

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. І. Франко

На правах рукопису

УДК 553.311:552.163(477.71)

СОЛОПОВА ОЛЕНА МИХАЙЛІВНА

РЕЧОВИННИЙ СКЛАД, БУДОВА ТА УМОВИ УТВОРЕННЯ ЗАЛІЗИСТИХ  
КВАРЦИТІВ І ВМІЩУЮЧИХ ПОРІД ВАСИНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Спеціальність 04.00.11 – Геологія, пошуки та розвідка  
рудних і нерудних родовищ; металогенія

АВТОРЕФЕРАТ  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата геологічних наук

Львів - 1996

ДВ 34.076

Робота виконана на кафедрі геології та розвідки родовищ корисних копалин Криворізького технічного університету

Науковий керівник -  
кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент А.І.Каталенець

Офіційні опоненти -  
доктор геолого-мінералогічних наук, професор О.Б.Бобров  
(Львівський державний університет ім.І.Франко)  
кандидат геолого-мінералогічних наук, завідувачий  
лабораторією фізичних методів аналізу М.В.Педан  
(Інститут Механобрчормет, м.Кривий Ріг)

Ведуча організація -  
Науково-дослідний гірничорудний інститут (НДГРІ)  
м.Кривий Ріг

Захист відбудеться "28" травня 1996 р. о 15<sup>00</sup> год. на  
засіданні Спеціалізованої Ради Д 04.04.07 при Львівському  
державному університеті ім.І.Франко.

Адреса: 290005, м.Львів-5, вул.Грушевського 4, геологічний  
факультет, аудиторія 319.

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці  
Львівського державного університету

Автореферат розіслано "27" квітня 1996р.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00760232 (К)

Вчений секретар  
Спеціалізованої Ради  
кандидат геолого-мінералогічних наук

*Сливко* Є.М.Сливко

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Залізисті кварцити і багаті руди, пов'язані з докембрійським метаморфічним комплексом, є основним джерелом заліза для металургійної промисловості України. Вони належать до різних стратиграфічних рівнів докембрію. Їхніми загальними особливостями є пластова форма рудних тіл, подібний речовинний склад, смугастий вигляд тощо. При цьому, в кожному районі є певні особливості будови рудних полів, їхнього положення в загальній структурі регіону, складу вміщуючих порід, інтенсивності процесів метаморфізму – ультраметаморфізму, що робить родовища залізистих кварцитів дуже різноманітними. До числа таких районів належить і Оріхово-Павлоградська структурно-формаційна зона (ОПЗ). В центральній її частині розташоване досить добре вивчене (детальна розвідка) Васинівське родовище, на матеріалах якого можуть бути зроблені певні висновки по суперечним питанням геологічної будови (структура, речовинний склад, стратиграфія, структурно-формаційна асоціація) родовища і, в деякій мірі, ОПЗ. Здобуті нами дані дозволяють розглянути особливості будови родовища, співставити його з іншими аналогічними структурами і, в значній мірі, уточнити перспективи залізорудної сировини в ОПЗ. Задача актуальна для проведення геолого-розвідувальних робіт в регіоні.

МЕТОЮ РОБОТИ є вивчення геологічної будови та речовинного складу порід і руд Васинівського залізорудного родовища на основі аналізу просторово-вікової еволюції геолого-структурних і речовинних елементів залізорудно-гнейсового комплексу.

В роботі вирішувались наступні основні завдання: 1) з'ясування положення родовища в загальній структурі Васинівсько-Терсянського рудного поля та ОПЗ; 2) структурне вивчення ділянок як основи геологічної інтерпретації будови родовища; 3) детальне вивчення мінеральних різновидностей порід і руд; 4) складання мінералого-генетичної класифікації типів залізистих кварцитів; 5) з'ясування історії розвитку структурних елементів та речовинного складу порід і руд, а також еволюції рудної речовини в умовах тривалого періоду метаморфізму – ультраметаморфізму.

#### ФАКТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

В дисертаційній роботі використано фактичний матеріал, який було зібрано за період 1990–1992 рр. З метою вивчення різновидностей руд і порід було відібрано 112 штучних проб з 12 свердловин, вивчено 39243 погонних метрів керну та опис 148 свердловин, проаналізовано 668 прозорих та 130 полірованих шліфа, виготовлено 293 монофракції мінералів, виконано 54 та оброблено 930 повних

хімічних, 1014 фазових на залізо, 1058 хімічних на германій та 1528 спектральних аналізів, в тому числі і виконані геологами Приазовської та Білозерської ГРЕ при проведенні пошукових та розв'ідувальних робіт на родовищі.

Об'єктом досліджень були залізисті кварцити та вм'іщувчі їх породи Васинівського родовища. Зразки відбирались на kernосховищі Приазовської ГРЕ (м.Волноваха) з усіх свердловин по всім текстурно-мінералогічним різновидностям. Використовувались літературні та фондові матеріали.

В роботі були застосовані наступні методи досліджень: мінерало-петрографічний; визначення твердості магнетита методом мікродавлювання; визначення термо-ЕДС; електронномікроскопічний; хімічного травлення с HClконц+Sn та інші. Хімічні, фазові та спектральні аналізи виконано за стандартними методиками (лабораторії Білозерської, Приазовської та Криворізької ГРЕ і ІГМР НАН України).

#### ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ, ЯКІ ЗАХИЩАЮТЬСЯ

1. Васинівське родовище пов'язане з метаморфічною товщею центральної частини Оріхово-Павлоградської зони, для якої характерна моноклінальна будова.

2. В будові Васинівського родовища бере участь вулканогенно-осадочна товща, яка відноситься до ультрабазит-базит-теригенно-залізисто-кременистої структурно-формаційної асоціації.

3. Етапність та стадійність процесів метаморфізму, гранітизації і діафорезу, а також їхні фізико-хімічні параметри визначають поведінку елементів змінної валентності при еволюції рудної речовини, в тому числі елементів-домішок (германію), в залізистих кварцитах.

НОВИЗНА ТА НАУКОВА ЗНАЧУЩІСТЬ роботи полягає в тому, що встановлена: 1) структура Васинівського родовища та її трансформація на протязі тектоно-метаморфічного періоду розвитку ОПЗ; 2) будова метаморфічної товщі родовища та склад рудовм'іщувчої структурно-формаційної асоціації; 3) нові типи і різновиди залізистих кварцитів; 4) нові мінерали, склад та особливості магнетитів родовища; 5) поведінка і розподіл германію в залізистих кварцитах та мінералах, а також її зв'язок з умовами метаморфізму - ультраметаморфізму - діафорезу.

ОБ'ЄМ РОБОТИ. Дисертаційна робота складається зі вступу, літературного огляду, 3 розділів і висновків, викладених на 130 сторінках машинописного тексту з 49 малюнками і 27 таблицями. Пе-

релік літератури вміщує 138 найменувань.

**АПРОБАЦІЯ РОБОТИ.** По темі дисертації опубліковано 3 роботи. Результати роботи доповідались на міжкафедральнім семінарі "Прогноз" (1989-1990рр.), на щорічних науково-технічних конференціях Криворізького технічного університету (1990-1995рр.), на науковій конференції "Проблеми геологічної науки та освіти в Україні" (м. Львів, 1995), на Регіональній науковій конференції "Сучасні проблеми геології та мінералогії залізисто-кременистих формацій і їх обрамлення" (м.Кривий Ріг, 1996).

**ПОДЯКИ.** В процесі роботи велику допомогу та консультації надавали співробітники кафедри геології та розвідки РКК і кафедри мінералогії, кристалографії і РКК КТУ професори М.І.Черновський, Б.І.Пірогов, В.Д.Євтєхов, В.Н.Троценко; доценти Е.В.Дмитрієв, І.С.Паранько, І.В.Холошин; асистенти О.К.Валєєв, А.Г.Волков.

Допомогу надавали геологи Приазовської ГРЕ В.І.Кривоніс та В.П.Кривоніс. Технічне сприяння і консультації - співробітники ІГМР НАН України с.н.с., доктор хімічних наук А.І.Самчук; НДГРІ України (м.Кривий Ріг) завідувач лабораторією, кандидат геологічних наук О.В.Плотніков.

Всім їм автор висловлює свою щирю подяку. Глибоку вдячність автор висловлює науковому керівнику - кандидату геолого-мінералогічних наук, доценту кафедри геології та розвідки РКК А.І.Каталенцю за постійну допомогу, консультації і обговорення результатів роботи, а також Г.А.Піроговій - за оформлення рукопису.

## Розділ 2. ОГЛЯД РАНІШЕ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчення геології Васинівського родовища нерозривно пов'язано з дослідженнями західної частини Приазовського блока.

Ці роботи виконувались виробничими і науковими геологічними організаціями за участю Ленінградського інституту прикладної геофізики в 1927-1928 рр., А.Г.Линькова, Б.В.Мартиненка (1932), Г.В. Жукова (1956-1978), А.А.Настенка (1960), В.А.Грабцева, Б.Н.Максіна (1954-1962), Л.Р.Казакова (1961), Ю.Д.Шковири (1962), Г.І.Каляєва (1965), Н.Г.Коваленка, Л.Я.Ходюш (1973, 1975), В.Ф.Кіктенка (1976), М.М.Ільвицького, С.І.Переверзева (1983), Н.П.Щербака (1989), Б.З. Берзеніна (1991), В.П.Кирилюка з співавторами (1991). Ці дослідження стали фундаментом для подальших робіт - деталізації геологічної будови родовищ залізистих кварцитів ОПЗ.

### Розділ 3. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ВАСИНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Результати аналізу фактичного і літературного матеріалу з геологічної будови регіону дозволяють відзначити такі моменти.

Оріхово-Павлоградська зона (ОПЗ) в структурному відношенні є краєвим прогином геосинкліналі Великого Кривого Рогу (Каляєв, 1965), грабен-синклінорієм (Залізисто-кременисті..., 1978), шовною зоною (Галецький, 1991), обмеженим глибинними розломами субмеридіонального напрямку Оріхово-Павлоградським та Західно-Приазовським зі сходу та заходу відповідно (Сологуб, Трипільська, 1969). Північна межа зони визначається Дніпрово-Донецькою, а південна - Причорноморською западинами.

З'явлення про будову Васинівсько-Терсянського рудного поля і його родовищ неоднозначні. Одні дослідники (Кіктенко, 1976, Жуков, 1978) вважають, що їхня позиція визначена західним крилом синкліналі без центриклінальних замикань в зв'язку з розвитком поперечних розривів на півночі та півдні. Інші - вважають рудоконтролюючою структурою монокліналь (Ходив, 1975, Каталенець, 1993).

Результати співставлення геологічних розрізів, речовинного складу порід, елементів залягання, текстур та інших ознак рудних тіл, що виконані нами, свідчать таке.

Васинівське та інші родовища цього рудного поля пов'язані з тектонічним блоком з моноклінальним заляганням порід, який обмежований Терсянською (на півночі) та Веселянською (на півдні) поперечними зонами розломів. Крім того, блок ускладнено субмеридіональним Поздовжнім розломом північно-західного простягання. Васинівське родовище пов'язане з півднною частиною блоку, де пересікаються розломи різного орієнтування (Дніпрово-Дзержинський, Веселянський, Поздовжній, Оріхово-Павлоградський). Для нього характерне моноклінальне залягання метаморфічних порід зі змінними елементами простягання ( $350^{\circ}-17^{\circ}$ ) і елементами падіння ( $45^{\circ}-87^{\circ}$  на схід). Така орієнтація монокліналі характерна не лише для Васинівсько-Терсянського рудного поля, а і для ОПЗ загалом.

В свою чергу моноклінальна структура Васинівського родовища поділена розривними порушеннями на декілька великих тектонічних блоків (Східний, Проміжний, Західний). Ці блоки мають різні орієнтацію, площину розвитку і будову, значно зміщені в горизонтальній площині та поділені полями інтенсивно мігматизованих порід.

Будова Східного блока визначена розвитком поздовжнього (аз.пр.  $355-360^{\circ}$ ) тектонічного порушення підкидного типу, який було заліковано аплітовидними гранітами. Це порушення обумовлює значну різ-

ниця в потужності метаморфічної товщі на півдні та півночі. Так, в південній частині потужність товщі складає 30-40 м, а в північній - 500-800 м. При цьому, в першому випадку проявляється лише один горизонт залізистих кварцитів в парагенезисі з ультраосновними та основними кристалосланцями. В другому - в розрізі товщі присутні три залізородні горизонти з різними для них, як буде видно нижче, і породними парагенезисами.

В Західному блоці будова метаморфічної товщі аналогічна північній частині Східного блоку. Для нього характерні: розвиток ускладнень, які виражені лише в плані (сигмоїдні складки), зони розлізання, нагнітання матеріалу та інтенсивної мігматизації пластів залізистих кварцитів.

Проміжний блок - це "останець" метаморфічної товщі серед великого поля мігматитів і обмежений розломами субширотного та північно-західного напрямку.

Тектонічні порушення мають декілька систем: 1) субширотного напрямку, з якими пов'язана трансформація монокліналі на невеликі тектонічні блоки і які заліковані аплітовидними гранітами; 2) північно-західного напрямку ( $300^{\circ}$ - $320^{\circ}$ ), яка фіксується зонами катаклазу та продуктами низькотемпературних діафоричних перетворень, вертикальними переміщеннями до 100 м і пов'язана з розвитком Дніпрово-Дзержинської зони розломів; 3) північно-східного напрямку, розвиток якої призводив до фрагментування залізородних тіл.

Крім описаних структур, виділяються ще менші елементи. До них ми відносимо флексурні вигини, зони мікроскладчастості, тріщинуватості, розлізання, нагнітання.

Таким чином, для родовища характерна моноклінальна будова. Морфологічні особливості пластів визначаються не лише первинним накопиченням залізисто-кременистих утворень, а й характером деформації (розлізання, складчастість, розрив суцільності пластів) та ультраметаморфічних перетворень порід товщі. В цілому, структуру родовища можна віднести до пластово-складчастого типу, ускладненому в процесі метаморфізму-ультраметаморфізму-діафорезу.

#### Розділ 4. БУДОВА ТА РЕЧОВИННИЙ СКЛАД МЕТАМОРФІЧНОЇ ТОВЩІ ВАСИНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Наведена в роботі характеристика будови метаморфічної товщі на основі документації керну свердловин, співставлення геологічних озрізів по родовищу, мінеральних типів вм'яючих порід, їхніх зохімічних ознак дозволяє відзначити такі деталі.

Нижню частину геологічного розрізу (згідно з існуючим заляганням структури родовища) складають біотитові, гранат-біотитові гнейси потужністю 100-250 м, силіманіт-біотитові, біотит-силіманітові гнейси, іноді з графітом, гранатом, сульфідами (потужність 100-200 м). Завершенням цього розрізу є білі безрудні кварцити. Вище в розрізі виражені залізисті кварцити з малопотужними проверстками гнейсів та гранітів (до 1-10 м). Над ними спостерігається слідуюча зміна порід: силіманіт-гранат-біотитові гнейси (до 60 м) -- безрудні кварцити -- чергування силіманіт-гранат-біотитових гнейсів з залізистими кварцитами та залізо-силікатними сланцями. Розглянутий набір порід нами виділено в першу пачку, що має загальну потужність 900-920 м. Для неї характерна ритмічна будова, наявність глиноземистих і, обмежено, високоглиноземистих гнейсів, витриманою будовою рудних горизонтів (потужність, продуктивність-коефіцієнт рудоносності 0.7-0.8, протяжність).

Другим компонентом розрізу метаморфічної товщі є пачка порід потужністю до 140-150 м. Представлена вона переверстуванням амфіболітів (актинолітитів), основних кристалосланців (5-7 м), кальцифірів та мармурів (до 20 м). В верхній частині пачки присутні гранат-біотитові гнейси (10-20 м), часто з силіманітом, залізисті кварцити, а в завершенні - двослідяні та біотитові гнейси (до 60 м). Залізорудний горизонт відрізняється від попереднього менш витриманою будовою і продуктивністю (коефіцієнт рудоносності 0.5).

Третя пачка порід складена малопотужними проверстками залізистих кварцитів (3-5 м), ультраосновних порід (5-10 м), амфіболітів (1-3 м), біотитових та гранат-біотитових гнейсів. Загальна потужність пачки 185-250 м.

Рудний горизонт цієї пачки характеризується нестійкими морфометричними показниками та продуктивністю (коефіцієнт рудоносності 0.1-0.5).

Четверта пачка товщі (вивчена за даними картувальних робіт) має видиму потужність 2000 м. В основі пачки поширені біотитові гранат-біотитові гнейси, іноді з графітом, силіманітом. Ці породи вище змінюються чергуванням безрудних кварцитів (40-120 м), амфіболітів (до 25 м), залізистих кварцитів (15-50 м), біотит-амфіболових і амфіболових гнейсів (50-120 м), біотитових, гранат-біотитових гнейсів (30-350 м), іноді силіманіт-біотитових гнейсів (до 50 м). Пачка інтенсивно гранітизована.

Виходячи з наведеної характеристики, в розрізі метаморфічної товщі родовища виділяються чотири пачки порід, що різняться як

набором порід, так і продуктивність стосовно залізозруденіння. Розріз є типовим для раніше виділених блоків.

Центроклінальне чи шарнірне замикання товщі не спостерігається, що підкреслює моноклінальну будову родовища. Однак, в зв'язку з трансформацією структури при метаморфізмі-ультраметаморфізмі, спостерігається різниця в повноті геологічного розрізу в різних блоках. В Східному блоці (ділянці), в зв'язку з розвитком підкидного розривного порушення поздовжнього напрямку, повний розріз метаморфічної товщі спостерігається в північній його частині, а в південній – на рівень ерозійного зрізу виходять лише верхні пачки. (Тут і далі, в зв'язку з малю вивченістю четвертої пачки, її поведінка не обговорюється). Аналогічна картина характерна і для Проміжного блоку (ділянки). Тут більш повно виражені друга і третя пачки. В Західному блоці (ділянці) присутні всі три пачки, при меншій їхній потужності порівнянно зі Східною ділянкою.

Серед мінеральних типів вміщувачих порід Васинівського родовища виділяються, в залежності від ступеня накладених змін (за постседиментаційного періоду), наступні групи: регіонального метаморфізму, ультраметаморфізму (метаморфічні породи), гранітизації (ультраметаморфічні породи), низькотемпературного постгранітного діафторезу (діафторіти і діафторовані породи).

Метаморфічні породи збереглися у вигляді реліктових ділянок і представлені різними за складом плагіогнейсами (з піроксеном, роговою обманкою, титанієм біотитом). Піроксенвміщувачі кристалосланці основного та ультраосновного складу, кальцифіри, мармури складають підпорядковану групу порід. Найобмеженіші за поширенням – піроксен-магнетитові кварцити, залізо-силікатні сланці (евлізити).

Замітимо, що свіжих, незаторкнутих гранітизацією метаморфічних порід, практично, не відмічено. Майже у всіх зразках (шліфах) обов'язково присутні мікроклін, вторинні кварц, сульфід, карбонати, мусковіт, в ультраосновних породах, кальцифірах – флогопіт, серпентин, тремоліт (актиноліт), тальк.

В гранітизованих породах (зон ультраметаморфізму) виділяються наступні генетичні ряди: 1) мігматитів – гнейсо-гранітів; 2) жильних гранітів; 3) метасоматитів, утворених при процесах кислотного вилугування і сполученої базифікації. В глиноземистих породах збільшується вміст силіманіту, кордиериту, мікрокліну, мусковіту.

Діафторіти та діафторовані породи (зон низькотемпературного ді-

афторезу) можна поділити на два типи: 1) породи, що зазнали накладеної мінералізації без суттєвого катаклазу (діафторовані гнейси, граніти тощо); 2 - породи, що зазнали катаклазу (мілонітизація) з широким розвитком вторинних мінералів. Обидва типи на родовищі не отримали значного поширення, що ми пов'язуємо з глибинністю та температурою гранітоутворення. До найбільш ранніх змін слід відносити хлорит-альбітові з кварцем і мікрокліном та кварц-турмалінові породи, до пізніших - хлорит-епідот-кварцеві метасоматити.

В розподілі мікроелементів в породах виділених пачок спостерігаються наступні особливості. Гнейси першої пачки характеризуються двома групами елементів: 1) пов'язані з первинним накопиченням матеріалу (титан, ванадій, хром, нікель, кобальт, германій, барій); 2) пов'язані з ультраметаморфізмом і діафторезом (свинець, олово, мідь, цинк, молібден, галій). Гістограми елементів першої групи бімодальні, що зумовлено перерозподілом в процесі ультраметаморфізму і діафторезу, другої - одномодальні. Гранітизовані гнейси другої і третьої пачок мають різко знижений рівень середнього вмісту елементів першої групи, збільшений коефіцієнт варіації. Характер розподілу ванадію, хрому, титану бімодальний і подібний до такого ж першої пачки. Дещо відрізняються по вигляду гістограми нікелю та кобальту. В другій пачці вони ще зберігають бімодальний вигляд, але в верхній - вигляд графіку симетричний (одномодальний). Для кристалічних сланців середній вміст елементів-домішок і коефіцієнтів варіації вибірок дещо вищі, ніж в гнейсах. Однак, гістограми розподілу елементів мають такий же вигляд, що і гістограми тих же елементів в змінених гнейсах.

Додамо, що в метаморфічних породах практично всі мікроелементи характеризуються логнормальним розподілом. По мірі змінення порід за умов ультраметаморфізму і діафторезу, гістограми набувають полімодального вигляду, де один з піків відповідає первинним концентраціям, а другий - концентраціям в змінених породах. При появі крайніх членів ряду змінених порід (мігматити, граніто-гнейси) гістограми мікроелементів стають знову одномодальними і асиметричними, що свідчить про привнос-винесення елементів.

Не суперечать сказаному і результати факторного аналізу. В гнейсах визначальними є три фактори, що пояснюють до 72 % дисперсії перемінних. В першому з них високі позитивні навантаження несуть хром, титан, барій, негативні - ванадій і кобальт. В другому факторі високі позитивні навантаження несуть фосфор, цинк, германій, галій, олово, молібден, негативні - вісмут, свинець, то-

рій, літій (гранітофільні елементи). Загальною для обох факторів є група марганцю-ванадію, які мають високі позитивні навантаження. Третій фактор діаметрально розводить уран і торій, з якими пов'язані кобальт та нікель, а також пов'язує поведінку марганцю і ванадію з елементами гранітофільної групи.

Аналіз діаграм факторних значень показує, що серед гнейсів виділяються чотири групи: 1) графіт-біотит-силіманітові гнейси з максимальним вмістом фосфору та свинцю і мінімальним - титану, нікелю, олова; 2) силіманіт-біотитові гнейси з високим вмістом титану, галію, цинку, телуру і низьким - хрому, германію, кобальту, барію, ніобію, молібдену, міді та марганцю; 3) гранат-силіманіт-біотитові гнейси, що мають збільшений вміст нікелю, германію, барію, молібдену, церію та низьке - фосфору, свинцю, цинку; 4) силіманіт-біотитові гнейси з найбільшим вмістом хрому та марганцю. Наведений матеріал з точки зору геологічної інтерпретації свідчить, що до першої групи належать найменш змінені гнейси, які зберігають первинні (осадочні) ознаки; до другої та четвертої - породи з домішками основного та ультраосновного матеріалу; в третю - об'єднані змінені різновиди всіх типів гнейсів з високим вмістом гранітофільних елементів).

Результати реконструкції первинного складу порід (за методиками О.О.Предовського, 1970, О.О.Шаракушева, 1984, Ш.П.Семененка, 1979) дозволяють виділити в геологічному розрізі родовища наступні типи порід: 1) кластогенні утворення типу глинистих та маюглинистих мелановак (гранат-біотитові, біотитові гнейси); 2) типу граувак, субграувак, аркозів, кислих туфітів (безрудні кварцити); 3) хемогенні силіцити (алюмокварцити); 4) - туфіти з основним та ультраосновним матеріалом або мелановаки (залізисті кварцити); 5) ультраосновні та основні вулканіти (двопіроксенові, піроксен-плагіоклазові кристалосланці та продукти їх вивітрювання - роговообманкові, біотит-роговообманково-плагіоклазові амфіболіти). Породи гранітоїдного ряду характеризуються широкими змінами складу від аплітовидних гранітів до гранодіоритів та кварцевих діоритів.

Узагальнюючи отриманий матеріал з будови розрізу родовища, відмітимо: 1) нижня його частина представлена осадочними породами з незначною домішкою вулканогенного матеріалу; 2) верхній половині розрізу властиві вулканіти основного та ультраосновного складу. В зв'язку з цим, виділені пачки порід можна віднести до наступних типів (знизу): теригенно-залізисто-кремениста; карбонатно-теригенно-вулканогенно-залізисто-кремениста; теригенно-ультрабазит-базит-

залізисто-кремениста; кварцито-базит-теригенно-залізисто-кремениста. Зважаючи на будову товщі в цілому, її можна віднести до ультрабазит-базит-теригенно-залізисто-кременистої структурно-формаційної асоціації. Ця асоціація є складовою частиною плутоно-метаморфічної чарнокіт-гранулітової мігматит-лейкогранулітової формації ОПЗ (за В.П.Кириллюком, 1991).

#### Розділ 5. РЕЧОВИННИЙ СКЛАД ТА УМОВИ УТВОРЕННЯ ЗАЛІЗИСТИХ КВАРЦИТІВ ВАСИНІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Речовинний склад залізистих кварцитів Васинівського родовища розглядається в нерозривному зв'язку з накладеними змінами його структури і вміщуваних порід. Встановлено, що прояв гранітизації на родовищі призвів до суттєвих змін геологічних особливостей залізистих кварцитів. Виділяються такі основні типи руд: 1) регіонально-метаморфізовані; 2) гранітизовані (зон лужно-вапняного метасоматозу); 3) регресивно-метаморфізовані (перекристалізовані); 4) діафторовані (зон постгранітного діафторезу).

Регіонально-метаморфізовані (метаморфічні) залізисті кварцити відмічено в другій та третій пачках геологічного розрізу і, очевидно, вони мали повсюдне поширення. Поміж них поширені такі різновидності: силікат-магнетитові, магнетит-силікатні та силікатні (з магнетитом і без нього) або залізо-силікатні сланці.

Силікат-магнетитові кварцити представлені гіперстен-, клінопіроксен- та гранат-піроксен-магнетитовими відмінами.

Описувані руди вміщують залізо-магнезійних силікатів (гіперстен, саліт) в кількості до 10%. Характеризуються крупнозернистою будовою, наявністю силікат-магнетитових і безрудних (кварц + силікати) прошарків. До описуваних відмін з певною умовністю слід віднести і силікат-магнетитові кварцити з наявністю кумінгтоніту. Цей мінерал представлений залізистим різновидом. Сумнів в метаморфічному характері кумінгтоніту викликає його пов'заність з породами, які втратили смугастий вигляд (перем'ятим, брекчируваним) і вміщують вторинні мінерали (біотит, рогову обманку).

Серед магнетит-силікатних кварцитів виділяються різновидності: магнетит-піроксенові та магнетит-гранат-піроксенові. Для них характерні середньо- та широкосмугасті текстури, магнетит-силікатні та, переважно, кварцеві прошарки.

Залізо-силікатні сланці (евлізити) вміщують до 100% крупно- та гігантозернистих високозалізистих силікатів (альмандин, евліт, фаяліт), мають масивний вигляд. Силікати вміщують пойкилітові вrost-

ки магнетиту і кварцу.

У відокремлену групу треба виділити магнетит-піроксенові та піроксенові породи з грюнеритом, що утворюють поступові переходи до нормальних залізистих кварцитів і залізо-силікатних сланців.

Гранітизовані залізисті кварцити поділяються на значно більшу кількість відмін. Ця обставина обставина неоднорідності процесів гранітизації первинно різнорідних руд. Переважають два основних підтипа залізистих кварцитів, які піддавались впливу ультраметаморфізму: 1) гібридні - перехідні від залізистих кварцитів до гранітів; 2) руди, які зазнали часткової гранітизації без суттєвих метасоматичних змінень. Обидва підтипи мають всі переходи поміж собою та метаморфізованими залізистими кварцитами.

Для першого підтипу (в порядку частоти трапляємості) характерні роговообманково-магнетитові та біотит-роговообманково-магнетитові кварцити (перша та друга пачки розрізу). В середній пачці зазначені різновидності вміщують релікти метаморфічних силікатів. Рогова обманка псевдоморфно заміщує піроксени і кумінгтоніт. Останній, в свою чергу, вміщує релікти піроксену.

Серед магнетит-силікатних кварцитів переважають магнетит-гранат-амфіболові, магнетит-гранат-біотит-амфіболові та інші.

Кварцито-сланці та сланці розміщуються по периферії та всередині залізородних тіл і представлені магнетит-роговообманковими, магнетит-гранатовими, магнетит-гранат-роговообманковими, магнетит-гранат-біотитовими вмінами. Для цих порід характерна висока залізистість силікатів.

До другого підтипу віднесено різні руди з кумінгтонітом (або грюнеритом). З розвитком кумінгтоніту залізисті кварцити і залізо-силікатні сланці збагачуються магнетитом. З розвитком грюнериту кількість магнетиту зменшується. Сума силікатів досягає 80-82%. В асоціації з грюнеритом розвинутий альмандин.

Регресивно-метаморфізовані (перекристалізовані) руди складають більшу частину залізистих кварцитів родовища. Мінеральний склад цих руд відрізняється від метаморфічних широким розвитком актиноліту, наявністю тонко- та середньосмугастих текстур, а також поширеною мартитизацією магнетиту і утворенням гематиту.

До руд зон післягранітного діафорезу відносяться діафоровані залізисті кварцити вище виділених типів руд. Їх поєднує подібність мінеральних асоціацій, що утворилися в процесі низькотемпературних перетворень.

Вміст породоутворюючих мінералів наводить на думку, що діафо-

рез не призводив до суттєвих змін складу залізистих кварцитів в одних випадках, а в інших - супроводжувався значними перетвореннями. В першому випадку вторинний мінерал хлорит розвивається, переважно, по залізо-магнезіальним силікатам. Такі зміни контролюються тектонічними зонами (катаклаз, брекчірування). Карбонат-магнетитові руди відносяться до другого типу.

Тривалий розвиток родовища та різні умови процесів перетворення, що сталися тут, обумовили велику строкатість складу та генерацій мінералів.

Рудні мінерали представлені магнетитом, мартитом, гематитом, сульфідами.

Для магнетиту характерні п'ять генерацій. Магнетит-1 утворює рудні та рудно-силікатні прошарки; він піддавався пізнішим впливам з утворенням бластокатаклазованих, рекристалізованих його форм. Магнетит-2 представлений округлими індивідами в залізо-магнезіальних силікатах. Магнетит-3 (магнетит скиду) утворює дрібний "висип" в зернах залізистих силікатів при розвитку пізніших гідроксилвміщуючих мінералів. Магнетит-4 зустрічається у вигляді прожилок в змінених залізистих кварцитах. Магнетит-5 пов'язаний з перекристалізацією руд і входить до складу актиноліт-магнетитових руд.

Магнетит-1 спостерігається в реліктових ділянках метаморфічних руд і має характерні орієнтовані виділення шпінелі та ільменіту, коефіцієнт окислення заліза  $K_o = 0.67-0.68$ , вміщує окиси титану (0.12-0.22%), алюмінію (4.22-4.63%), марганцю (0.26-0.54%), магнію (0.31-0.33%). В перекристалізованих та гранітизованих відмінах  $K_o = 0.68-0.70$ , а в діафторованих -  $K_o > 0.70$ . В асоціації з такими магнетитами присутні мартит та (або) гематит. При цьому вміст окисів титану та марганцю зменшується на порядок, окису алюмінію - на 1-2%, а окису магнію збільшується в 2-4 рази. Відмітимо також, що окиси марганцю та магнію в складі магнетитів перекристалізованих руд Західної ділянки відсутні.

Різниця магнетитів видна і по термо-ЕДС. Для кумінгтоніт-магнетитових кварцитів з реліктами піроксенів ця величина знаходиться в межах 13.0-16.5 мкВ/град, а мікротвердість - 4370-5431 МПа/кв.м. В актиноліт-магнетитових рудах термо-ЕДС магнетитів 16.5 - 19.5 мкВ/град, мікротвердість - 4934-5805 МПа/кв.м. Для магнетитів роговообманково-магнетитових кварцитів ці величини, відповідно, дорівнюють 19.5-21.5 мкВ/град та 4501-5613 МПа/кв.м, а для магнетитів із залізо-силікатних сланців - 21.5-25.0 мкВ/град, 4370-6007 МПа/кв.м. Відмічені особливості магнетитів чітко вияв-

ляються і по виділенім рудним горизонтам (пачкам).

Магнетити з метаморфічних та гранітизованих кварцитів мають октаедричні форми з добре сформованими гранями пентагон- і ромбододекаедрів, із регресивно-метаморфізованих - різноманітно скривлені октаедри, іноді з гранями кубу. Ці особливості магнетитів вказують на суттєві їхні відміни, які є наслідком гетерогенності процесів, що пройшли в рудній товщі.

Гематит на родовищі представлений псевдоморфозами по магнетиту (мартит), вrostками в магнетиті на контактах залізистих кварцитів з аплітовидними гранітами, а також самостійними виділеннями в асоціації "магнетит + синьо-зелена рогова обманка", яка утворюється на пізній стадії гранітизації. Достатньо чітка позиція цього мінерала не дозволяє виділити його як метаморфічний. Він фіксує заключні стадії процесів гранітизації і діафорезу.

Сульфіди - постійна складова залізистих кварцитів, але підпорядкованого значення. Найбільш часто зустрічається пірит, рідше піротин, халькопірит, арсенопірит, молібденіт.

Кварц представлений різними генераціями (метаморфічний, етапу гранітизації та окварцування, діафоричний). В складі кварцу відмічаються елементи-домішки ванадій, галій, кобальт, мідь, нікель, ніобій, лантан, скандій, хром (до 0.0001-0.020%), марганець, титан, фосфор, цирконій, барій (до 0.02-0.10%), в поодиноких зразках - германій (0.0001%), срібло (0.000003%), цинк (0.002%). В кварцах граніто-гнейсів вміщуються 0.00015% молібдену, 0.003-0.0015% кальцію, ніобію, міді, свинцю, скандію, нікелю, 0.002-0.003% лантану, 0.003-0.015% марганцю, 0.03-0.1% титану та цирконію.

Відповідно до даних ЕПР кварцу виявляється наявність парамагнітних центрів, що обумовлено вмістом натрію, літію,  $Al-O^-$  в структурі кварцу. Збільшення кількості центрів натрію та літію характерне для гранітизованих кварцитів.

Піроксени на Васинівському родовищі представлені моноклінною та ромбічною відмінами у вигляді реліктів. Хімічне та оптичне вивчення піроксенів дає змогу віднести їх до рядів гіперстен - евліт - феросиліт та саліт - феросаліт - геденбергіт.

Олівін, який відмічається в залізо-силікатних сланцях, характеризується високою залізистістю (до 90%).

Амфіболи - найбільш поширені складові залізистих кварцитів. За оптичними, хімічними параметрами та іншими властивостями вони відносяться до рядів: актиноліт - фероактиноліт, кумінгтоніт - грюнерит, синьо-зелена рогова обманка - кросит (родусит). При цьому при-

сутня й звичайна рогова обманка, збагачена двовалентним залізом.

Гранат в залізистих кварцитах зустрічається рідко (поодинокі зерна), в основному входить до складу залізо-силікатних порід (евлізитів, в тому числі й з фаялітом).

Біотит представлений трьома формами: 1) коричневий (або зеленувато-бурий); 2) червоно-бурий (тетраферібіотит); 3) зелений. Більш густе пофарбування (коричневі тони) властиве біотитам зі збільшеним вмістом тривалентного заліза.

Карбонати представлені анкеритом і кальцитом.

Виходячи з особливостей мінералів, підкреслимо, що для метаморфічного етапу розвитку родовища характерні високотемпературні мінерали, для етапу гранітизації - гідроксилвміщуюча група (амфіболи, біотит) при суттєвій різниці їх за вмістом дво- та тривалентного заліза.

Текстурні та структурні особливості залізистих кварцитів визначені розвитком процесів метаморфізму-ультраметаморфізму-діафторезу. Метаморфічним відмінам властиві смугасті текстури (тонко-, середньо- та широкосмугасті). З посиленням ультраметаморфічних змін та перекристалізації зростає роль плейчатих, сланцювато-плейчатих, сланцюватих, гнейсових, реліктово-смугастих, брекчіруваних текстур. Для відмін з новоутвореними текстурами можна відзначити тенденцію збільшення крупності зерен мінералів (магнетиту). В діафторованих залізистих кварцитах відмічаються нечіткосмугасті, реліктово-смугасті, брекчірувані, катакластичні та масивні текстури.

Структури руд змінюються від grano- та лепідобластових до лепідо- та нематобластових в кварцито-сланцях і залізо-силікатних сланцях.

Відзначимо, що метаморфічні кварцити характеризуються простими межами поміж мінералами, перекристалізовані - крупнозернистими структурами та простими типами зростання зерен мінералів, зменшеними механічними властивості (міцність). В гранітизованих рудах магнетит дрібнозернистий, дає складні зростання з іншими мінералами. Все це визначає технологічні особливості залізистих кварцитів.

За даними безперервного випробування для метаморфічних залізистих кварцитів характерний стабільний рівень кремнезему, широкий діапазон коливань величини відношення окису заліза до його закису ( $2-0.01$ ), відсутність гематитвміщуючих кварцитів.

В гранітизованих рудах виражене збільшення вмісту кремнезему, гранітофільних елементів, широкий діапазон ступеня окислення за-

ліза при збільшенні величини  $K_0$  в гранітизованих рудах пізніх стадій.

Породи родовища зазнали гранулітової ступені метаморфізму ( $T=600-800^\circ$ ), а гранітоутворення відбувалося в інтервалі температур поля  $570-725^\circ\text{C}$  (асоціації кварц + біотит + гранат + магнетит та кумінгтоніт + біотит + магнетит). Тиск кисню змінювався від  $10^{26}$  -  $10^{16}$  (метаморфізовані руди) до  $10^{16}$  -  $10^8$  бар (перекристалізовані та гранітизовані). Мінеральна асоціація кварц + амфібол + гематит стабільна при  $T=550^\circ\text{C}$  та  $P_{O_2}$  більшому, ніж у асоціації магнетиту з кумінгтонітом (актинолітом).

Залізисті кварцити характеризуються стандартним набором елементів-домішок. Однак, більшість з них мають вміст в декілька разів менше, ніж кларкові. Виключенням є лише германій, вміст якого перевищує кларк (до 0.00045%). Відношення стронцію до барію менше одиниці, титану до ванадію - 20-100, вміст молібдену 0.000024%, олова - 0.00015%. Наведені цифри дозволяють віднести залізисті кварцити до залізо-кременисто-вулканогенного типу формацій. Не суперечить цьому і те, що рудовміщуючі меланократові гнейси на петрохімічних діаграмах попадають в поле туфітів з основним та ультраосновним матеріалом.

Процеси гранітизації призводили до мобілізації всіх та перевідкладенню ряду елементів (фосфор, барій, свинець, олово, радіоактивні та рідкі метали). Особливо треба відзначити поведінку германію. В залізистих кварцитах рівень вмісту германію в верхніх пачках нижче, ніж в першій. Також спостерігається зниження його вмісту в межах пачки з підсиленням процесу гранітизації кварцитів.

В монофракціях магнетитів вміст ванадію на порядок вище, ніж в силікатах. Причому, зі збільшенням в розрізі пачок кількості вулканітів, в магнетитах руд підвищується вміст ванадію (до 0.00387 %).

Відміни магнетитів за вмістом германію зводяться до наступного: 1) найбільший його вміст спостерігається у другій пачці (0.00097 %); 2) по родовищу збільшення його вмісту простежується від актиноліт - магнетитових (0.00030 %) до фероактиноліт - магнетитових (0.00060%) та кумінгтоніт-магнетитових (0.00091%) різновидів кварцитів; 3) вміст германію знижується при збільшенні в складі руд вмісту силікатів (в останніх вміст германію досягає 0.0007-0.0011 %); 4) найменший вміст германію спостерігається в магнетитах з високим коефіцієнтом окисленості заліза; 5) германій має високі позитивні кореляційні зв'язки з загальним вмістом заліза, заліза, по-

в'язаного з магнетитом та окисом заліза, а негативні - з окисами кременю, алюмінію, калію та натрію.

Результати факторного аналізу поведінки германію в мінералах та кварцитах дозволяють відзначити рухомість заліза та германію в зонах гранітизації і, як наслідок, зниження його вмісту в гранітизованих кварцитах.

Порівняння різновидностей залізистих кварцитів за їхнім речовинним складом, а також за типами післясидиментаційних перетворень, дає можливість відмітити ряд особливостей еволюції рудної речовини. Для метаморфічних перетворень характерні зміни мінеральних асоціацій, текстур-структур в ряду силікат-магнетитові кварцити → магнетит-силікатні сланці → залізо-силікатні сланці, що виражаються в збільшенні вмісту високотемпературних силікатів, рівня заліза, пов'язаного з силікатами, ролі двовалентного заліза. Цей стан простежується аж до високотемпературної стадії гранітоутворення. Зате в кінці цієї та середньотемпературної стадій речовинний склад руд різко змінювався. Свідомство тому: 1) утворення гідроксилвміщуючих мінералів з різною залізистістю, кількістю луг; 2) поява в асоціації з магнетитом гематиту; 3) строкатість різновидів кварцитів за ступенем окислення заліза ( $K_0$ ), магнетитовості ( $K_m$ ), вмісту заліза, пов'язаного з силікатами. Розглянуті риси перетворень притамані також етапу діафоричних змінень.

Отже, процеси метаморфізму - ультраметаморфізму - діафорезу в залізородних товщах проходили зі зміною умов окислення-відновлення. У відновлювальній обстановці відбувалася гомогенізація заліза в двовалентну форму та перехід його в силікатний стан. В окислювальних умовах більш виражений перехід заліза в системі в тривалентний стан з розвитком магнезіальних силікатів, магнемізованого магнетиту та гематиту. При цьому збільшувався вміст магнію в складі магнетитів. Поведінка заліза обумовила спрямування еволюції рудної речовини (оксидну або силікатну фази).

#### ВИСНОВКИ

В результаті детального вивчення структури родовища, речовинного складу залізистих кварцитів та вміщуючих порід встановлено, що особливості родовища обумовлені геологічними процесами в той чи інший етапи (метаморфізм - ультраметаморфізм - діафорез) розвитку.

Прояв тектонічних напруг та відміни в умовах деформації порід обумовили в післяметаморфічний етап складчасті ускладнення моно-

клінальної структури, появу зон нагнітання, розлінування, трицинуватості, структур переміщення. Еволюція структури родовища на протязі тектоно-метаморфічного періоду супроводжувалась синхронними змінами речовинного складу залізистих кварцитів. Ці зміни, з одного боку, фіксують етапність та стадійність процесів, а з другого, - обумовлюють різноманітність природних та технічних сортів залізистих кварцитів.

Суттєві перебудови залізистих кварцитів відбувалися зі зміною умов окислення-відновлення на будь-якому етапі розглянутих процесів.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Каталенець А.І., Солопова Е.М., Кривонос В.П., Могиливець І.І. Особливості месторождений железистых кварцитов в восточной части Украинского щита. //Известия вузов, Геология и разведка, №4, 1993, -с.65-75.
2. Каталенець А.І., Солопова О.М. Стратиграфічне розчленування метаморфічних товщ Васинівсько-Терсянського рудного поля (Оріхово-Павлоградська смуга). //Проблеми геологічної науки та освіти в Україні. Матеріали наукової конференції. Львів, 19-21 жовтня 1995р. //Львів, 1995. -с.96-97.
3. Солопова О.М., Каталенець А.І., Мірошніченко М.В. Розподіл германію в залізородних формаціях Оріхово-Павлоградської смуги. //Проблеми геологічної науки та освіти в Україні. Матеріали наукової конференції. Львів, 19-21 жовтня 1995р. //Львів, 1995. -с.182-183.

#### ABSTRACT

E.M.Solopova. "Material composition, structure and conditions of formation of ferriferous quartzites and containing rocks of Vasinovka deposit"

Dissertation for candidate's degree of geological science, the speciality 04.00.11 - Geology, search and investigation of ore and not ore deposits, metalogenesis. I.Franko Lviv state university. Lviv, 1996.

Structure of deposit, material composition containing rocks and ores have been studied. Dynamics of changes of structural plan of deposit have been showed in narrow bond with change of material composition of ferriferous quartzites and containing

ЛІБ ім. В. Стефана  
АН України

rocks. Stages of tectonic-metamorphic period of development of deposit, physics-chemical conditions of formation of varieties of ferriferous quartzites and causes of their spreading in space have been distinguished. Conduct of germany in ferriferous quartzites and their minerals gave been proofed.

#### АННОТАЦІЯ

Е.М.Солопова. Вещественный состав, строение и условия образования железистых кварцитов и вмещающих пород Васиновского месторождения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.11 - Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений; металлогения. Львовский государственный университет им.И.Франка, Львов, 1996 г.

Изучена структура месторождения, вещественный состав вмещающих пород и руд. Показана динамика изменения структурного плана месторождения в тесной связи с изменением вещественного состава железистых кварцитов и вмещающих пород. Выделены этапы тектоно-метаморфического периода развития месторождения и физико-химические условия образования разновидностей железистых кварцитов и причины, обуславливающие пространственное их расположение. Обосновано поведение германия в железистых кварцитах и их минералах.

#### Ключові слова:

структура родовища, монокліналь, речовинний склад, залізисті кварцити, структурно-формаційна асоціація, окислювачі-відновлювачі умови, еволюція рудної речовини, германій.





РТП КГРИ зак. №100 тир. 100 экз.  
Кривой Рог, ул. XXII партсъезда, 11  
подписано к печати 15.04.96 г.

446632

AB 34.676