

# МЕТАЛОНОСНІСТЬ ВУЛКАНІТІВ РАТНЕНСЬКОЇ СВІТИ НИЖНЬОГО ВЕНДУ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВТОРИННИМИ ПЕРЕТВОРЕННЯМИ ПОРІД (ЧАРТОРИЙСЬКА ЗОНА РОЗЛОМІВ)

**К. РУДЕНКО** Національний науково-природничий музей НАН України  
**К. ДЕРЕВСЬКА** Національний науково-природничий музей НАН України  
**В. ПРИХОДЬКО** ДП «Українська геологічна компанія»  
**Я. КОСОВСЬКИЙ** ДП «Українська геологічна компанія»  
**М. БЕЗУГЛА** ДНВП «Геоінформ України»

Определены особенности распространения новообразованной минерализации в вулканитах ратненской свиты нижнего венда в пределах Чарторийской зоны разломов. Показано, что формирование вкрапленной самороднометаллической минерализации меди, серебра, никеля и хрома связано с региональными изменениями ратненских базальтов нижнего потока, которые представлены палагонитизацией, хлоритизацией, цеолитизацией, распространением халцедона и анальцима. Установлено, что к зонам повышенной трещиноватости и брекчирования приурочены геохимические аномалии серебра, золота, ртути, свинца и бария, которые сопровождаются окварцеванием, серицитизацией, карбонатизацией и сульфидизацией, распространенными локально.

Newly formed secondary mineralization spreading features in Lower Vendian Ratno beds volcanic rock was determined. It is shown that the formation of impregnated native metals mineralization (copper, silver, nickel and chromium) associate with regional alteration lower basaltic flow of Ratno beds. The regional alteration is represented by palagonite, chlorite, zeolites, calcedony and analcime. It was found that the zones of increased fracturing and brecciation are accompanied by quartz, carbonates and sulphides with local distribution.

**Ключові слова:** базальти, вулканогенна товща, ратненська світа, тріщинуватість, самородні метали.

**Ключевые слова:** базальты, вулканогенная толща, ратненская свита, трещиноватость, самородные металлы.

**Keywords:** basalt, volcanic bed, Ratno suite, fissility, native metals.

## Вступ

Вулканогенні формації завжди приваблюють геологів через особливості їх металогенії. У цьому відношенні не є винятком і Волино-Подільська трапова формація нижнього венду, що представлена в районі наших досліджень волинською серією. Її специфіка полягає в присутності серед вулканітів низки самородних металів, таких як мідь, срібло, золото, нікель, свинець, ванадій, залізо. Вивчення закономірностей поширення вторинної мінералізації серед порід нижнього венду розкриває нові перспективи в розробці геолого-генетичної моделі становлення самороднометалевої рудної формації. У світі розробляються комплексні родовища цього типу тільки в межах Мічиганського рудного району (США). Подібні, але недостатньо вивчені райони відомі в інших регіонах світу – Китаї, Бразилії, Індії, В'єтнамі тощо. На сьогодні в Україні проводяться активні пошуково-оцінювальні роботи в межах Волино-Подільської плити, де поширена

однойменна вулканогенна формація з самородно-мідним типом зруденіння.

Характер перетворення волинських вулканітів, їх вторинні зміни описані в наукових роботах багатьох авторів [2, 9, 12, 16 та ін.]. Останні 25 років активно проводилися дослідження переважно у зв'язку з міденосністю даної товщі. Мінералого-геохімічні дослідження цих порід вказують на нерівномірність перетворення та інтенсивності самороднометалевої мінералізації по всьому їх розрізу [6, 14]. Водночас питання стосовно генезису та характеру поширення самородних металів у трапах району та їх зв'язку з вторинними змінами порід залишається відкритим.

Метою цієї роботи є виявлення геолого-структурного та мінералогічного контролю самороднометалевого зруденіння у вулканогенних породах у межах Чарторийської зони розломів (Рафалівська площа) (рис. 1).

На території Рафалівської площі волинська серія, а саме її ратненська світа, розкрита Рафалівським та

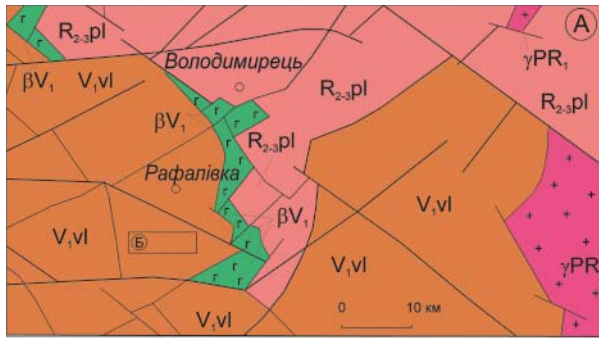
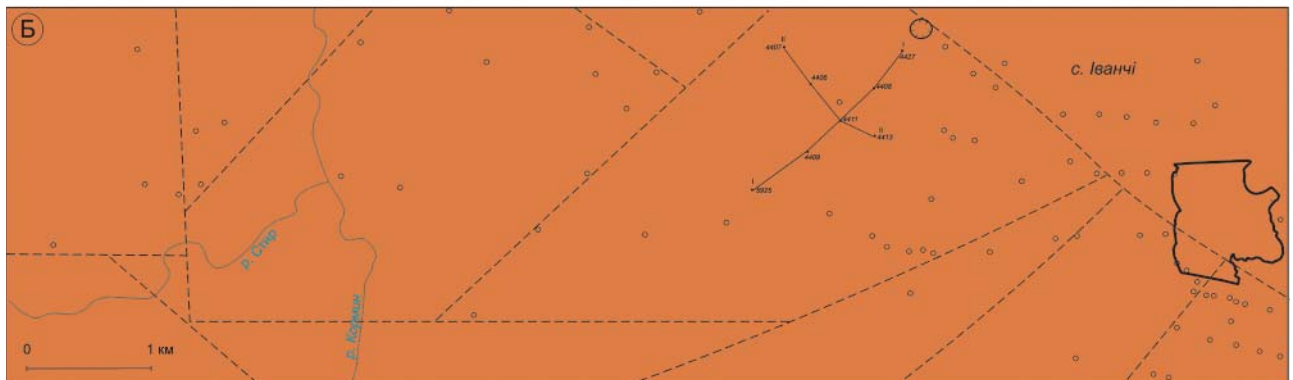


Рис. 1. Оглядова мапа Рафалівської рудоносної площі (А) та схема розташування свердловин (Б)  
Умовні позначення:  
1 – утворення волинської серії венду (базальти, туфи, лавобрекчії, туфолави);  
2 – відклади польської серії середнього – верхнього рифею (пісковики, алевроліти); 3 – інтрузії габро-долеритів (рифей-вендський інтрузивний комплекс);  
4 – граніти біотитові та амфібол-біотитові осницького комплексу мезопротерозою; 5 – розривні порушення за даними магніторозвідки; 6 – контур ділянки досліджень; 7 – свердловина та її номер; 8 – лінія розрізу



Поліцьким кар'єрами, глибина яких сягає 30 м. У межах Рафалівської площі під час пошуково-оцінювальних робіт упродовж 1999–2009 рр. було пробурено близько 500 свердловин і проведено комплексні геолого-геофізичні роботи ДГРП «Північгеологія» (зараз ДП «Українська геологічна компанія»), у зв'язку з чим вона вибрана нами в якості полігону для проведення детальних мінералого-петрографічних досліджень її металоносних порід. Детальні мінералого-петрографічні та геохімічні дослідження були виконані за двома профілями: I-I – св. 5925-4427; II-II – св. 4407-4413, на яких проведено детальне опробування з відбором близько 120 зразків.

### Коротка геологічна характеристика території

Рафалівська площа знаходиться на західному схилі Українського щита (УЩ), у його субмеридіональній смужі, для якої є характерним неглибоке залягання дорифейських кристалічних порід, що поступово занурюються в західному напрямку (рис. 1). На північному заході її територія перетинається Чарторійською зоною розломів північно-західного простягання, а з південного сходу вона обмежується Горинською тектонічною зоною північно-східного напрямку. Остання є розломом 1-го порядку мантієного залягання, а Чарторійську зону віднесено до корової розломної зони 2-го порядку [10].

Кристалічний фундамент у межах площі занурюється на глибину до 900 м і перекривається осадовим чохлом, який представлений породами нижнього та

верхнього венду, крейди, палеогену, неогену та утвореннями четвертинного віку.

Вулканіти волинської серії (туфи бабинської світи, перешарування базальтів, туфів та лавобрекчій ратненської світи), у західній частині площі перекриваються відкладами чарторійської світи верхнього венду. Потужність ратненського розрізу в межах Рафалівської площі не перевищує 100 м, а перекриваючих мезо-кайнозойських відкладів досягає 40 м.

### Вторинні зміни вулканогенних утворень нижнього венду

Серед вторинних змін вулканітів автори роботи розглядали та враховували як мінералогічні, так і геолого-структурні перетворення порід.

У межах цієї території ратненська світа містить від одного до чотирьох базальтових потоків із прошарками туфів та лавобрекчій. Мінералого-геохімічні та петрографічні дослідження різних років [4, 12 та ін.] доводять, що найбільш мінералізованими та зміненими породами є вулканіти нижнього потоку ратненської світи. Отже, для визначення мінералого-геохімічного контролю самороднометалевого зруденіння та проведення латерального картування нами було вибрано саме нижній потік ратненської вулканогенної товщі.

У представленому розрізі базальти масивні, забарвлені від темно-сірого до сірого кольору, мають дрібнозернисту мигдалекам'яну будову. Породи

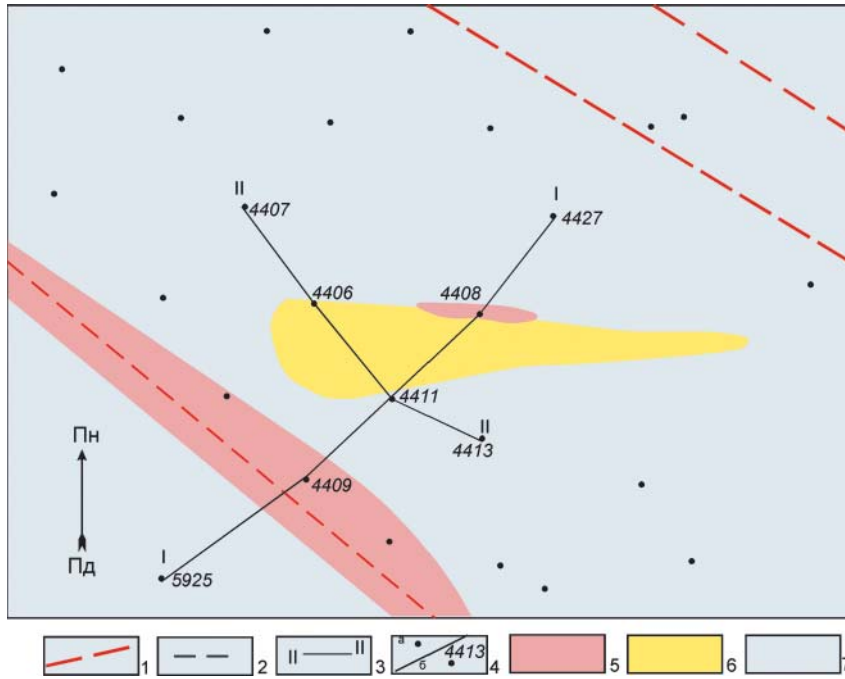


Рис. 2. Схема поширення вторинної мінералізації у базальтах нижнього потоку ратненської світи  
 Умовні позначення: 1 – головні розломи Чарторийської зони; 2 – розломи за геологічними даними; 3 – досліджувані профілі; 4 – свердловини (а) та їх номери (б); 5 - зона поширення сульфідів; 6 – зона поширення кварц-карбонатної мінералізації; 7 - зона поширення хлорит-цеоліт-халцедонової мінералізації

заснази різного ступеню вторинних змін, які репрезентовані палагонізацією, хлоритизацією, цеолітизацією, окварцюванням, карбонатизацією, епідотизацією. У середині потоків базальти змінені меншою мірою і мають долеритову структуру.

Для верхньої і нижньої частин потоків характерна наявність мигдалин різної форми та розміру, виповнених палагонітом, хлоритом, цеолітами, вкрапленнями міді, інколи карбонатами. Лавобрекчії, лавокластити, туфобрекчії та туфи утворюють малопотужні лінзоподібні тіла, складені з уламків базальтів, туфів у різних пропорціях, які зцементовані переважно вторинними мінеральними утвореннями, що представлені анальцимом, халцедоном, кварцом, хлоритом, серицитом.

На основі узагальнення даних геологічних та мінералого-геохімічних досліджень нами була побудована схематична карта поширення новоутворених мінералів нижнього потоку ратненської світи (рис. 2).

Проведені дослідження дозволили виділити зону інтенсивних вторинних перетворень порід у межах Чарторийської зони розломів. На тлі регіональних перетворень, представлених палагонізацією, хлоритизацією, цеолітизацією, поширенням анальциму, гідроксидів заліза та халцедону, можна виділити локальну зону кварц-карбонат-сульфідної мінералізації. Сульфідні в межах території представлені переважно піритом, піротином, халькопіритом і халькозином.

### Характеристика самородно-металевої мінералізації

Рудна мінералізація в породах ратненської світи представлена ільменітом, титаномагнетитом, магнетитом, самородними металами (міддю, благородними металами, залізом, нікелем, хромом), теноритом, піритом, халькопіритом, халькозином, купритом, малахітом, азурином. Крім того, вулканогенно-осадові породи волинської серії західного схилу УЩ (рис. 3) характеризуються наявністю геохімічних аномалій свинцю, ванадію, цинку, барію та ртуті [12].

На Волині самородна мідь вперше була визначена в базальтових породах на околиці с. Великого Мидська та описана С. Малковським у 1927 р. [9].

Самородна мідь у межах Рафалівської площі концентрується в базальтах, лавобрекчіях та туфолавах ратненської світи. Проведені дослідження показують, що самородна мідь зустрічається у вигляді дрібної вкрапленості (в основній масі і на площинах слабомінералізованих тріщин), дендритів, плівок, прожилків; іноді вона заповнює

мигдалини, а також цементує уламки в лавобрекчіях. Найчастіше самородна мідь асоціює з хлоритом, кварцом, халцедоном, анальцимом, цеолітами, самородним сріблом, купритом. Були відмічені дрібні ізометричні виділення самородної міді у вигляді включень у плагіоклазах, піроксенах, вулканічному склі або на границях їх зерен.

У Рафалівському кар'єрі протягом останніх років було знайдено великі самородки міді (за формою виділення їх ще називають «крабами») вагою від 500 до 1000 г. Виділення міді у вигляді дендритів або утворень чудернацької форми масою 100-200 г зустрічаються доволі часто в лавобрекчіях, що перекривають туфи бабинської світи. За хімічним складом мідь чиста (99,97-99,87% Cu) з незначними домішками Ag, Co, Au та Fe. Інколи присутні домішки Ni (до 0,3%), Sb (до 0,02%), Bi (до 0,05%), Hg (до 0,01%), Cr (до 0,01%), Al та As [6, 15].

Самородне срібло присутнє в породах ратненської світи у вигляді тонких мікропрожилків та в зростаннях із самородною міддю, а також у вигляді ксеноморфних зерен, багатогранників та їх зростків. Найчастіше воно знаходиться в асоціації з самородною міддю, анальцимом, альбітом, кальцитом, кварцом. За хімічним складом самородне срібло містить домішки Cu, Fe, S, сліди Au та Pt. Встановлено також наявність Hg у кількостях до 2,3%, сліди As та Sb [5].

Підвищений вміст срібла та золота встановлено під час пошуково-оцінювальних робіт на цій території,

які виконувалися ДГРП «Північгеологія» протягом 1999–2009 рр. У межах досліджуваної території в базальтах були діагностовані золотовмісні мінерали: електрум та рожковіт [1], а також купроаурит та золотовмісний пірит [8]. Територія Рафалівської площі характеризується наявністю аномалії золота (до 0,3 г/т). В окремих інтервалах у зоні Чарторийського розлому вміст золота становить від 2 до 4 г/т [11].

Перші знахідки самородного заліза у вулканітах нижнього венду Волині описані О.П. Карпінським (у 1873 р.) під час дослідження базальтів у кар'єрах Янова Долина та Берестовець. Самородне залізо спостерігається у вигляді дрібних (до 0,22 мм) частинок, які розпилені в породі або вкраплені у склі основної маси [9]. За нашими даними, самородне залізо зустрічається у базальтах по стінках сухих немінералізованих тріщин у вигляді подовжених, списоподібних або краплеподібних виділень та плівок. Іноді воно асоціюється з жовтим хлоритом та лімонітом. Характерними домішками у складі самородного заліза є Mn, Cr, Ni, Co та Cu. В окремих випадках присутні також домішки Ti (до 0,07%), V (до 0,01%) та Mo (до 0,04%).

Самородний нікель було вперше нами діагностовано в мигдалекам'яних базальтах (св. 5926) та в туфолавах (св. 8124) і підтверджено мікрорентгеноспектральним аналізом. Цей метал утворює дрібні (<0,1 мм) поодинокі виділення неправильної подовженої та кубічної форми в масі породи, що містить мідну мінералізацію. За хімічним складом самородний нікель характеризується наявністю домішок Fe, Cr та Ti.

Рафалівська площа відзначається наявністю аномалії свинцю. Раніше самородний свинець у вигляді тонких пластинок свинцево-сірого кольору був виявлений у туфах волинської серії в межах Андрушівського розлому. В асоціації зі свинцем зустрічаються також самородні золото, мідь, ванадій [12].



Рис 3. Відслонення порід ратненської світи (Рафалівський кар'єр, с. Іванчі) Фото 1. Тектонічний контакт туфів та лавобрекчії. Фото 2. «Пухир» міденосної лавобрекчії. Фото 3. Базальти у стінці кар'єру.

Самородний хром (табл.) було відмічено у концентраті з лавобрекчії ратненської світи Рафалівської площі [5].

З метою визначення особливостей поширення у вулканогенній товщі самороднометалевої мінералізації було побудовано схематичні карти розподілу металів у базальтах нижнього потоку. Для зазначених побудов використано результати хімічних і спектроскопометричних аналізів вмістів міді, срібла та золота в породах (рис. 4, 5), де окрім оригінальних аналітичних даних залучено матеріали Ковельської ГП ДП «Українська геологічна компанія».

Як видно з представлених схем, зони підвищеного вмісту золота та срібла практично співпадають, що пояснюється їх подібними геохімічними властивостями та поведінкою цих елементів у товщі базальтів. Максимальний їх вміст відмічається у свердловинах 4408, 4406, 4411, у яких кількість міді водночас зменшується. Отже, для нижнього потоку ратненської світи не простежуються прямі кореляційні зв'язки міді з золотом та частково зі сріблом.

Таблиця. Шкала ранжування інтенсивності тріщинуватості порід вулканогенної формації

| Ранг | Ступінь тріщинуватості порід на 1 м керну | Інтенсивність тріщинуватості |
|------|---|------------------------------|
| 1    | Поодинокі тріщини                         | Слаботріщинуваті             |
| 2    | 3-5                                       |                              |
| 3    | 5-7                                       |                              |
| 4    | 7-15                                      | Середньотріщинуваті          |
| 5    | 15-25                                     |                              |
| 6    | 25-30                                     |                              |
| 7    | 30-40                                     | Сильнотріщинуваті            |
| 8    | Понад 40                                  |                              |
| 9    | Зона брекчіювання                         | Брекчіювані                  |

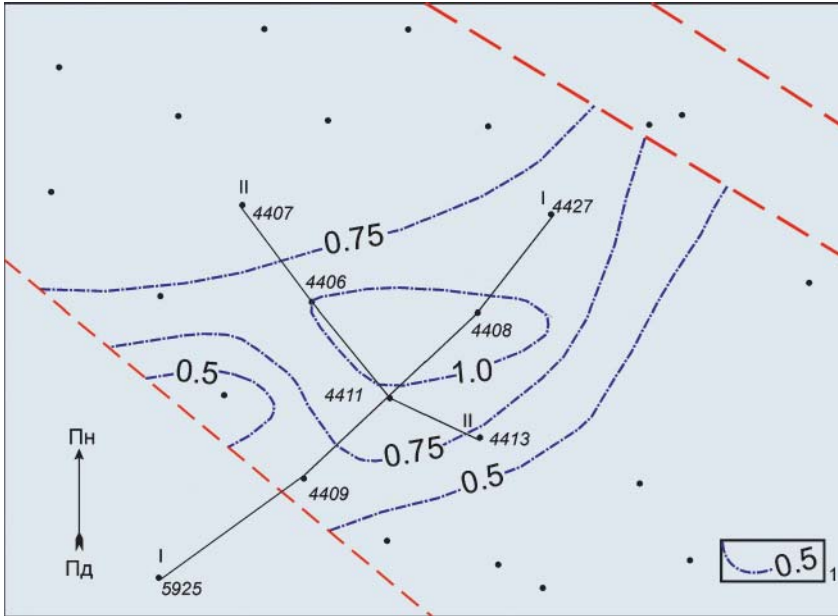


Рис. 4. Схема поширення срібла в товщі базальтів нижнього потоку ратненської світи. Умовні позначення: 1 – ізолінії вмісту срібла (г/т). Побудовано з використанням даних [1, 11]. Інші позначення див. на рис. 2

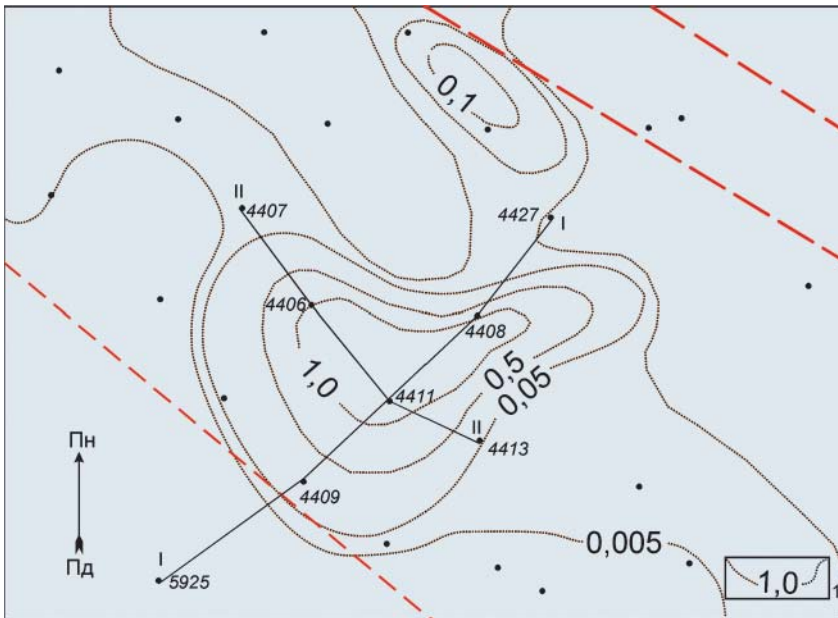


Рис. 5. Схема поширення золота в товщі базальтів нижнього потоку ратненської світи. Умовні позначення: ізолінії вмісту золота ( $n \cdot 10^{-7}\%$ ). Побудовано з використанням даних [5, 8, 11]. Інші позначення див. на рис. 2

Як було зазначено вище, в розрізі срібло зустрічається в асоціації з самородною міддю і міститься в ній у якості домішки, можна припустити наявність двох генерацій срібла. Перша – пов'язана з процесами відкладання міді, а друга – сульфідів та золота.

### Геолого-структурні зміни порід

Проведений аналіз геологічних даних показує, що базальти по всьому розрізу вулканогенної товщі інтенсивно змінени та тріщинуваті, а в окремих випадках подроблені до щебеню. Ця тріщинуватість має різний характер походження.

Встановлено, що на поверхні та в підшві кожного потоку спорадично залягають лінзоподібні тіла лавобрекчій, утворення яких можна пов'язати з рухом лави та становленням потоку. Як відомо, середня частина лавового потоку охолоджується набагато повільніше і в ній внаслідок зменшення об'єму виникають тріщини, які формуються як від поверхні, так і від підшви потоку. Такі тріщини просуваються уривчасто знизу вверх та зверху вниз і зустрічаються нижче середини потоку, утворюючи стовпчасту відокремленість, яка формується перпендикулярно поверхні охолодження потоку, тобто рельєфу підшви потоку [7]. Лавокластити, які встановлюються на поверхні потоків і нерівномірно перекриваються туфами різної потужності, можуть розглядатися як результат вивітрювання базальту під час перерв між виверженнями у нижньовендський час. Під час тектонічної активізації на межі базальтів із лавобрекчіями або лавокластитами утворювалися зони дезінтеграції, які слугували шляхами для латеральної міграції флюїдів. Відповідно формуються первинні прошарки міжпластових порожнин, які заповнюються гідротермами та утворюють багатоповерхові стратиформні утворення малосульфідної кварцової мінералізації з підвищеним вмістом срібла та золота.

Визначена тріщинуватість має переважно субвертикальне спрямування. Формування таких тріщин пов'язане, по-перше, з охолодженням потоку та утворенням стовпчастої відокремленості, по-друге, з тектонічними рухами в межах цієї території (тріщини відриву та стиснення). Наявна також горизонтальна та діагональна тріщинуватість (тріщини сколювання), а в окремих ділянках виявлено еліпсоподібні субгоризонтальні тріщини. Тріщини завширшки від 1 до 8 мм заповнені вторинними мінералами в різних асоціаціях. Встановлені також «сухі» тріщини завширшки до

1 мм. Зазвичай по площинах тріщин розвиваються хлорит, сапоніт, гізенгерит, халцедон, цеоліти, гідроксиди заліза, анальцим, кварц, кальцит, а також зустрічається мікроскопічна вкрапленість самородної міді. Дрібні тріщини усихання заповнені цеолітами та анальцимом і утворюють своєрідні просічки в базальті.

В окремих ділянках базальт дезінтегрований до брекчії різнонаправленою системою тріщин. Окремі субвертикальні (під кутом 75°) тріщини (наприклад, св. 5925, інт. 72,6-73,0 м) можуть бути заповнені глинками тертя і палагонітом з борознами ковзання, орієнтованими горизонтально. Спостерігається наявність дзеркал ковзання в окремих тріщинах різної орієнтації.

Для встановлення інтенсивності тріщинуватості порід у межах вибраного потоку був використаний метод ранжування. Нами був визначений ступінь тріщинуватості, що характеризується кількістю тріщин будь-якого походження і напрямку на 1 м керну. Всього було виділено 9 рангів (табл.).

Проведене ранжування дало змогу побудувати схематичну карту інтенсивності тектонічних порушень нижнього потоку ратненської світи в межах Чарторийської зони розломів відповідно до встановлених рангів (рис. 6). Визначено, що максимально тріщинуваті та брекчіювані базальти поширені у свердловинах 4406 (гл. 62,2 м), 4408 (гл. 55,3-55,6 м), 5963 (гл. 70,6-74,3 м) та 5903 (гл. 34,4 м). Проведені побудови дозволили виділити зону брекчіювання, яка характеризується субширотним простяганням. На схемі показано також поступове зниження рівня тріщинуватості до поодиноких тріщин ізометрично відносно центральної субширотної зони.

За допомогою геоінформаційного програмного комплексу ArcGis та з використанням даних документації керну свердловин проведено побудову поверхонь тувів бабинської світи, нижнього та наступних потоків ратненських базальтів. Ці побудови показують, що бабинська світа має нерівну поверхню з ознаками зсувних рухів уздовж північно-західних лініаментів Чарторийської зони (рис. 7).

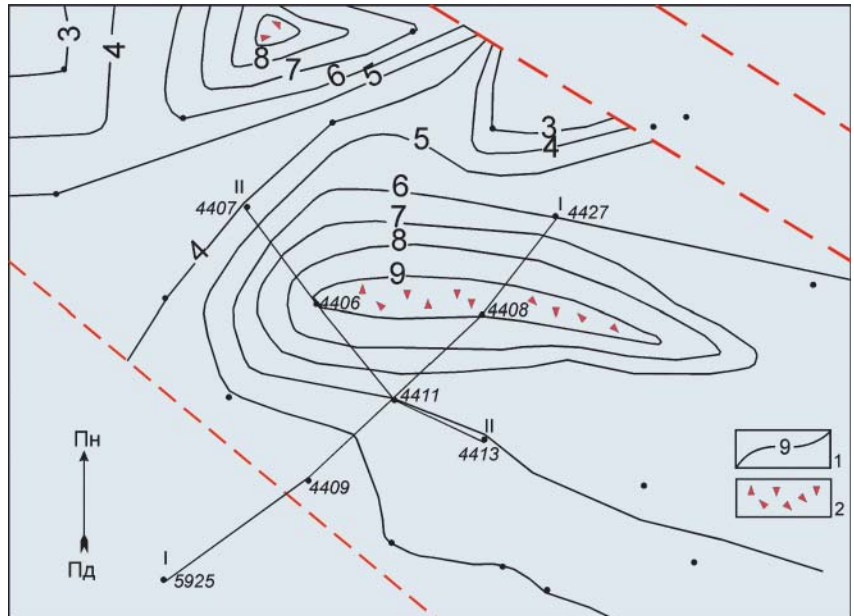


Рис. 6. Схема інтенсивності тріщинуватості порід нижнього потоку ратненської світи в межах Чарторийської зони розломів  
Умовні позначення: 1 – ізолінії ступеню тріщинуватості; 2 – зона брекчіювання. Інші позначення див. на рис. 2

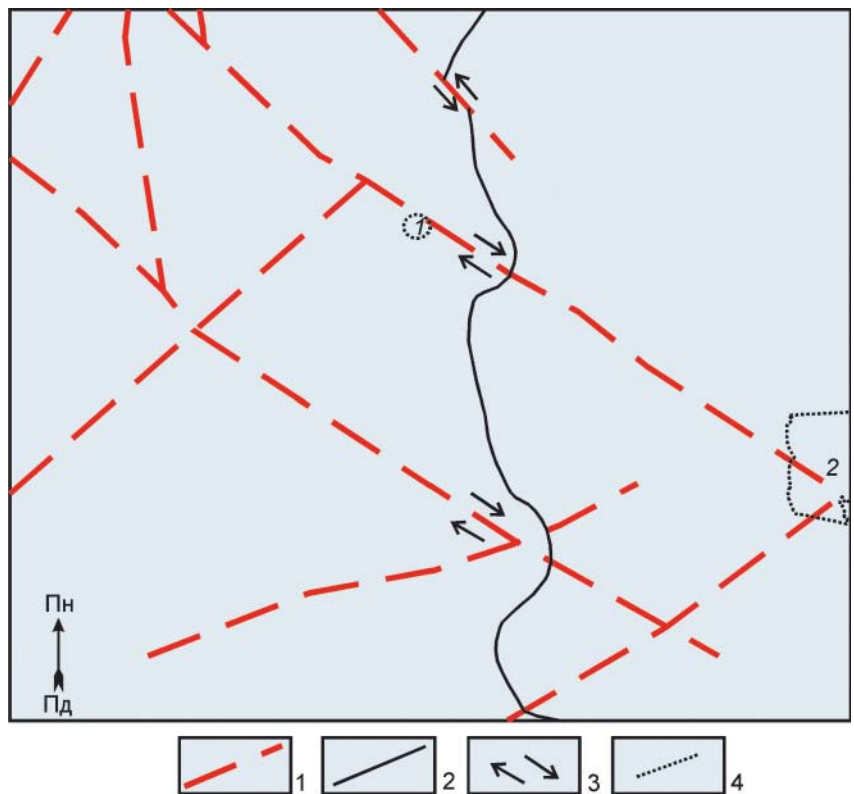


Рис. 7. Прояви тектонічних порушень у межах Чарторийської зони розломів за даними побудов у ArcGis  
Умовні позначення: 1 – лініаменти розломних зон; 2 – ізолінія поверхні бабинської світи (102 м); 3 – тектонічні зрушення; 4 – кар'єри (1- Полиці, 2 –Рафалівський)

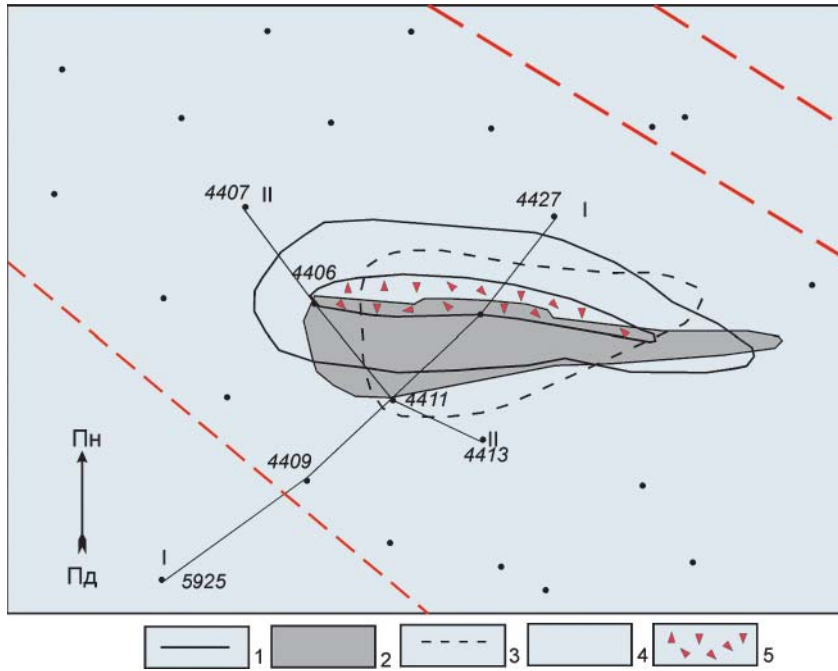


Рис. 8. Узагальнююча схема поширення вторинної мінералізації, тріщинуватості та зон із підвищеними концентраціями металів у породах нижнього потоку ратненської світи в межах Чарторійської зони розломів  
 Умовні позначення: 1 – межі зони інтенсивної тріщинуватості; 2 – зона кварц-карбонат-сульфідної мінералізації; 3 – межа геохімічної аномалії благороднометалевої мінералізації; 4 – зона поширення хлорит-цеоліт-халцедонової мінералізації; 5 – зона брекчіювання. Інші позначення див. на рис. 2

У той же час на поверхні першого та наступних потоків ратненської світи таких ознак не виявлено. Можна припустити, що ця зона розломів була активною в бабинський час перед становленням першого базальтового потоку. За О.Б. Гінтовим, поле базальтів Волині деформувалося однорідно, в декілька етапів [3].

Спочатку сформувалась планетарна тріщинуватість, а пізніше регіональна. Обидва типи тріщин відрізняються лише орієнтуванням при субвертикальному падінні та відсутністю дзеркал ковзання. Однак у центральній частині Рафалівського кар'єра поблизу купола туфопісковиків бабинської світи зафіксовано значну кількість дзеркал ковзання зі штриховкою, що вказує на горизонтальні зрушення, локалізовані у вузькій зоні північно-західного простягання [3].

У післянижньовендський час відбувалася повторна активізація цієї території, яка проявилась в утворенні розломів північно-східного, меридіонального та субширотного спрямування з проявленням зон брекчіювання. Крім того, за В.П. Палієнко, субширотні лініаменти зон Чарторійського та Горинського глибинних розломів за геоморфологічними ознаками віднесено до неотектонічно активних структур [13].

Наведені дані вказують на те, що виділена нами субширотна зона брекчіювання нижнього потоку не пов'язана в часі з активізацією північно-західних лініаментів Чарторійської зони розломів.

Для подальшого аналізу результатів досліджень було побудовано узагальнюючу схему поширення вторинної мінералізації, тріщинуватості та зон із підвищеними концентраціями благородних металів у вулканогенних породах (рис. 8).

Як видно з поданої схеми, зона поширення кварц-карбонат-сульфідної мінералізації в плані співпадає з субширотною зоною інтенсивної тріщинуватості та брекчіювання базальтової товщі. До останніх також приурочено позитивні аномалії благороднометалевої мінералізації.

Формування самороднометалевої мінералізації відбувається вже на початкових етапах охолодження лавових потоків. Із першими проявами палагонітизації та хлоритизації починає формуватися вкраплена мінералізація міді, нікелю, залізу, срібла. Ці самородні метали надходили на поверхню з базальтовою магмою в кількостях, що не перевищують кларкові значення [9], але внаслідок перерозподілу під час наступних перетворень формували рудні поклади.

Вірогідно, на більш пізніх етапах геологічної активізації цієї території утворюються кварц, серицит, монтморилоніт, карбонати, сульфіди, барит, а також формуються підвищені аномалії золота, срібла, свинцю та ртуті.

**Висновки**

Отже, комплексне мінералого-геохімічне та геолого-структурне дослідження Рафалівської площі в межах Чарторійського розлому за нижнім потоком ратненських базальтів дозволило зробити такі висновки.

1. Для порід ратненської світи в межах Чарторійської зони розломів характерним є широкий спектр самороднометалевої мінералізації (самородні мідь, срібло, золото, нікель, залізо, хром) та вторинних змін.
2. Вкраплена мінералізація самородних міді, срібла та нікелю пов'язана з регіональними змінами ратненських базальтів нижнього потоку, які представлені хлоритизацією, цеолітизацією, палагонітизацією, поширенням халцедону та анальциму.
3. Позитивні геохімічні аномалії срібла, золота, ртуті, свинцю та барію пов'язані з локальними змінами, які представлені окварцюванням, серицитизацією, карбонатизацією та формуванням сульфідів (піриту, халькозину, піротону, халькопіриту тощо). Вони приуроченні до зон підвищеної тріщинуватості та брекчіювання.

4. Субширотна зона брекчіювання в межах нижнього потоку не пов'язана в часі з активізацією північно-західних лініаментів Чарторійської зони розломів.

1. Безуглая М., Шумлянський В., Деревская Е., Москаленко О. Благородные металлы в вендских траппах Волини // Наукові основи прогнозування, пошуків та оцінки родовищ золота. Матеріали міжнародної наукової конференції. – Львів. – 1999. – С. 154–155.
2. Бернадська Л.Г. Вулканіти Ровенської області. – К. – 1958. – 41 с.
3. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. – Киев. – Феникс. – 2005. – 572 с.
4. Деревська К.І., Приходько В.Л., Косовський Я.О., Руденко К.В. Мінералого-петрографічні особливості порід трапової формації венду Волині (Рафалівська рудоносна площа) // Наукові праці Донецького національного університету. Серія «Гірничо-геологічна». Т– Вип. 8 (136). – Донецьк. – 2008. – С. 78–83.
5. Квасниця І.В., Косовський Я.О. Самородні метали Західної Волині // Тези науково-практ. конф. «Природа Західного Полісся та прилеглих територій». – Луцьк. – РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту. – 2005. – С. 14–16.
6. Квасниця І.В., Павлишин В.І., Косовський Я.О. Самородна мідь України: геологічна позиція, мінералогія і кристалогенезис // Київ. – Логос. – 2009. – 171 с.
7. Короновський Н.В., Якушова А.Ф. Основы геологии // Москва. - Высшая школа. – 1991. – 416 с.
8. Косовський Я.О., Мельничук В.Г. Благороднометальне зручення в ефузивних трапах Волині // Зб. наук. пр. Волин. держ. ун-ту. – Луцьк. – 2004. – С. 10–14.

9. Лазаренко Є.К., Матковський О.І., Винар О.М., Шашкіна В.П., Гнатів Г.М. Мінералогія вивержених комплексів Західної Волині // Львів. – Вид-во Львівського ун-ту. – 1960. – 509 с.
10. Максимчук В., Кузнецова В., Городиський Ю., Доценко І., Чоботок І. Дослідження сучасних геодинамічних процесів тектоно-магматичним методом в районі розташування Рівненської АЕС // Геодинаміка 1 (2). – 1999. – С. 96–105.
11. Мельничук В.Г., Приходько В.Л., Квасниця І.В., Скакун Л.З., Косовський Я.О., Матеюк В.В., Харчишин Ю.Д., Поліщук А.М. Золотоносність чохла північної частини Волино-Подільської плити // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – № 1. – 2012. – С. 64–74.
12. Мідь Волині. Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень / Відп. ред. Л.В. Шумлянський // К. – Логос. – 2006. – 200 с.
13. Палиенко В.П. Новейшая геодинамика и ее отражение в рельефе Украины // К. – Наукова думка. – 1992. – 116 с.
14. Приходько В.Л., Косовський Я.А., Іванів І.Н. Перспективы меденосности вулканогенных образований волинской серии Луковско-Ратненской горстовой зоны // Геол. журн. – 1993. – № 4. – С. 138–142.
15. Руденко К.В., Деревська К.І., Ковальчук М.С., Тиньков В.О. Особливості хімізму самородної міді з вулканітів України та Командорських островів // Географія, геоecологія, геологія: опыт научных исследований: Материалы VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Киев. – 2011. – Вып. 8. – С. 51–53.
16. Bakun-Czubarow N., Bialowolska A., Fedoryshyn Yu. I. Neoproterozoic III Flood Basalts of the Volcanogenic Volhynian Series (Western Margin of the East European Craton) // Abstracts volume of Joint Meeting of Europrobe Tesz, Timpebar, Uralides & SW-Iberia Projects. 30 September – 2 October, 2001. – Ankara. – 2001. – P. 6–8.