ю.В. Лісовий<sup>2</sup>, 2016

<sup>1</sup> Дніпропетровська геофізична експедиція "Дніпрогеофізика", Дніпро, Україна

<sup>2</sup> Інститут геофізики НАН України, Київ, Україна

Надійшла 12 серпня 2016 р.

*Преп'явлено членом редколегії В.Д. Омельченко*

Рассмотрены особенности проявления разрывных нарушений на территории Криворожского горнорудного района, характеристика которого определяется сложным тектоническим строением и охватывает основные этапы становления земной коры от нижнего архея до позднего протерозоя. Разрывные нарушения в виде широких зон концентрации разрывов, трещиноватости, милонитизации, катаклаза, брекчирования, магматизма и метаморфизма играют главную роль в формировании современной складчато-глыбовых структуры Кривбасса и хорошо выделяются в геофизических полях. Трансрегиональный глубинный Криворожско-Кременчугский разлом является основной разломной структурой, которая в пределах Кривбасса представлена многоосевой системой нарушений: западная ось — Западный разлом; центральная ось — Тарапаковский разлом; восточная ось — Саксаганский и Восточный разломы. Почти все региональные разломы состоят из двух-трех сближенных параллельных разрывов. По длине, внутреннему наложению, поведению в геофизических полях разломы делятся на три группы: субмеридиональные, соответствующие общему простиранию главных складчатых структур; диагональные, соответствующие простиранию основных складчатых структур; субширотные (поперечные простиранию складчатых структур).

**Ключевые слова:** Кривбасс, тектоника, неотектоника, структура, разлом, сейсмичность.

**Вступ.** Тектонічна будова території Криворізького залізорудного району безпосередньо відображається на перебігу всіх природних і техногенних процесів. До трансрегіональних глибинних розломів, як правило, тяжіють і більшість з відомих родовищ корисних копалин. Вони формують у кристалічному фундаменті різнорангову систему розломів. Дрібні тектонічні порушення і пов'язані з ними зони підвищеної проникності впливають на формування і швидкість наземних негативних геологічних і техногенних процесів — підтоплення, формування ділянок просідання ґрунту та провалів, утворення зсувів. З тектонікою також пов'язані особливості рельєфу, які визначають напрямки поверхневої та підземної водної фільтрації, а також зони найактивнішої фільтрації підземних вод. Фізичні поля у таких зонах, як правило, набувають мозаїчного характеру.

Питання тектоніки докембрію Криворізького району, як і стратиграфії, магматизму та метаморфізму, до теперішнього часу (незважаючи на величезний обсяг пошукових і розвідувальних робіт), вирішені недостатньо [Геолого-геофизическая ..., 2006]. Тектонічні схеми минулих років не є завершеними, а роботи геологів-зйомників за останні 20 років дали нову інформацію для детальнішого трактування будови району Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу).

**Стан питання.** Вивчення геологічної будови Криворізького району розпочалося з промислового освоєння руди залізорудного басейну у другій половині XIX ст. і пов'язане з ім'ям О.М. Поля, який організував у 1873 р. "Товариство криворізьких залізних руд" з видобутку руди в урочищі Дубова Балка.

Перші відомості про корисні копалини ра-

йону і його будову належать до кінця XIX — початку XX ст. і пов'язані з іменами таких відомих у минулому дослідників, як С. О. Конткевич, В. А. Ломгер, П. П. Пятницький, які розробили перші схеми стратиграфічного розчленування метаморфізованих вулканогенно-осадових товщ Криворізької структури.

Перший етап планомірних досліджень у межах Кривбасу розпочався у 1924 р. з проведення Українським відділенням Геологічного комітету геологічного знімання території України в масштабі 1 : 126 000.

Другий етап розпочався у 1960-ті роки з широкого використання геофізичних робіт, під час яких активно проводили геофізичні знімання масштабів 1 : 10 000—1 : 25 000 для забезпечення геологорозвідувальних робіт надійною геофізичною основою та сприяли розвитку якісно нового виду вивчення земних надр — глибинного геологічного картування (ГГК). Останнє відіграло велику роль у формуванні сучасних поглядів на геологічну будову району.

Третій етап розпочався у 1990-ті роки і переважно характеризується роботами із узагальнення величезного фактичного матеріалу з метою уточнення геологічної будови Криворізького гірничорудного району.

**Аналіз результатів попередніх геологічних досліджень.** На цей час у Криворізькому гірничорудному району проведено узагальнюючі роботи зі складання і видання комплектів карт Держгеолкарти — 50 [Государственная ..., 1992] та Держгеолкарти — 200 [Захаров и др., 2002]. На підставі результатів останніх досліджень було виділено Західноінгулецько-Криворізько-Кременчуцьку шовну зону (ЗІККШЗ) [Геолого-геофизическая ..., 2006; Захаров и др., 2002], яка складається з трьох структурно-формаційних зон: Західноінгулецької (Кіровоградської), яка прилягає зі сходу до Інгульського мегаблока Українського щита (УЩ); Інгулецько-Криворізької, розташованої між Криворізько-Кременчуцьким і Інгулецьким розломами; Криворізько-Кременчуцької, західною межею якої є Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом. Криворізько-Кременчуцька структурно-формаційна зона, яка перетинає УЩ у меридіональному напрямку, достатньо добре вивчена, оскільки в її межах знаходиться найбільший в Європі докембрійський залізорудний басейн (Криворізький та Кременчуцький).

Аналіз цих досліджень показує, що в них не в повному обсязі висвітлено проблеми розривної тектоніки докембрію Криворізького гірничорудного району і в першу чергу Кривбасу.

Тому виникла потреба в уточненні та доповненні раніше отриманої інформації з узгодженням попередніх і нових даних сучасного бачення питань диз'юнктивної тектоніки.

**Криворізький (Саксаганський) синклінорій.** Він має складну внутрішню будову (рис. 1), яка відображається в геофізичних полях (рис. 2, 3). У його будові беруть участь як типові зеленокам'яні породи верхнього архею (конкська світа), так і осадовий комплекс нижнього протерозою (гданцівська світа). Між першими і другими в розрізі структури розташовуються залізисто-кременисті утворення саксаганської світи, що вміщують усі основні родовища залізних руд Кривбасу.

У цій структурі виділено синклінальні та антиклінальні складки високих порядків [Криворожская ..., 2011; Пигулевский и др., 2013; Семенов, 1958]. Шарнір синклінорію занурюється у північному напрямку. Максимальна глибина структури встановлена в районі рудників ім. XX Партз'їзду та ім. Р. Люксембург — 7,0—7,5 км (разом з підстильними породами сурської світи). Східне крило синклінорію складене повним розрізом криворізької серії, західне — зрізане Західним і Тарапаківським розломами, останній проходить на 1,5 км східніше Криворізько-Кременчуцького. У західному крилі на ерозійний рівень виходять утворення гданцівської світи (західне крило розбурено надглибокою свердловиною). Складність внутрішньої будови структури, напевне, пояснюється наявністю давньої зони субдукції, що підкреслюється потужною зоною протяжних сейсмічних площадок, які падають у низах кори на схід під кутами 45—40°, і потовщенням літосфери під цією зоною. М. П. Семенов виділяв тут чотири деформаційні цикли [Семенов, 1958]. Він уважав, що перший відбувся до формування гданцівської та глеєватської світ, що добре пояснюється великою стратиграфічною перервою, зафіксованою після нагромадження відкладів скелюватської та саксаганської світ. У першому циклі була сформована ізоклінальна складчастість, у другому — відкриті складки, у третьому — на субмеридіональні структури перших двох була накладена поперечна складчастість. З четвертим циклом пов'язане утворення блоків, насувів і розломів.

Гравітаційне поле над структурою є лінійновитягнутим, ускладнене трьома локальними аномаліями (рис. 2). Інтенсивність гравітаційного поля варіює у межах 50—55 мГал і певною мірою відображає потужність покладів багатих і окиснених руд.

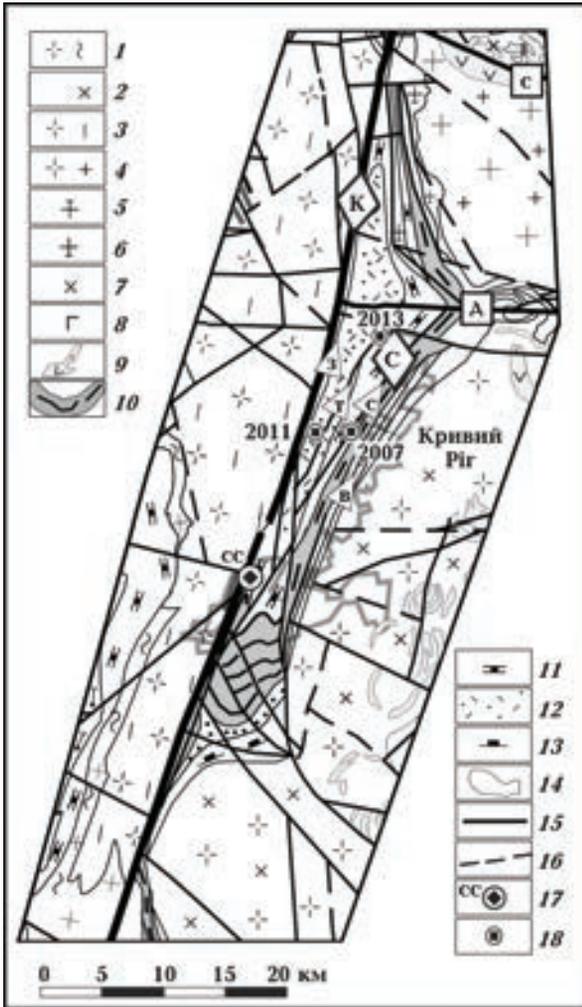


Рис. 1. Фрагмент геолого-формаційної карти Криворізького залізорудного басейну [Пигулевский, 2013]. Букви в ромбі: К — Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом; С — Криворізька (Саксаганська) структура; у квадратах: С — Спасівський; Д — Девладівський; у трикутниках: З — Західний; Т — Тарапаківський; С — Саксаганський; В — Східний розломи; 1 — плагіограніти та плагіомігматити біотитові, амфібол-біотитові; 2 — граніти та мігматити біотитові, амфібол-біотитові порфіробластичні; 3 — плагіограніти та плагіомігматити, амфіболіти та діорити; 4 — апліто-пегматоїдні граніти, граніти біотитові, амфібол-біотитові, рівномірнзернисті та порфіробластичні, плагіомігматити біотитові, амфібол-біотитові; 5 — апліто-пегматоїдні граніти, граніти біотитові, амфібол-біотитові, рівномірнзернисті та порфіробластичні; 6 — граніти апліто-пегматоїдні, граніти біотитові, амфібол-біотитові порфіробластичні, плагіомігматити біотитові, амфібол-біотитові, амфіболіти, амфіболіти; 7 — гнейси і кристалосланці біотитові, амфібол-біотитові, амфіболіти, амфіболіти; 8 — габроїди; 9 — амфіболіти та сланці плагіоклаз-амфібол-хлоритові, плагіоклаз-амфіболіти гранатвмісні, актиноліти, силікатно-магнетитові кварцити; 10 — залізисті кварцити, кварцити силікатно-магнетитові, багаті залізні руди; 11 — метапісковики, кварцити, сланці слюдисто-хлоритові, мармури, кальцифіри, офікальцити, гнейси та сланці біотитові, гранат-біотитові, слюдисто-графітові, лінзи залізистих кварцитів; 12 — метапісковики, метаконгломерати, метаалевроліти, сланці слюдисті; 13 — гнейси амфіболіти, біотитові, гранат-біотитові, амфіболіти, амфіболіти сланці; 14 — літологічні межі; 15 — розломи I і II рангів, встановлені за матеріалами буріння; 16 — розломи різних рангів, передбачувані в геофізичних полях; 17 — положення сейсмостанції "Кривий Ріг"; 18 — епіцентри землетрусів.

Магнітне поле над структурою має смугастий вигляд (рис. 3). Смуга максимумів  $Z_a$  розділяє структуру на східну та західну частини. Східна характеризується підвищеною інтенсивністю магнітного та гравітаційного полів. За геофізичними даними припускається, що в західній частині щільні та магнітні залізисті породи мають меншу густину і занурені на відносно більшу глибину порівняно зі східною частиною. На східному крилі горизонтальний градієнт більше західного, що вказує на загальне західне занурення магнітних залізистих порід.

Характерним для смуг магнітних аномалій є їх ланцюгоподібна будова. Максимальні значення магнітних аномалій досягають 20—40 тис. нТл, а в зонах пережимів часто не перевищують 1000 нТл [Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002; Пигулевский и др., 2013]. Пережими, ймовірно, пов'язані із зонами розривних порушень (пережими симетричні в обох смугах — західній та східній). Криворізька структура, крім

відомих величезних родовищ заліза, перспективна на пошуки благородних металів у грубоуламкових утвореннях та рідкісних і радіоактивних елементів у зонах розривних порушень.

З півдня до Криворізького (Саксаганського) синклінорію примикає Лихманівська синкліналь, яка дугоподібно відходить від Криворізько-Кременчуцького розлому і з'єднується з Високопільською синкліналлю. У гравітаційному полі вона характеризується витягнутою у північно-західному напрямку аномалією. В центральній частині має кілька пережимів. Магнітне поле, як і гравітаційне, визначається витягнутими аномаліями, які характеризуються пережимами в окремих місцях. Зі сходу до гравітаційної аномальної смуги примикає ще одна смуга підвищеного гравітаційного поля, яка пов'язана з амфіболітами сурської світи, що підстилають криворізьку серію

**Розривні тектонічні порушення.** За масштабами впливу порушення розділено на чоти-

ри ранги: I — трансрегіональний глибинний Криворізько-Кременчуцький розлом; II — регіональні розломи (Девладівський, Комісарівський та ін.); III — субрегіональні розломи; IV — локальні порушення (див. рис. 1). Майже всі регіональні розломи складаються з двох-трьох зближених паралельних порушень, а трансрегіональні (в межах Кривбасу) — з трьох-чотирьох. Перші дві групи розломів визначають переважно вид тектоніки протерозойського ярусу і частково архейського. Це можна пояснити тим, що максимальний їх розвиток (або закладання) відбувався в палеопротерозої в умовах появи геодинамічних обставин розтягування—стискання [Геолого-геофизическая ..., 2006; Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002].

Найважливішим порушенням на площі досліджень, її віссю, є трансрегіональний Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом, який досягає верхньої мантії і розділяє мегаблоки з різною будовою та геологічною історією. За останніми даними [Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002; Геолого-геофизическая ..., 2006; Криворожская ..., 2011], цей розлом у межах Кривбасу є багатоосьовою системою порушень, де Західний розлом — західна вісь, центральну вісь знаменує Тарапаківський розлом, а на сході — Саксаганський та Східний розломи (див. рис. 1). З глибиною, порушення змінюють круте падіння на пологіше. Зміна падіння особливо характерна для Західного розлома. В його межах відомі як західне, так і схід-

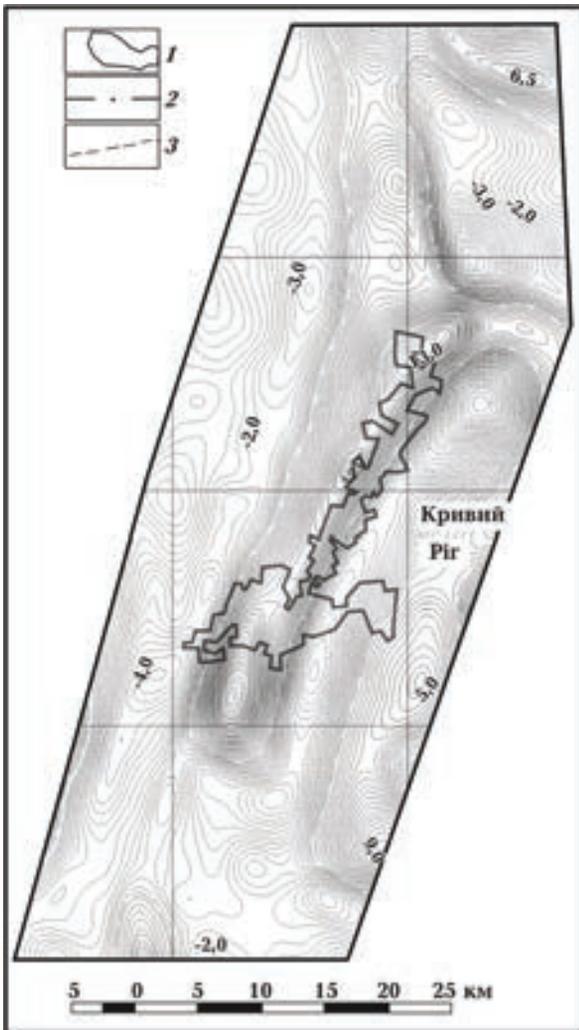


Рис. 2. Карта локальних аномалій гравітаційного поля ( $R_{oc} = 7,5$  км) території Кривбасу: 1 — позитивні; 2 — нульові; 3 — негативні.

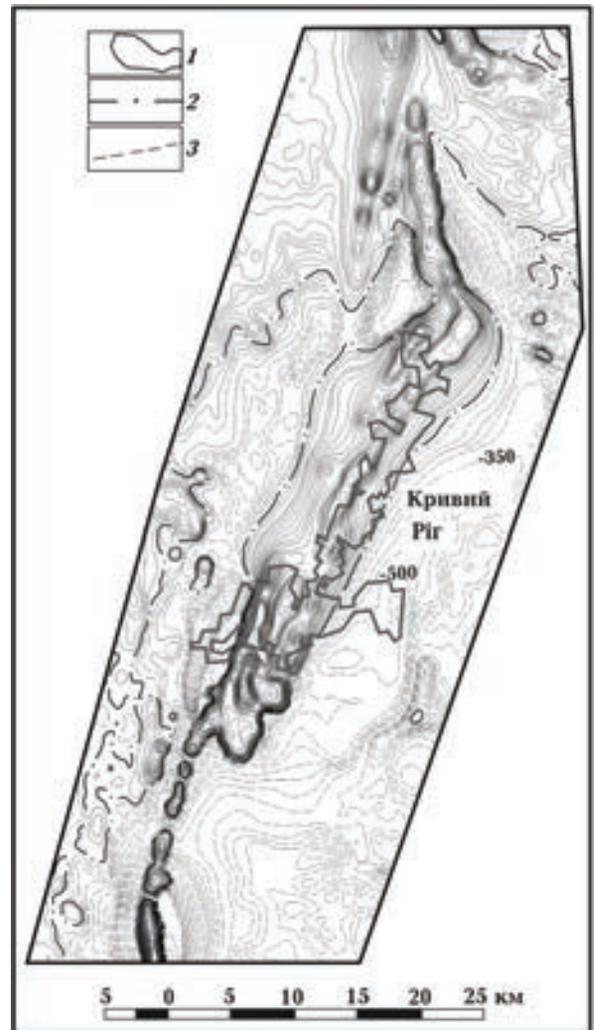


Рис. 3. Карта локальних аномалій магнітного поля території Кривбасу: 1 — позитивні; 2 — нульові; 3 — негативні.

не падіння. На глибині, де його зона дугоподібно вигинається [Геолого-геофизическая ..., 2006; Захаров и др., 2002], встановлено, що східне падіння змінюється на західне. Другорядні розриви розміщуються зазвичай паралельно головному, сполучаючись з ним, іноді під гострими кутами або розщеплюються і затухають [Захаров и др., 2002].

Зафіксовано описані порушення, як правило, різними видами крихких деформацій (брєкчіюванням, катаклазом, мілонітизацією), потужністю від перших до сотень і більше метрів. Поряд з крихкими деформаціями в зонах розломів широко проявлені в'язко-пластичні утворення — бластичні, очково-гнейсоподібні породи, а також різні метасоматити, діафторити й дайки різного складу. В Тарапаківському розломі крім стиснутих складок і розломно-дислокаційних структур є утворення типу тектонічного меланжу, представлені брилами мармуру, зцементованими графіт-слюдяною масою, локальними проявами високотемпературного метаморфізму та гранітизації порід [Геолого-геофизическая ..., 2006; Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002].

Тарапаківський розлом (див. рис. 1), який є центральною віссю глибинного, простягається через весь Кривбас, розсікає його на дві частини — західну та східну. При цьому по його площині західна частина басейну насунута на східну (приблизно на 3,5—4,0 км) і досі зберігає тенденцію до підняття [Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002]. Тарапаківський розлом — дуже складно побудована зона з пакетом сильно стиснених складок-лусок і пластинами архейських гранітоїдів [Захаров и др., 2002].

Проведений аналіз та узагальнення результатів вивчення розривної тектоніки безпосередньо території Кривбасу дають змогу виділити три основні групи розривних тектонічних порушень: субмеридіональні, що відповідають загальному простяганню найголовніших складчастих структур; діагональні, відповідні простяганню основних складчастих структур; субширотні, що є поперечними до простягання складчастих структур.

Найбільшими розривними порушеннями першої групи є Лихманівський, Саксаганський та Східний насиви і тектонічний зсув по контакту порід залізородної та сланцевої світ. Лихманівський насив має розвиток у межах західного борту Лихманівської синкліналі. Він проходить по контакту порід метаморфічної серії і сірих гранітів кіровоградського типу, зрізує західне крило, а місцями деформує й східне крило Лих-

манівської синкліналі, повністю знищуючи останню північніше шахти ім. М. І. Калініна.

Саксаганський насив простежується по всьому простяганню Саксаганської смуги і представлений декількома зонами складнолускатої будови. Основна зона Саксаганського насиву зрізує східне крило Саксаганської синкліналі й західне крило Саксаганської антикліналі, внаслідок чого ці складки є однокрилими.

У південній частині Саксаганського району насивання утворює з лінією середнього простягання порід гострий кут, а потім до рудника ім. Жовтневої революції проходить майже паралельно простяганню порід. Північніше згаданого рудника насив доволі різко відхиляється на захід з переходом у породи верхньої сланцевої світ. Північніше рудника ім. М. В. Фрунзе морфологію насиву точно не встановлено.

Окремі насивні поверхні, що формують зону Саксаганського насиву, як правило, мають західне падіння під кутом від 45 до 85°. Вони відзначаються невитриманістю за простяганням й падінням, утворюючи іноді складну мережу тектонічних поверхонь, що переплітаються, незгідних з нашаруванням порід. Унаслідок цього загальна потужність зони прояву насивних переміщень змінюється у широких межах: від 50—100 до 300—400 м, а ув'язані між окремими насивами поверхні луски порід часто стають лінзоподібними. Крім того, у межах західного крила Саксаганської антикліналі, що зберегла в цілому свою структуру, також спостерігається декілька (3—5) лускатих насивань, які отримали назву Західної зони Саксаганського насиву й проходять паралельно простяганню порід.

Східний насив й тектонічне порушення по контакту порід верхньої й середньої світ, як і Саксаганський насив, розвинені в межах Саксаганської смуги. Східне насивання проходить по контакту порід нижньої й середньої світ. Північніше рудника ім. Карла Лібкнехта, де цей насив чітко прослідковується, у ряді випадків виявлено зрізання порід талькового горизонту й окремих горизонтів нижньої й середньої світ. На руднику ім. Карла Лібкнехта й південніше від нього Східне насивання проявлене досить слабо і по ньому лише на окремих ділянках спостерігаються тектонічні рухи по контакту порід нижньої й середньої світ.

Тектонічний зсув по контакту середньої й верхньої світ є поздовжнім порушенням, для якого характерна внутрішньопластова роздробленість порід із численними площами мікрозсувів.

До найбільших діагональних порушень належить Діагональне порушення, що розвинуто у межах Саксаганської синкліналі на рудниках "Більшовик", ім. Жовтневої революції і ім. М. В. Фрунзе. Діагональне порушення відходить від Саксаганського насуву на території рудника "Більшовик", утворюючи із Саксаганським насупом у плані кут близько  $20^\circ$  і далі у північно-східному напрямку перетинає породи Саксаганської синкліналі, з'єднуючись на руднику ім. М. В. Фрунзе зі Східним насупом. По Діагональному порушенню з південного заходу на північний схід перемістився північний блок відносно південного на відстань близько 400—500 м. При цьому спостерігається зона брекчування і розсланцювання порід потужністю від 10 до 70 м. Падіння порушення до північного заходу під кутом близько  $50\text{--}65^\circ$ , яке близьке до падіння порід Саксаганської смуги.

Крім трансрегіонального і регіональних розломів на площі обох мегаблоків поширені локальні розривні тектонічні порушення, які перетинають або супроводжують контакти складчастих побудов і мають меншу протяжність. Здебільшого їхні зони заповнені тріщинуватими та розсланцьованими породами, брекчією, катаклазитами, мілонітами, часто разом з продуктами низькотемпературного метасоматозу (окварцювання, хлоритизації, епідотизації тощо). Нерідко в цих розломах є дайки діабазів і жили пегматитів.

Розривні порушення третьої групи, що мають субширотне простягання площі розривів, є найпоширенішими. Вони звичайно утворюють серії субпаралельних порушень, зумовлюючи блокову будову тієї або іншої частини складчастих структур. У північній частині Саксаганського району субширотні розривні порушення виповнені діабазами.

Крім зазначених вище розривних порушень у породах метаморфічної серії є багато інших дрібніших за розмірами і різних за простяганням тектонічних порушень. У породах метаморфічної серії не менш поширеними є тріщини окремостей, тріщини розшарування, тріщини відколу й різні типи кліважу, що детально описані М. П. Семененко (1946).

Серед розривних тектонічних порушень кристалічних порід розрізняють групи у відповідності до їхньої внутрішньої будови: розривні тектонічні порушення, де проявлено лише дислокаційний метаморфізм, представлений підвищеною тріщинуватістю, катаклазом, розсланцюванням, мілонітизацією. Крайнім ступенем механічного впливу дислокаційних порушень є утворення таких порід, як ультрамілоніти та

псевдотахіліти [Геолого-геофизическая ..., 2006; Государственная ..., 1992; Захаров и др., 2002]. Оскільки розривні порушення, де поширені процеси дислокаційного метаморфізму, слугують одночасно каналами для проникнення глибоких флюїдів, значна їх частина під впливом глибоких гідротермально-метасоматичних процесів перетворена у так звані тектонічно-метасоматичні зони (ТМЗ). Саме в таких зонах поряд з механічно зміненими первинними породами з'являються вторинні утворення, які, у свою чергу, розділяються на змінені вмісні породи та новоутворення, представлені жильними асоціаціями кварцового, кварц-сульфідного, апліт-пегматоїдного та іншого складу. Залежно від складу навколишніх порід і переважного складу проникних флюїдів виділено декілька типів ТМЗ, де поширені різні види гідротермально-метасоматичних перетворень.

На відміну від кристалічного фундаменту тектонічні особливості осадового чохла характеризуються відносно простою одноманітною будовою й зумовлені докембрійською тектонікою. Осадкові породи підвищеної потужності виповнюють понижені ділянки докембрійського рельєфу — Західнокриворізька й Східнокриворізька депресії. Залягання порід переважно субгоризонтальне з незначним схилом за простяганням депресій на південь, що спричинено загальним зануренням у південному напрямку поверхні кристалічного фундаменту.

**Сучасні геодинамічні рухи та сейсмічність Кривбасу.** Значно більший інтерес щодо тектонічної будови району становлять сучасні тектонічні процеси (неотектоніка).

Вимірювання напруженості у гірничих виробках центральної частини Криворізької зони методом повного розвантаження показало, що розломні ділянки характеризуються її підвищеними значеннями, пов'язаними із сучасними рухами земної кори. У сучасній активізації Східноєвропейської платформи (СЄП) основну роль відіграє Криворізько-Кременчуцький глибокий розлом (ККГР), тому для інструментального вивчення сучасних рухів земної кори уздовж розлому в 1960-ті роки був створений стаціонарний геодинамічний полігон [Ананьин, 1972]. Згідно з результатами досліджень, розлому відповідає зона аномально високих значень швидкості рухів — до 10 мм/рік (в окремі роки це є абсолютним максимумом для південно-західної частини СЄП). Причому по різні боки від ККГР земна поверхня піднімається з різною швидкістю: на захід від р. Інгул — до 11 мм/рік, а на схід — до 5 мм/рік.

Установлено, що значення швидкості сучасних вертикальних рухів, отриманих за різні проміжки часу уздовж однієї лінії спостережень (вимірів), відрізняються за величиною і навіть за знаком. Зміна знака рухів виникає за короткі проміжки часу (5—15 років), а у вертикальних рухах земної кори наявна компонента зміни напрямку з періодичністю, близькою до 1 року, та амплітудою до 12 мм/рік. Значні зміни модуля і напрямку векторів зсувів вказують на диференційований характер горизонтальних рухів по всій площі Криворізького регіону (до 3—10 мм/рік). Це, у свою чергу, свідчить про наявність зон тиску і розтягування, пов'язаних з розривними порушеннями і блоковими рухами, які спричиняють сейсмічні події різної потужності (див. рис. 1).

Під час проведення, з середини 1960-х років, на території Кривбасу стаціонарних геодинімічних досліджень методом повторних геодезичних спостережень Криворізькою геологорозвідувальною експедицією "Кривбасгеологія" під керівництвом О. І. Денісова, Р. Я. Самарського, А. Г. Бондарука [Ананьин, Лилиенберг, 1972] було встановлено, що в межах цієї території відбуваються новітні горизонтальні та вертикальні рухи блоків, обмежених розломами докембрійського часу закладення. Згідно з результатами вивчення неотектонічних рухів ширина зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому на півдні району сягає 10, а на півночі 20 км. Найактивнішими є периферійні частини зони порівняно із центральною, загальна швидкість вертикальних рухів у її межах варіює від 2 до 3 мм/рік [Ананьин, Лилиенберг, 1972]. Крім активності Криворізько-Кременчуцької і Девладівської зон розломів підтверджено також існування Девладівської зони на захід від Криворізької структури.

Сучасні рухи зафіксовано й за межами Криворізько-Кременчуцької зони. Причому в західному напрямку (Інгулецький вал, Західноін-

гулецька структура) швидкість вертикальних рухів збільшується з півдня на північ, тоді як на схід Криворізької структури ця тенденція має зворотний характер, швидкість вертикальних рухів збільшується у південному напрямку. Слід також зазначити, що швидкість рухів за межами зони розлому трохи вища, ніж у її межах, і досягає 3,8 мм/рік. Спостерігається диференціація швидкостей вертикальних рухів і усередині самих блоків I порядку. Встановлено, що синформні структури характеризуються тенденцією до сповільнених вертикальних рухів порівняно з антиформними.

Крім вертикальних відбуваються й горизонтальні рухи, що фіксується відносним зануренням блоків. Однак наявні поодинокі спостереження на цьому етапі неотектонічних досліджень не дають змоги зробити однозначні висновки щодо зон тектонічних тисків і пояснити механізм рухів. Це питання потребує істотного довивчення за допомогою стаціонарних GPS-станцій, що, на наш погляд, відіграватиме значну роль при поясненні сучасних особливостей тектонічної будови кристалічного фундаменту.

Разом з проявами відносно повільних сучасних рухів у регіоні також зафіксовано прояви швидких рухів. У зоні впливу ККГР [Андрущенко и др., 2012, 2013; Здешиц та ін., 2015; Пигулевский и др., 2015] упродовж останніх двох десятиліть було зареєстровано значну кількість землетрусів з магнітудою до 4,6. Дані щодо землетрусів у районі м. Кривий Ріг, що відбулися за останні 10 років, наведено у таблиці (див. також рис. 1). Значення магнітуди землетрусів наведені за даними розрахунків, зареєстрованих станціями Головного центру спеціального контролю (ГЦСК) та Інституту геофізики НАН України (ІГФ) [Андрущенко и др., 2012, 2013; Пигулевский и др., 2015].

Координати епіцентрів і глибина вогнищ землетрусів мають такі значення: 48,03°N, 33,44°E,

**Дати та параметри землетрусів, що відбулися в центральній частині Українського щита у 2007—2013 рр.**

Дата			Час			Координати гіпоцентру			Магнітуда
Рік	м	д	год	хв	с	φ, °N	λ, °E	h, км	m <sub>b</sub>
2007	12	25	04	09	31	48,03	33,44	16,0	3,9
2011	01	14	05	03	12	48,03	33,40	12,8	3,5
2013	06	23	21	16	33	48,10	33,47	11,6	4,6

16 ± 4 км (25 грудня 2007 р.); за даними ГЦСК 48,03 °N, 33,40 °E; ± 12,8 км (14 січня 2011 р.); 48,10 °N, 33,47 °E, ± 11,6 км (23 червня 2013 р.).

Як показано на рис. 1, епіцентри вогнищ землетрусів розміщуються у зоні Саксаганського розлому, поблизу полів шахтних виробок (25 грудня 2007 р.); між Західним і Тарапаківським розломами (14 січня 2011 р.); у зоні перетину Тарапаківського і Девладівського розломів (23 червня 2013 р.).

Отримані дані свідчать про сучасну неотектонічну активність Криворізько-Кременчуцької і Девладівської зон розломів протягом останніх 50 років [Государственная ..., 1992; Пигулевский и др., 2013, 2015; Здешиц та ін., 2015].

**Висновки.** Кристалічний фундамент Криворізького гірничорудного району складається з порід різного петрографічного складу, розбитий багатьма тектонічними порушеннями різних рангів, які розділяють його на рівновеликі блоки. Останні мають тенденцію постійного руху внаслідок діючих глибинних процесів.

За масштабами впливу розривні порушення Криворізького гірничорудного району розділено на ранги: I — трансрегіональний глибинний Криворізько-Кременчуцький розлом; II — регіональні розломи (Девладівський, Комісарівський та ін.); III — субрегіональні розломи; IV — локальні розривні тектонічні порушення. Перші дві групи розломів визначають переважно характер тектоніки протерозойського ярусу і частково архейського.

Основною розломною структурою є трансрегіональний глибинний Криворізько-Кременчуцький розлом, який в межах Кривбасу представлений багатоосовою системою порушень:

західна вісь — Західний розлом; центральна вісь — Тарапаківський розлом; східна вісь — Саксаганський та Східний розломи. Майже всі регіональні розломи складаються з двох-трьох зближених паралельних розривів.

Локальні розривні тектонічні порушення переважно пересікають або супроводжують контакти складчастих побудов. Їхні зони здебільшого заповнені тріщинуватими та розсланцьованими породами, брекчіями, катаклазитами, мілонітами, часто разом з продуктами низькотемпературного метасоматозу (окварцювання, хлоритизації, епідотизації тощо). Нерідко в розломах виділяють дайки діабазів і жили пегматитів.

На території Кривбасу можна виділити три основні групи розривних тектонічних порушень: субмеридіональні, що відповідають загальному простяганню найголовніших складчастих структур; діагональні, відповідні простяганню основних складчастих структур; субширотні, що є поперечними до простягання складчастих структур.

Більша частина розломів добре проявлена в геофізичних полях, що дає змогу їх виділяти за комплексом ознак у гравітаційних і магнітних полях й за результатами електрометрії. Вони переважно відображаються як протяжні лінійні зони. Над локальними розривними порушеннями фізичні поля мають мозаїчний характер.

У результаті розвитку і модернізації сейсмічної мережі України за останні 20 років у межах Кривбасу зареєстровано землетруси з магнітудою до 4,6, що підтверджує сучасну неотектонічну активність земної кори Криворізького гірничорудного району.

## Список литературы

- Ананьин И. В., Лилиенберг Д. А. Соотношения современных вертикальных движений и сейсмичности Восточной Европы. В кн.: *Современные движения земной коры: труды VI Всесоюз. совещания и IV Межвед. совещания*. Таллин, 1972. С. 6—7.
- Андрущенко Ю. А., Кутас В. В., Кендзера А. В., Омельченко В. Д. Слабые землетрясения и промышленные взрывы, зарегистрированные на Восточно-Европейской платформе в пределах территории Украины 2005—2010 гг. *Геофиз. журн.* 2012. Т. 34. № 3. С. 49—60.
- Андрущенко Ю. А., Кутас В. В., Кендзера А. В., Омельченко В. Д., Калитова И. А. Локальные землетрясения на Украинском щите. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35. № 6. С. 116—129.
- Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчутской шовной зоны Украинского щита. Под ред. Н. Я. Азарова. Киев: Наук. думка, 2006. 196 с.
- Государственная геологическая карта Украины. Масштаб 1 : 50000. Криворожский горнорудный район. Криворожская группа листов (М-36-139-Б, Г; М-36-140-А, В; L-36-7-Б; L-36-8-А). Сост. И. С. Паранько, В. К. Бутырин, Г. Е. Змеєвский и др. Київ: Геоінформ, 1992. 220 с.
- Захаров В. В., Мартинюк А. В., Токар Ю. Н. Дер-

жавна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Серія Центральноукраїнська, аркуші: М-36-XXXIV (Жовті Води), L-36-IV (Кривий Ріг). Пояснювальна записка. Київ: Геоінформ, 2002. 101 с.

Здешиц В. М., Калініченко О. А., Пігулевський П. Г., Рибалко Б. І., Щербіна С. В. Дослідження мікросейсмічних явищ техногенного походження. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 5. С. 132—142.

Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8. Под ред. Е. М. Шеремета. Донецк: Ноулідж, 2011. 555 с.

Пігулевський П. І., Свистун В. К., Щербіна С. В. О сейсмічному події в Кривбасі (Україна) і механізмі його очага. *Вестник ВГУ. Сер. Геологія.* 2015. № 1. С. 102—108.

Пігулевський П. І., Свистун В. К., Щербіна С. В. О тектоническом строении, геодинамических и сейсмологических особенностях Кривбасса. *Екологія і природокористування: Зб. наук. праць ІППЕ НАНУ.* 2013. Вип. 17. С. 37—46.

Семенов Н. П. Стратиграфия докембрия Украинского кристаллического массива. В кн.: *Геология СССР.* Т. 5. Ч. I. Москва: Госгеоиздат, 1958. С. 65—88.

## Features of disjunctive tectonics of Krivoy Rog iron ore area

© P. G. Pigulevskyy, V. K. Svistun, Yu. P. Mechnikov, O. S. Kyrylyuk, Yu. V. Lisovoy, 2016

The article describes the features of display of faults on the territory of Kryvyi Rig mining area, characteristic of which is different by complicated tectonic structure and covers the main stages of the formation of the crust from the lower Archaean till Late Proterozoic. Faults in the form of wide zones of concentration of gaps, fractures, mylonitization, cataclase, brecciation, magmatism, metamorphism, play a major role in formation of the modern fold-block structure of Kryvbas are well traced in geophysical fields. The main fault structure of the district is the trans-regional deep Krivoy Rog-Kremenchug fault that within Krivbass is presented by multi-axial system of faults: western axis — West fault; the central axis — Tarapakovsky fault; Eastern axis — Saksagansky and East faults. Almost all regional faults consist of two or three closely spaced parallel ruptures. By length, the inner overlay, behavior in geophysical fields in Krivbass the faults are subdivided into three groups: submeridional, corresponding to general spread of the main folded structures; diagonal, corresponding to the spread of the basic fold structures; sub-latitudinal that are transverse to the spread of folded structures.

**Key words:** Kryvbas, tectonics, neotectonic structure, fault, seismicity.

### References

- Anan'in I. V., Lilienberg D. A., 1972. Ratios modern vertical movements and seismic activity in Eastern Europe. In: *Modern crustal movements: the works of VI All-Union. meeting and IV Interdepartmental meeting.* Tallinn, 6—7 (in Russian).
- Andrushchenko Yu. A., Kutas V. V., Kendzera A. V., Omelchenko V. D., 2012. Weak earthquakes and industrial explosions recorded in the East European platform within the territory of Ukraine 2005—2010. *Geofizicheskiy zhurnal* 34(3), 49—60 (in Russian).
- Andrushchenko Yu. A., Kutas V. V., Kendzera A. V., Omelchenko V. D., Kalitova I. A., 2013. Local earthquake on the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy zhurnal* 35(6), 116—129 (in Russian).
- Geological and geophysical model of Krivoy Rog-Kremenchug suture zones of the Ukrainian Shield, 2006. Ed. N. Ya. Azarov. Kiev: Naukova Dumka, 196 p. (in Russian).
- State geological map of Ukraine. 1 : 50 000. Krivoy Rog Mining District. Krivoy Rog group sheets (M-36-139-B, G; M-36-140-A, B; L-36-7-B; L-36-8-A), 1992. Comp. I. S. Paran'ko, V. K. Butyrin, G. E. Zmevskiy et al. Kiev: Geoinform, 220 p. (in Russian).

- Zakharov V. V., Martynyuk A. V., Tokar Yu. N., 2002. State geological map of Ukraine. 1 : 200 000. Central Ukrainian Series, sheet M-36-XXXIV (Yellow Water), L-36-IV (Krivoy Rog). Explanatory letter. Kiev: Geoinform, 101 p. (in Ukrainian).
- Zdeshits V. M., Kalinichenko O. A., Pigulevskiy P. G., Rybalko B. I., Shcherbina S. V., 2015. Study of micro-seismic events technogenic origin. *Geofizicheskiy zhurnal* 37(5), 132—142 (in Ukrainian).
- Krivoy Rog ultra-deep well SG-8, 2011. Ed. E.M. She-remet. Donetsk: Noulidzh, 555 p. (in Russian).
- Pigulevskiy P. I., Svistun V. K., Shcherbina S. V., 2015. About seismic event in Krivbass (Ukraine) and the mechanism of its centre. *Vestnik VSU. Ser. Geologiya* (1), 102—108 (in Russian).
- Pigulevskiy P. I., Svistun V. K., Shcherbina S. V., 2013. On the tectonic structure, geodynamic and seismic features Kryvbas. In: *Ecology and Nature: Coll. Sciences. works IPPE of NASU*, Is. 17, 37—46 (in Russian).
- Semenenko N. P., 1958. Stratigraphy of Precambrian Ukrainian crystalline massif. In: *Geology of the USSR*. Vol. 5, Part I. Moscow: Gosgeolizdat, 65—88 (in Russian).