

УДК 577.471

**О.О. ЮШИН**, канд. геол.-мін. наук, провідний науковий співробітник Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. Н.П. Семененко НАН України, м. Київ, Україна

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННОЇ БАЗИ КРИВОРІЖЖЯ

Розглянуто перспективи розвитку мінерально-сировинної бази Кривбасу за рахунок використання нетрадиційних типів його забруднення, з яких на даний період найбільш вивчені золото-урановий, золото-сульфідно-кварцовий, мідно-молібден-порфіровий з сріблом, вісмутом, цинком. Родовища Кривбасу є комплексними і потребують подальшого детального вивчення за даним типом.

**Ключові слова:** залізні руди, типи зруденіння, структура, синкліналі, насув, горизонт, рудоносність, мінералізація, концентрація, локалізація, будова.

### Стан питання

Історично склалося так, що промисловий розвиток регіону Криворіжжя багатьох років визначався і досі визначається переважно великими родовищами залізних руд. Криворізький залізорудний басейн – прадавній гірничорудний район України - його родовища залізних руд експлуатуються з 1881 р. У 50-х рр. ХХ ст. в Північному Криворіжжі були відкриті промислові уранові родовища.

За майже 130 років експлуатації криворізьких залізорудних родовищ близькоповерхневі поклади багатих залізних руд були відпрацьовані, з кожним роком видобуток руд проводиться на все більших глибинах (1 км і більше), що, безумовно, нега-

тивно позначається на собівартості продукції. Розпочате ще за часів СРСР і досі заморожене будівництво Криворізького ГЗКу окислених руд (КрГЗКОР) навряд чи може забезпечити рішення усіх економічних і соціальних проблем регіону.

Відомо, що впродовж багатьох десятиріч років в Криворіжжі головна увага приділялася і приділяється проведенню геолого-розвідувальних робіт переважно на залізні руди, часто – на шкоду систематичному вивченню геологічної будови усієї Криворізької структури і її реального рудного потенціалу.

### Основні проблеми Криворіжжя

1. Слід підкреслити, що до теперішнього часу запаси багатих залізних руд Криворіжжя скоротилися настільки, що Криворізький залізорудний басейн вже не числиться в першій десятці найбільших залізорудних провінцій світу. Це стало особливо помітно після виходу на світовий ринок багатих руд типу чилійських, перуанських і інших подібних до них родовищ, з характерними для них промислово значимими домішками міді і золота (золото-мідно-залізно-оксидний тип руд), що розглядаються в якості глобальної перспективи (Hydrothermal iron oxide copper-gold: a global perspective, т.т. 1,2. 1999, 2000). Більшість родовищ цього типу розробляються кар'єрами з низькою собівартістю

і високою якістю товарних концентратів.

Це дозволяє цілком обґрунтовано припускати, що залізорудні концентрати Криворіжжя, з урахуванням виснаження запасів легкодобуваємих багатих залізних руд і наближенням до максимально допустимих параметрів гірничих виробок, можуть програти в конкуренції, як на світових, так і на внутрішніх ринках.

2. Відвали гірничих підприємств і хвостосховища ГЗКів не лише займають величезні площі міської території, але і створюють ряд технічних та екологічних проблем.

3. Просадки і зони обвалення, що все частіше формуються в межі міста над старими підземними гірничими виробками, ще більше ускладнюють екологічну ситуацію в місті.

Ми вважаємо, що вирішення вищезгаданих проблем можливе на основі не лише врахування тих або інших параметрів локальних родовищ, гірничих виробок, відвалів і шламосховищ, але, передусім, надійного просторового поєднання найбільш важливих геологічних і техногенних елементів регіону.

Таке поєднання можливе на основі сучасної геологічної карти масштабу 1 : 50000 або 1 : 25000 і карти перспективних корисних копалин, доповнених структурно-тектонічною картою з виділенням молодих активних тектонічних зон і проєкціями підземних гірничих виробок, картою розташування кар'єрів, відвалів і шламосховищ.

Власне геологічна частина повинна забезпечити не просто графічне відображення геологічної будови Криворізької структури, але може стати основою для обґрунтованого планування розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ) регіону в майбутньому.

Важливою обставиною є також відсутність детальної структурно-тектонічної карти усєї Криворізької структури, з виділенням активних зон розломів, сучасні рухи по яких можуть провокувати обвальні процеси.

Технологічні можливості і економічна доцільність повторної переробки шламів збагачення з вилученням залізородних концентратів і золота все ще знаходяться на стадії експериментів. Використання частини складованих відвалів, як сировини для КрГЗКОРУ залежить від вводу в дію останнього.

Протягом багатьох років перспективи сировинної бази Криворіжжя пов'язувалися із

залізними рудами, у меншій мірі – ураном і графітом, розрізнені ділянки мідної, золотої, молібденової мінералізації оцінювалися як безперспективні і детальніше не вивчалися.

Втім, при проведенні в Криворіжжі в ХХ ст. геологорозвідувальних робіт (ГРР) різних стадій фіксувалися численні прояви рудної мінералізації не лише золота, але і Cu, Zn, Mo, Ag, Bi, Pt (рисунок 1). Помітна хаотичність розподілу ділянок цих родовищ на площі Криворіжжя обумовлена абсолютно недостатньою їх геологічною вивченістю. Деяка увага приділялася тільки золоту. Ревізійно-пошуковими роботами 80-90 рр. прояви власне золоторудної мінералізації були простежені в конгломератах скелеватської свити і уздовж зони незгідного контакту К<sub>2</sub>-К<sub>3</sub>.

Таким чином, негативні оцінки потенціалу альтернативної рудоносності Криворіжжя були обумовлені абсолютно недостатньою геологічною вивченістю численних родовищ.

Результати наших багаторічних досліджень дозволяють стверджувати, що реальні і значні перспективи розвитку МСБ Криворіжжя пов'язані саме з нетрадиційними для регіону типами зрудення.

Слід зазначити, що мінерально-сировинна база (МСБ) світу все більшою мірою формується за рахунок великих і унікальних комплексних родовищ. Хорошим прикладом розширення МСБ залізородних басейнів є Бразилія, де в таких структурах окрім залізних руд добуваються золото, платини, алмази, рідкісні метали, уран.

### Перспективні типи альтернативного зрудення Криворіжжя

**Структура.** Уявлення про структурно-тектонічні особливості Криворізького залізородного басейну змінювалися по мірі росту геологічної вивченості території.

В 40-і та і 50-ті роки минулого століття, в результаті робіт М.П. Семененко і Я.Н. Бєльцева була запропонована тектонічна схема Криворізької структури, яка відображала послідовне накладення чотирьох фаз тектоногенеза. Ця тектонічна схема, яка визначила Криворізький басейн як синклінорій, складений з ряду симетричних і асиметричних синкліналей і антикліналей, в практиці геологів басейну «працює» до теперішнього

часу. Таке «довголіття» пояснюється в першу чергу тим, що геологів-практиків, які займаються або розвідкою, або експлуатацією залізних руд, зосереджених у вузькій смузі продуктивного (залізородного) горизонту басейну, цілком влаштовує уявлення про «однокрилу синклінальну складку», де ці роботи проводяться. Ну, а по-друге, мало у кого виникає бажання змінити (зламати) «авторитетну» схему.

Проте, на даному етапі більш вірогідним є дещо інший варіант тектонічної будови Криворізького залізородного басейну.

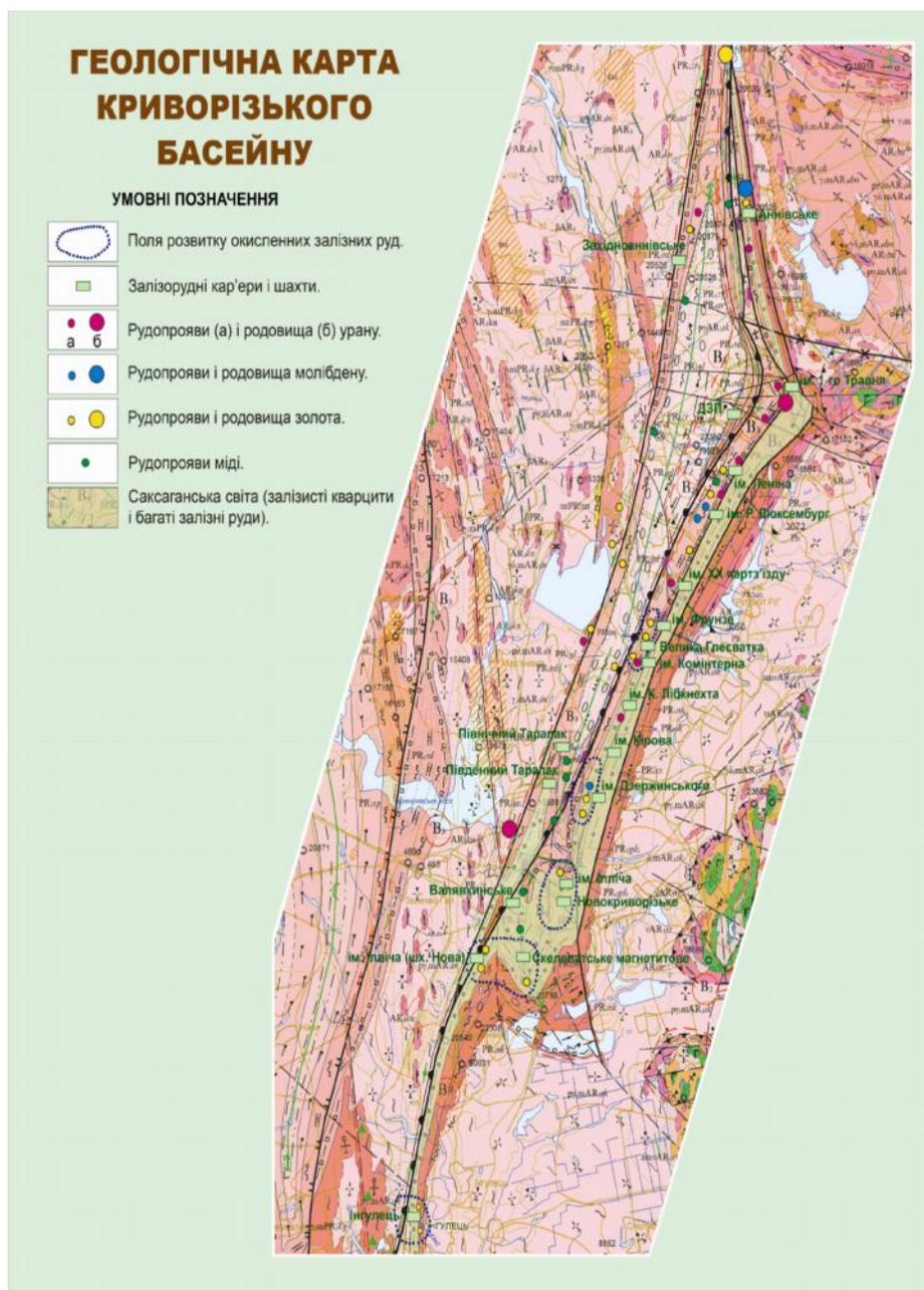


Рисунок 1 – Узагальнена схема просторового розподілу локальних проявів рідкісних, кольорових металів і золота в Криворізькій структурі (станом на 2008 р.)

З'ясовано, що найбільш потужна в межах структури зона насувного типу (з амплітудою по вертикалі 500-1000 м в південній частині басейну і до 1500-2000 м в північній його частині), яка простягається в субмеридіональному напрямку не менше ніж на 30 км, виділена під назвою зони Саксаганського розлому (шарьяжу). Починаючись на півдні басейну, це порушення насувного типу має західне падіння під кутами 38-45°. Далі на північ воно дещо відхиляється на захід і внаслідок віргації в розрізі утворює

складну потужну зону великих тектонічних розривів (або блоків-лусок), які нагадують структуру «кінського хвосту». В середній частині насув круто (під кутом 75-80°) піднімається на значну глибину. Далі на північ, внаслідок опору гірських мас автохтонної частини монокліналі, його площа різко вигинається, при цьому формується структура діагонального насуву. Ще північніше нахил площини Саксаганського насуву змінюється на східний, і вже в районі північних родовищ він має круте (75-80°) східне падіння.

Вздовж складної площини Саксаганського насуву відбулося потужне пересування алохтонної частини монокліналі комплексу порід скелеватської і саксаганської світи, яке утворило свого роду покрив, що раніше трактувався як Саксаганська антикліналь.

На передньому краї Саксаганського покриву виник доволі протяжний тектонічний блок клиновидної форми з жорстких порід скелеватської світи (кварцито-пісковики, аркози і дрібногалечні конгломерати), який переміщується вгору по площині саксаганського насуву. Одночасно відбувалося гравітаційне ковзання величезного алохтонного блоку пластин на північний захід за простяганням структури.

В результаті цих рухів в потужних шаруватих товщах порід саксаганської світи розвинулась дуже складна складчастість турбулентної течії, а при перевищенні межі міцності залізистих кварцитів і кварцито-сланців виникли зони тісно розташованих сколів, які утворюють систему тонкої тріщинуватості і тонкопластичного кліважу вздовж площини насуву. Особливо складні форми дрібної складчастості (похилі, лежачі, перекинуті, пірнаючі складки) виникли на передньому краї насуву.

Слід додати, що різноманітна складчастість в Кривбасі має переважно синметаморфічний характер.

При русі насувної частини монокліналі (алохтона) по зміщувачу утворилися потужні зони тектонічних брекчій, меланжей і поверхонь тертя (своєрідний тектонічний меланж). В крупних тектонічних лусках зустрічаються лінзи і відторженці порід скелеватської світи, а по площинах зміщення є протрузії ультраосновного складу, нині представлені тальк-карбонатними, актиноліт-тремолітовими породами або тальковими сланцями.

Аналогічну будову зі змінами порід в менших масштабах мають і інші порушення субмеридіонального простягання, в тому числі і Східний насув, який також захоплює породи монокліналі. Він проходить на схід від Саксаганського по породах скелеватської світи і фіксується по так званому «тальковому горизонту».

Наведені вище дані дозволяють обґрунтувати можливість побудови принципово нової структурно-тектонічної карти Криворіжжя.

**Метасоматичні зміни порід.** Вивчення проявів метасоматичних процесів у Криворіжжі довгий час стосувались родовищ залізних і графітових руд, яскраво проявлених процесів лужного метасоматозу (ще в 1903 р. В.Є. Тарасенко описав рибекіт, в 1927 р. М.І. Світальський виявив егірин, а в 1925-1928 рр. І.І. Танатар виявив та описав глаукофан). В.І. Лучицький пов'язував утворення таких лужних порід з глибинними інтрузіями палеозойського віку.

М.П. Семенов в 1953 р. відніс метасоматичні процеси Криворіжжя до «... постпегматитовим в послідовності: калієвий → натрієвий → кальцієвий → магнезійно-залізистий → силікатний → карбонатний». Вважалось, що магнезійно-залізистий метасоматоз розвивається по самим різним породам і проявам в різно-температурних фаціях розвитком гідролізу, амфіболів, стильпно-мелану, гізінгериту. Силікатний метасоматоз фіксується проявами окварцювання на значних площах (особливо - Ганнівської та Жовторіченської смуг), інколи – до утворення мономінеральних кварцитів. Карбонатний метасоматоз активно проявляється на окремих ділянках Саксаганської структури.

Активізація досліджень метасоматичних утворень у Криворіжжі пов'язана, безумовно, з інтенсивними пошуковими роботами на уран.

Узагальнюючи результати цих досліджень, М.О. Єлісеєв, М.П. Нікольський та В.Г. Кушев (1953, 1961 рр.) значно розширили перелік метасоматичних утворень Криворізької структури. Була намічена певна послідовність найбільш поширених у Криворіжжі гідротермально-метасоматичних процесів в ряду «егіринітизація – окварцювання і гізінгеритизація». До основних проявів метасоматичних процесів належали лужні метасоматити, проявлені розвитком лужних піроксенів и амфіболів переважно серед порід середньої (саксаганської) світи в межах Південної, Саксаганської та Ганнівської ділянок Криворізької структури.

Поза увагою дослідників залишилися широко відомі в ті часи у Криворіжжі утворення низькотемпературних каолініт-вториннокварцитових асоціацій з піритом, не простежені взаємозв'язки кожної генерації гізінгериту з іншими типами епігенетичної рудної мінералізації. Можливо, що такий

підхід був зумовлений надзвичайно активним вивченням лужних метасоматичних фацій більш високих температур.

Проведені виконавцями деталізаційні дослідження карбонатизованих і графітизованих порід в різних ділянках Криворізько-Кременчуцької зони виявляють існування суттєво різних відмін як серед карбонатних, так і графітових утворень.

Так, на відміну від карбонатних порід опорних розрізів Криворіжжя, в окремих розрізах фіксуються різновиди, в яких вмісти хрому сягають 100-200 г/т, інколи до 700-1000 г/т, титану до 10000 г/т, ванадію до 100-200 г/т, стронцію до 150-200 г/т, барію до 500-700 г/т, що не відповідає параметрам осадових карбонатних утворень в розрізах, наприклад, гданцівської світи Саксаганської структури. Відмінність від осадових карбонатів фіксується також в ізотопному складі вуглецю. Якщо у більшості карбонатних утворень без геохімічних аномалій гданцівської світи Криворіжжя значення  $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$  знаходяться в діапазоні – 9-0‰, то для карбонатних порід з аномальними геохімічними характеристиками Жовтоводської площі значення  $\delta^{13}\text{C}$  зростають до +6,04-6,48‰ і вище.

Такі ж високі значення  $\delta^{13}\text{C}$  (до 8‰) відзначаються в деяких карбонатних сланцях і мармурах деяких інших розрізів Криворізько-Кременчуцької зони, але найвищий рівень збагачення вуглецю важким ізотопом  $^{13}\text{C}$  було зафіксовано нами в метасоматичних карбонат-магнетитових рудах саксаганської структури ( $\delta^{13}\text{C}$  до +8-+11‰).

**Рудоносність.** Починаючи з перших років (приблизно з 1780-х рр.), геологічне вивчення Криворіжжя мало за мету виявлення і розвідку все нових і нових родовищ багатих залізних руд. Проте окремі геологи вивчали не тільки залізрудні родовища, але й фіксували прояви зруденіння інших типів. Так, ще на початку XIX ст. професором Левановим були зафіксовані прояви срібних руд (які, за архівними даними Херсону і Одеси, навіть видобувались і вивозились на переробку в Одесу; див. також: «Зап. Императорск. Технического об-ва», 1874 та «Зап. Новороссийского об-ва естествоиспытателей», т. VIII, 1882), а в 1835-1837 рр. гірничий інженер Кульшин відзначив прояви мідної мінералізації по балках Березниній і Південній Червоній (реальність яких в 1878-

1879 рр. підтвердив відомий гірничий інженер С. Конткевич).

Отже, подальший розвиток такого визначного гірничорудного району як Криворіжжя міг еволюціонувати в двох напрямках: залізрудному та кольорово-метальному.

Проте на фоні стрімко зростаючої розробки величезних родовищ заліза (а в подальшому – і урану) прояви інших металевих корисних копалин виглядали занадто дрібними і їх реальний потенціал серйозно ніколи не вивчався. Довгий час вважалось, що в межах Криворізького залізрудного поясу прояви сульфідної мінералізації і пов'язаного з ними різнотипного зруденіння (окрім залізрудного) користуються незначним поширенням. В окремих розрізах було виявлено:

- гніздовидні скупчення сульфідної мідної мінералізації в метасоматитах району шахти «ЗОТ»;

- вкрапленість піротину та інших сульфідів в породах верхньої (гданцівської) світи в районі балки Північна-Червона;

- лінзи піротину потужністю до 1 м в талькових сланцях на захід від рудників ім. Леніна та ім. Фрунзе;

- масивні лінзи піриту потужністю до 2 м відзначались серед сланців саксаганської світи в районі рудника ім. Кірова;

- зона арсенопіритової мінералізації потужністю до 70 м була розкрита бурінням в районі рудника ім. Фрунзе.

З кожним роком перелік зон сульфідної мінералізації зростає, проте особливості їх речовинного складу та геологічної позиції детально не досліджувались.

Широкомасштабні пошукові роботи на уран, які проводились у Криворіжжі після відкриття крупних Первомайського (1945 р.) і Жовторіченського (1946 р.) родовищ урану, дозволили виявити в регіоні багаточисельні рудопрояви і геохімічні аномалії урану, інколи з проявами супутнього зруденіння інших типів.

Дещо пізніше проводилось вивчення рівня ураноносності конгломератових пачок нижньої (скелеватської) світи криворізької серії. На Карачунівській ділянці (західний борт Криворізької структури) було виявлено специфічний мідно-урановий рудопрояв Червоний Шахтар. В межах зон розвитку епігенетичного жильного уранового зруденіння

цього рудопрояву фіксувались аномально підвищені вмісти молібдену, вісмуту, рідкісних земель, нікелю, цинку, золота, платини – проте ці прояви так і не були детально досліджені.

Причиною цього була, безумовно, зосередженість уваги дослідників на питаннях з'ясування генезису і пошукових критеріїв перш за все залізних та уранових руд, що знайшло відображення і в направленості вивчення процесів рудного і навколорудного метасоматозу.

Проте пошуковими роботами останніх років на одному із проявів молібденового зруденіння – Східно-Ганнівському – не тільки було доведено промислово значимість цього родовища, але й виявлено комплексний характер руд (Mo, Cu, Ag, Bi, Au, Te) цього родовища.

Зона молібденової мінералізації Східно-Ганнівського родовища простежена майже на 9 км з потужністю від 30-35 до 100-120 м. Максимальний встановлений вміст Mo – 1,0%. В межах загальної молібденоворудної зони фіксується постійна присутність підвищених і субрудних вмістів міді та велика кількість висококонтрастних геохімічних аномалій срібла, вісмуту (з відповідною мінералізацією), часто з домішками телуру, золота.

Присутність в складі зруденіння Східно-Ганнівської рудної зони додатково до основного компонента – молібдену – суттєво підвищених концентрацій міді, вісмуту, срібла, інколи – золота, цинку і телуру загалом відповідає складу рудних асоціацій родовищ порфірових типів. Вмісти золота сягають 0,2-0,6 г/т, в поодиноких пробах до 2 г/т. В складі рудних мінеральних асоціацій зафіксовано присутність самородних срібла і вісмуту, а також – телуридів і вісмутитів. За сумою мінералогічних та геохімічних параметрів зруденіння молібденового родовища є комплексним (Mo-Cu-Ag-Bi-Zn-Au) і, безумовно, належить до мідно-молібден-порфірової підформації базової мідно-порфірової формації.

Найбільшу зацікавленість викликало, безумовно, золото Кривбасу, хоча для Криворіжжя, як для власно залізорудної провінції, проблема оцінки перспектив промислової золотоносності на протязі багатьох років залишається дискусійною. Проте навіть фра-

гментарне опробування і аналіз на золото керну поточних свердловин сприяло формуванню досить значної бази аналітичних даних, на основі якої в 70-х рр. на окремих площах Криворізької структури проводились спеціалізовані пошукові роботи.

В межах рудного поля РУ ім. Фрунзе в декількох свердловинах було зафіксовано інтервали 10-15 м із вмістом золота 0,03-0,1 г/т, з локальними вмістами до 0,1-0,3 г/т. В розрізах Первомайської ділянки в брекчіюваних і окварцьованих вуглецевих сланцях вмісти золота сягають 0,6 г/т, а у вуглецевих схиленнях порід гданцівської і амфіболомагнетитових породах саксаганської свити, розкритих св. 16912 в інтервалах 254,5-256,7; 279,5-283,4; 384,0-397,2 398,7-401,5; 407,0-411,5 м вмісти золота сягають інколи 1-3 г/т. Золото лускувате, мікронневисокої пробності (Au 99,08; Ag 0,1; Fe 0,01).

Підвищені до 2,5-6 г/т вмісти золота пов'язані також з зонами розвитку кварцового метасоматозу і березитизації, прояви яких були розкриті свердловинами пошуково-структурного профілю між РУ ім. Леніна і Першотравневим РУ (св. 16882, інт. 223-258,5 і св. 16883, інт. 195,8-230,1 м - золота до 1-2 г/т). Підвищені вмісти золота асоціюють з прожилками, вкрапленістю, плівками сульфідів (піриту, піротину, халькопіриту, арсенопіриту, іноді зустрічаються сфалерит і галеніт).

Смуга проявів зруденіння цього типу контролюється зонами Тарапаковського, західної гілки Саксаганського розламів і загалом простежується по перетинам у свердловинах і шахтах майже на 60 км. У шахтах РУ ім. К. Лібкнехта по цій зоні розвинуте інтенсивне сульфідне зруденіння (пірит, піротин, халькопірит, арсенопірит, сфалерит, іноді галеніт) з вмістами золота 0,1-0,3 г/т. У Фрунзенському рудопрояві золота на 630 горизонті шахти в зоні тріщинуватості і розшарування порід протяжністю до 400 м відзначається інтенсивне окварцювання і сульфідизація (арсенопірит, пірит, піротин, сфалерит, галеніт і ін.), вміст золота 0,01-0,1 г/т. Свердловиною 11676 на руднику ім. Фрунзе розкриті окварцьовані та сульфідизовані вуглецеві сланці з вмістами золота 0,1-0,2 г/т. У шахтах РУ ім. Леніна в зоні катаклазу і окварцювання вміст золота в окремих пробах сягає 1-1,5 г/т. Вік зруденіння цього типу оцінюється близько 1000 млн р.

На Жовтянському родовищі як золоторудні інтервали (золото до 1,6-4,8 г/т), так і комплексні геохімічні аномалії ніобію (до 500-700-2000 г/т), цирконію (до 500 г/т), цинку, хрому, платинових металів співпадають з тілами аргілізованих порід і аргілізитів. В зоні інтенсивного низько-температурного окварцювання з розвитком пачок мономінеральних та слюдистих вторинних кварцитів відзначаються присутність опалу (до 10 %) і халцедону та контрастні геохімічні аномалії ітрію (500-100 г/т), титану (до 1%), ванадію (до 500 г/т), срібла (до 5 г/т), ніобію, цирконію (до 700-1000 г/т). Концентрації золота в низькотемпературних вторинних кварцитах і оточуючих породах незначні, звичайно не перевищують 0.1 г/т і тільки в окремих пробах сягають 1-2 г/т.

Перспективні прояви золоторудної мінералізації також було виявлено в розрізах порід новокриворізької світи, розкритих в процесі пошукових робіт останніх років на молібден в межах Східно-Ганнівської смуги.

В процесі проведених досліджень було з'ясовано, що це – новий для регіону тип золоторудної мінералізації, в складі мінеральних асоціацій якого присутні саморідний вісмут і телуровісмутит та саморідне срібло, халькопірит, тощо. Таким чином, вперше для регіону виявлено присутність специфічних золото-телуридних руд з домішками селену.

Незважаючи на вкрай недостатню кількість існуючих аналітичних даних щодо рудно-геохімічних особливостей вуглецево-карбонатної асоціації порід гданцівської світи, все ж узагальнення поодиноких даних минулих років та аналізів по колекційним зразкам керну дозволяє досить чітко розрізняти фоновий та аномальний (субрудний) рівні геохімічних параметрів цих утворень. В багатьох перетинах цього контакту вмісти міді і цинку варіюють відповідно від 0,1 до 3% і від 0,02 до 2%. Типовими є також підвищені концентрації свинцю, молібдену, присутні срібло та торій.

**Золотоносність проявів уранової мінералізації.** Як відомо, асоціація золота з ураном найбільш типова для ранньодокембрійських груботеригенних товщ (тип Вітватерсранду), уранових родовищ пізнього докембрію «типу неузгоджень» (Джабілука та ін. в Австралії тощо) та досить часто фіксується на флангах рудних полів окремих золотору-

дних родовищ (Мурунтау, та ін.). З цих позицій цікаво оцінити золотоносність аналогічних утворень у Криворіжжі.

А) Грубоуламкові теригенні відклади скелеватської світи.

Ураноносність грубоуламкових комплексів скелеватської вивчалась в період широкомасштабних пошукових робіт на уран. В результаті цих досліджень було доведено факт підвищеної ураноносності окремих горизонтів товщі, але зруденіння визнано непромисловим.

Породи представлені кварцовими і польовошпатово-кварцевими метапісковиками, метагравелітами і метаконгломератами з прошарками кварц-біотитових, кварц-серицит-біотитових, серицит-біотитових сланців.

Прояви золото-уранової мінералізації в конгломератах в асоціації з сульфідами і графітом (рудопрояви Ніколо-Козельський, Інгулецький, Рахманівський та ін.) вивчені слабо.

Б) Супутня мінералізація золота в ураново-метасоматичних утвореннях.

Загалом, цей тип золоторудної мінералізації в Криворіжжі практично не вивчався. Разом з тим реальні прояви поодиноких пунктів геохімічних аномалій золота були зафіксовані на флангах мідно-уранового родовища Червоний Шахтар та, в цілому, в субмеридіональних тектонічних зонах типу Карачунівсько-Лозуватської.

Факт існування в межах Криворіжжя проявів специфічних рудно-метасоматичних процесів, з якими пов'язане формування комплексних золотовмісних руд, засвідчує можливу перспективність цього типу зруденіння в регіоні.

В) Золоторудна мінералізація зони «незгідного контакту» саксаганської та гданцівської світи.

Ця зона простежується вздовж майже всієї Криворізької структури і більшістю дослідників розглядається як складне тектоно-формаційне неузгодження багатостадійного формування (М.А. Ярошук, 2001; М.А. Ярошук, О.О. Юшин, 2003). Вважається, що формування цієї зони відбувалось в інтервалі від раннього протерозою до часу формування Тернівського експлозивного комплексу.

За даними фрагментарного опробування гірничих виробок і керну свердловин в межах зони

фіксувались точкові аномалії золота, інколи срібла, урану та кольорових металів. В деяких свердловинах спостерігаються інтервали по 10-15 м із вмістом золота 0,03-0,1 г/т; вміст 0,1-0,3 г/т спостерігається в інтервалах потужністю 3-5 м. На Первомайській ділянці по св. 16912 максимальні вмісти золота (3 г/т) встановлені в інтервалах глибин 254,5-256,7; 279,5-283,4; 384,0-397,2 м в вуглистих сланцях гданцівської світи, проте золотоносними є як породи низів гданцівської, так і амфіболо-магнетитові різновиди порід саксаганської світи.

Ленінський рудопрояв являє мінералізовану зону, виповнення якої представлено уламками кварцитів магнетит-силікатних, зцементованих кварц-карбонат-сульфідним матеріалом з домішками графіту, хлориту, альбіту.

Мінералізована зона простежена на 500 м по простяганню і на 400 м по падінню. При потужності зони 5-12 м. Основний рудний мінерал – пірит, в незначних кількостях відзначено арсенопірит, піротин, халькопірит, сфалерит. Вмісти золота варіюють в межах 0,14-6,4 г/т, в окремих пробах зафіксована присутність платини (до 3,6 г/т).

Інгулецький рудопрояв. В даному випадку зруденіння локалізовано також вздовж «незгідного контакту», на яку накладаються субширотні та субмеридіональні тектонічні зони.

Золоторудна мінералізація фіксується переважно вздовж висячого боку сульфідно-кварцевих метасоматитів по амфібол-магнетитовим та амфібол-гематит-магнетитовим рудам. Сульфіди представлені переважно піритом та незначною кількістю арсенопіриту, інколи – халькопіриту. Вміст золота досягає 12 г/т.

Г) Комплексне мідно-уранове зруденіння червоношахтарського типу Рудопрояв урану Червоний Шахтар розташований в західному облямуванні Криворізької структури Уранове зруденіння розподілено вкрай нерівномірно – в жилах потужністю до 1 м, лінзах багатих уран-сульфідних руд, штокверках, гніздах.

Характерні систематично підвищені концентрації золота, вісмуту, кобальту, молібдену, цинку, срібла, інколи – МПП. В межах Карачуковсько-Лозоватської зони відзначаються точки з вмістами золота 8,4 г/т, срібла до 100 г/т. Типові аномальні концентрації селену, форми знаходження якого ще не

з'ясовані. субмеридіональні зони, якими контролюються позиція відповідних рудопроявів і метасоматитів, простежуються і в південній частині Саксаганської структури/

Виконаний до теперішнього часу аналіз даних дозволив створити принципово нову попередню карту рудоносності Криворізької структури, на якій намічена серія рудних зон з промислово значимим вмістом рудних асоціацій (Au-U-Cu), (Au-Ag-Bi), (Au-Cu-Zn) та ін. (рисунок 2).

Встановлено, що процеси формування криворізьких проявів кольорових і благородних металів супроводжувалися потужною і багатостадійною тектонічною і тектонометасоматичною переробкою первинного речового наповнення структури. Усе це забезпечувало поетапний розвиток різновікових рудно-метасоматичних процесів, на кожному з яких здійснювався вступ глибинних флюїдів різного складу і з різним рудно-геохімічним навантаженням. Складна багатостадійна взаємодія різноспрямованих тектонічних порушень неминуче супроводжувалася формуванням рудних стовпів у вузлах їх перетину, що підтверджується відповідними спостереженнями на Желтянському і Східно-Ганнівському родовищах.

Слід особливо підкреслити, що зони локалізації зруденіння у багатьох випадках трасуються поблизу від шахтних полів, що дозволить проводити розвідку і відрібок рудних покладів з використанням існуючих шахт і підземних гірських вироблень.

Роботи по складанню комплексу геолого-прогнозних карт і оцінки ресурсного потенціалу зруденіння благородних і кольорових металів Криворізької структури доцільно проводити в два етапи.

На першому етапі необхідно виконати наступні роботи:

1) Завершення збору і детального аналізу фондових геологічних і геохімічних матеріалів минулих років, їх узагальнення.

2) На основі отриманих результатів – складання сучасного варіанту структурно-тектонічної карти Криворіжжя масштабів 1 : 50000 (як основи для геологічної карти і карти рудних корисних копалини) з винесенням на неї проекцій підземних гірничих виробок.

3) Складання остаточного варіанту сучасної геологічної карти Криворізької структури.



4) Складання остаточного варіанту карти корисних копалини Криворізької структури. Геолого-генетична типізація проявів кольорових і благородних металів, виділення на карті корисних копалини конкретних рудних

полів і зон, найбільш перспективних для постановки надалі геологорозвідувальних робіт.

На другому етапі можливе проведення завірочних бурових робіт для підтвердження присутності руд, проведення їх спеціального випробування і точнішої оцінки ресурсів.

### Висновки

1. Геологічна будова Криворізького залізорудного басейну виявляється значно складнішою, ніж це приймалося раніше.

Багаторічні спроби тотальної стратифікації всього розрізу Криворізької структури зумовили появу серії стратиграфічних колонок і кореляційних схем, які далеко не завжди співставляються з реальними розрізами різних частин структури.

В межах Криворізької структури присутні всі ознаки багаторазових проявів процесів тектоно-магматичної і ендегенної тектоно-метасоматичної активізації. Кожний етап активізації супроводжувався проявами інтенсивної структурно-тектонічної перебудови з формуванням складного різноорієнтованого регіонального і локального тектонічного меланжу і відповідним мінералоутворенням в локальних структурах.

2. В реальних розрізах Криворізької структури значний об'єм займають специфічні нестратифіковані, безсумнівно – новоутворені, породи: тектоніти, псевдоконгломерати і метасоматити різного складу, які є продуктами процесів активізації і трасують зони тектоно-метасоматичної активізації.

3. Узагальнення результатів виконаних досліджень, які проводились по двом основним напрямкам – складання сучасного варіанту геологічної карти Криворізької структури і карти корисних копалин з елементами прогнозу на нетрадиційні для Криворіжжя види сировини (кольорові, рідкісні, благородні метали тощо) – виявляє тісний зв'язок складу і умов локалізації проявів різнотипного зруденіння з особливостями речовинного виповнення і багатоетапною тектонічною еволюцією структури, розвитком тектоно-магматичних і рудно-метасоматичних процесів.

4. Серед значної кількості різномасштабних проявів мідної, мідно-цинкової, мідно-молібденової, золоторудної, уранової мінералізації в межах Криворізької структури виділяється кілька основних рудно-геохімічних асоціацій: Cu-Mo-[Ag, Bi, Au,

Te]; Cu-U-Ag-[Bi, Au, Pt, Se]; Cu-Au [As, Zn, Bi]; Au-As [Ag, Cu]. На даному рівні вивченості можливо достатньо впевнено виділити відповідні найбільш вивчені основні типи зруденіння:

- золото-урановий в конгломератах скелетарської світи;
- золото-сульфідно-кварцевий (тип зруденіння «незгідного контакту K<sub>2</sub>-K<sub>3</sub>»);
- мідно-молібденпорфіровий із сріблом, вісмутом, цинком, золотом, телуrom (Східно-Ганнівський тип);
- мідно-урановий з вісмутом, сріблом, золотом, МПГ, селеном (червоношахтарський тип).

За речовинним складом і масштабами процесів рудоутворення більшість вищевказаних рудопроявів відповідають параметрам комплексних родовищ, значення яких у світовій МСБ з кожним роком зростає.

5. Отримані результати комплексного вивчення метасоматичних утворень Криворізької структури засвідчують, що історія формування рудно-метасоматичних зон порід набагато складніша від уявлень минулих років.

Встановлено, що на ранні метасоматити лужного ряду (з проявами зруденіння урану, ванадію, циркону, апатиту тощо), накладаються, часто займаючи січне до них положення, метасоматичні і гідротермальнометасоматичні утворення, з якими асоціюють прояви кольорових, благородних та рідкісних металів.

Узагальнення всього масиву зібраних геолого-аналітичних даних дозволяє зробити висновок про полігенність і поліхронність рудно-метасоматичних процесів, які забезпечували формування рудних покладів. Особливе значення має приуроченість більшості пунктів мінералізації до зон розвитку специфічних графітових і карбонатних метасоматитів серед вуглецево-карбонатно-сланцевих товщ гданцівської світи.

6. Прояви метасоматичних змін порід в структурі криворізького басейну співпада-

ють з різновіковими зонами тектоно-метасоматичної активізації, базовим речовинним виповненням яких є тектоніти, які формувались по площинам зсувів/скидів/підкидів вздовж різнонаправлених та різновікових тектонічних зон, зумовлюючи утворення складної структури лінійного мегамеланжу. Такі зони слугували, вірогідно, головними флюїдопідводними каналами: переважна більшість проявів мінералізації кожного типу також простежується вздовж таких зон, простежуючись на відстанях від 5-8 до більше 60 км. Значна протяжність зон систематичного проявлення однотипної рудної мінералізації свідчить про можливість виявлення в їх межах відповідних промислово-значущих рудних покладів – в локальних ділянках їх перетину з опірюючими або січними тектонічними порушеннями з формуванням рудних стовпів.

7. Розуміння реальної геологічної будови Криворізької структури та її рудного потенціалу можливе тільки на основі розшифровки дійсної послідовності формування і еволюції у часі всіх локальних структур Криворіжжя та з'ясування їх взаємопов'язаності відповідними речовинними комплексами, що дозволить їх корелювати в рамках усього басейну.

Обґрунтована оцінка можливого промислового потенціалу всіх перспективних зон альтернативного зруденіння у Криворіжжі можлива тільки в рамках цільових геолого-прогнозних робіт, обов'язково – з використанням результатів детальних геолого-мінералогічних та аналітичних досліджень (визначення концентрацій урану, селену, телуру, стибію, МПГ, ізотопних параметрів свинцю і вуглецю руд та навколорудних метасоматитів).

*Стаття надійшла до редколегії 16.05.2013 р. українською мовою  
Стаття рекомендована членом редколегії канд. техн. наук П.І. Копачем*

**А.А. ЮШИН**

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины,  
г. Киев, Украина*

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КРИВОРОЖЬЯ**

Рассмотрены перспективы развития минерально-сырьевой базы Кривбасса за счет использования нетрадиционных типов его загрязнения, из которых на данный период наиболее изучены золото-урановый, золото-сульфидно-кварцевый, медно-молибден-порфировый с серебром, висмутом, цинком. Месторождения Кривбасса являются комплексными и нуждаются дальнейшего детального изучения по данному типу.

**Ключевые слова:** железные руды, типы оруденения, структура, синклинали, надвиг, горизонт, рудоносность, минерализация, концентрация, локализация, строение.

**A.A. YUSHIN**

*IGRM the name of N.P. Semenenko of National Academy Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

#### **PROSPECTS OF DEVELOPMENT ALTERNATIVE MINERAL-MATERIAL BASE OF KRYVORIZHZHYA**

The prospects of development of raw mineral-material base of Krivbass are considered due to the use of unconventional types his contaminations, from that on this period gold-uranium is most studied, gold-sulfide-quartz, copper-molybdenum - a porphyry with silver, Bi, zinc. Deposits of Krivbass are complex and need the further detailed study on this type.

**Keywords:** iron-stones, structure, synclines, thrust, horizon, ore-bearingness, mineralization, concentration, localization, structure