

УДК 51. 217 (477.8)

В.Г.Мельничук, канд. геол.-мінералог. наук,  
В.Л.Приходько,  
Я.О.Косовський,  
В.В.Матеюк

### МІДЕНОСНІ ЛАВОКЛАСТИЧНІ БРЕКЧІЇ В НЕОПРОТЕРОЗОЙСЬКИХ ТРАПАХ ВОЛИНИ ТА МЕХАНІЗМ ЇХ УТВОРЕННЯ

*Розглядається будова та склад міденосних лавокластичних брекчій в неопротерозойських трапах Волині на прикладі базальтового покриву в кар'єрі "Іванчі". Запропоновано з актуалістичних позицій конвеєрний механізм їх формування в процесі ламінарного переміщення базальтової лави. Причиною багатой мінералізації самородної міді в лавокластичних брекчіях є постмагматична гідротермальна діяльність.*

*The structure and the composition of copper bearing lava breccias in the Neoproterozoic traps of Volhyn hithe foot of basalts flow "Ivanche" have been considered. On the base of the dynamics of present – day lava streams the conveyor is proposed from the actualistic positions. Hydrothcrmal solutions arc responsible for rich native copper mineralisation in lava breccias.*

У неопротерозої на різних ділянках Східноєвропейської платформи відбулася тектоно-магматична активізація літосфери і проявився траповий магматизм. Максимального розвитку трапові комплекси здобули на території Волині, а також у суміжних районах Польщі та Білорусі. Загальна площа сучасного розповсюдження трапів у цих районах досягає 200 тис. км<sup>2</sup>.

У чохлах Волино-Подільської плити продукти трапового магматизму утворюють численні пластові інтрузії габро-долеритів серед порід поліської серії середньогорнього рифею та становлять потужну вулканогенну волинську серію нижнього венду, представлену нашаруваннями пірокластичних порід та покритвами базальтів. Важливим її компонентом є також лавокластичні брекчії, котрі досить широко (але не всюди) залягають у підшві, покривлі та по периферії базальтових покривів. Природа та механізм формування даних порід в умовах захороненості трапів Волині під осадовим чохлом не знаходять однозначного пояснення. Одні дослідники трактують їх як прижерлову фацію давніх вулканів [1], інші – як приповерхневій субвулканічні утворення [6]. Подібні утворення в сучасних областях базальтового вулканізму тісно пов'язуються з переміщенням базальтових потоків та покривів [7, 8]. У зв'язку з відкриттям у 1999 р. геологами Рівненської геологічної експедиції серед лавокластичних брекчій Рафалівського рудного вузла перспективних покладів самородної міді та з широким латеральним поширенням даних утворень у розрізі волинської серії на декількох стратиграфічних рівнях питання про їх походження набуло принципово практичного значення.

**Умови залягання, будова та склад брекчій**

У розрізі трапової формації і по латералі шари та лізи лавокластичних брекчій тісно пов'язані з потоками базальтів і самостійних тіл практично не утворюють.

Найбільша кількість їх спостерігається у верхній – ратненській світі волинської серії, у будові якої беруть участь до семи і більше лавових покривів, місцями перешарованих туфами та туфитами.

Найпродуктивніша мідна мінералізація в лавокластичних брекчіях встановлена на сьогоднішній день тільки під найнижчим базальтовим покривом ратненської світи, котрий виходить на домезозойську поверхню у Володимирецькому районі Рівненської області по східній периферії поля розвитку трапів. Найдетальніше даний покрив вивчено за 2–3 км на південний захід від с. Іванчі, де при попередній розвідці базальтової сировини він пробурений 30 свердловинами (В.В.Чебаненко та ін., 1986). Тут у будові покриву (див. таблицю) беруть участь наступні горизонти ефузивних порід (знизу вверху): 1 – лавокластичні брекчії (0–3,3 м), 2 – мигдалекам'яні базальти (0–3,7 м), 3 – масивні афанітові та фанеритові базальти (10–24 м), 4 – мигдалекам'яні базальти (4–12 м), 5 – лавокластичні брекчії (0–6 м). Ефузиви підстеляються та перекриваються літо-вітрокластичними переважно псамітовими туфами базальтів.

Для безпосереднього спостереження міденосні лавокластичні брекчії в основі зазначеного покриву доступні лише на околиці с. Іванчі, де вони складають дно, а також основу південної та східної стінок базальтового кар'єру. У південній стінці брекчії утворюють суцільний горизонт з видимою довжиною до 180 м і повною потужністю 0,3–1,7 м, котрий спорадично простежується в межах кар'єру на площі близько 0,5 км<sup>2</sup>, змінюючи потужність від 0,1 до 7 м, а також фіксується навколо кар'єру у свердловинах. Брекчії підстелені базальтовими туфами, в яких на глибину до 0,5 м від підшви лавобрекчій спостерігається зона загартування, і перекриті шаром базальтів видимою потужністю до 18 м.

**Таблиця. Будова та хімічний склад ефузивів нижнього покриву ратненської світи**

Колонка покриву	Компоненти, %													n
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Впп	Сума	
Туфи	47,72	1,94	13,52	12,5	2,71	4,42	2,99	4,08	3,27	0,15	0,03	5,4	99,17	3
Лавокластичні брекчії	48,2	1,58	13,76	9,39	4,4	6,83	3,84	3,17	3,19	0,19	0,04	5,01	99,60	16
Мигдалекам'яні базальти	47,1	1,49	13,95	6,94	6,49	7,66	5,92	3,81	1,3	0,19	0,03	4,61	99,49	16
Масивні базальти	47,6	1,64	14,58	7,94	6,34	6,74	9,17	2,57	0,72	0,2	0,02	2,26	99,78	7
Мигдалекам'яні базальти	48,62	1,56	13,93	8,4	4,83	7,07	6,71	3,21	1,59	0,21	0,07	3,32	99,52	7
Міденосні лавокластичні брекчії	50,37	1,46	13,25	9,71	3,37	7,19	4,44	3,1	2,16	0,25	0,07	4,39	99,76	3
Туфи	46,74	1,94	14,18	10,99	2,44	6,66	2,73	4,88	1,56	0,18	0,04	7,02	99,36	6

Базальти по всій потужності переважно однорідні: масивні та афанітові. Поблизу підшови вони іноді містять дрібні (діаметром до 1 см) мигдалини, вповнені хлоритом, і місцями мають субгоризонтальні плоскопаралельні текстури. У верхній частині розрізу в базальтах спостерігаються окремі більші (до 3–5 см) мигдалини з кварцом, хлоритом та цеолітами. Загалом, у кар'єрі даний покрив представлений нижньою та середньою частинами. Верхня ж його частина зеродована, але поступово нарощується під крейдяними відкладами в напрямку регіонального падіння трапової товщі на захід.

Лавокластичні брекчії підшови та покрівлі покриву за будовою, хімічним і петрографічним складом близькі між собою. За вмістом петрогенних компонентів вони посідають проміжну позицію між мигдалекам'яними базальтами та туфами, з котрими мають поступові переходи, відрізняючись від масивних базальтів центральної частини потоку. Порівняно з базальтами в брекчіях суттєво понижений вміст CaO, FeO і підвищений вміст SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, В.п.п., що пояснюється значними вторинними змінами і великою кількістю вторинних гідротермальних мінералів в останніх.

У найбповніших горизонтах лавокластитів за домінуючою складовою цементу чітко виділяються наступні петрографічні різновиди: 1 – з туфовим цементом, 2 – з гідротермальним цементом, 3 – з лавовим цементом, котрі залягають у зазначеному порядку (знизу вверху) у підшві покриву і у зворотному порядку в його покрівлі. Крім того, між ними спостерігаються перехідні різновиди з цементом змішаного складу та відміни, обумовлені різними розмірами і формами уламків, кольором тощо.

**Брекчії з лавовим цементом** (лавобрекчії) спостерігаються на контакт з мигдалекам'яними базальтами і мають з ними поступові переходи. Складені інтенсивно зміненими гіалобазальтами з різним вмістом мигдалин, плагіоклазів і пилуватих рудних мінералів в інтерстиціях, що зумовлює їхню атакситову текстуру і допомагає відрізнити уламки від цементуючої лави близького складу.

**Брекчії з туфовим цементом** контактують з підстеляючими або перекриваючими їх туфовими горизонтами. Туфовий матеріал у цементі брекчій за петрографічним складом переважно літо-вітрокластичний, псамітовий та алевритовий, аналогічний відмінам у туфових горизонтах. Уламки скла представлені псевдоморфами змектитів і хлориту, мають примхливі опукло-ввігнуті обмеження і флюїдальну мікроструктуру. Уламки порід представлені зміненими базальтами, гіалобазальтами, шлаками. Цемент туфів контактово-порового типу, за складом хлоритовий, цеолітовий та кременистий. В основі базальтового потоку цементуюча маса брекчій, як і підстеляючі туфи, загартована.

**Брекчії з гідротермальним цементом** займають у розрізі проміжне положення між охарактеризованими різновидами лавокластитів і мають з ними поступові переходи. У гідротермальному цементі переважають агрегати таких мінералів, як: цеоліти, хлорити, змектити, халцедон, кварц, кальцит, рудні. Серед них у горизонтах порівняно значної потужності кількісно переважають анальцим та змектит-хлоритові агрегати, в інших, що мають мінімальну потужність, – хлорит, халцедон та кварц. Асоціації даних мінералів здебільшого невірноважені, про що свідчать ознаки їх корозії, часткового заміщення та вторинних змін. У ряді місць агрегати гідротермальних мінералів утворюють прожилки, котрі іноді виходять за межі лавокластитів, проникаючи як у базальти, так і в туфи.

Уламки в розглянутих брекчіях представлені виключно базальтовими лавами і характеризуються стабільним спектром петрографічних різновидів, що відрізняє їх від брекчій еруптивного походження. Найхарактернішими є кутасті уламки мигдалекам'яних та шлакових базальтів з великою розмаїтістю структур основної маси – від вітрофірової, гіалопілітової до інтерсертальної або порфірової. Величина найменших уламків становить 0,1–0,3 мм, а найбільших – 10–20 см. Межі уламків у брекчіях з лавовим цементом переважно розпливчасті, підкреслені бурими за рахунок рудного матеріалу мережками загартування. Численні мигдалини в уламках вповнені переважно хлоритом та анальцимом, рідше цеолітами, халцедоном, кварцом, туфовим та рудним матеріалом. Окремі мигдалини мають концентричну або смугасту будову, слугуючи мінералогічними рівнями. Серед лавокластитів Іванчівського кар'єру в основі базальтового потоку викликають подив уламки шлаків з канатними відособленнями на поверхні, котрі, як відомо, характерні для покрівлі лавових потоків.

#### Мідні руди

Мідні руди в лавокластичних брекчіях Волині за складом та особливостями будови близькі до відомих самородно-мідних руд родовищ п-ва Ківіно (США). Вони виявлені в Іванчівському кар'єрі та в навколишніх свердловинах в основі нижнього базальтового покриву і приурочені до малопотужного (0,1–0,2 м) горизонту лавокластичних брекчій, зцементованих переважно мінералами гідротермального походження. Мідь у них знаходиться в основному в самородному стані та у вторинних мінералах: куприті, малахіті, азуриті. Самородна мідь брекчій надзвичайно чиста і за даними мікрорентгеноспектрального аналізу (12 аналізів, аналітик І.М.Бондаренко) у середньому містить: Cu – 99,9637 %; Fe – 0,0083 %; Ag – 0,0272 %; Au – 0,0009 %; Co – 0,0002 %.

Виділення самородної міді в лавокластичних брекчіях – від ксеноморфних до ідіоморфних. Її кристалам, за даними В.М.Квасниці та ін. [2], властиві форми {111}, {110}, {100}, {hk0}. Зустрічаються також дрібні октаедричні й складніші комбінаційні кристали. Структура мідних руд гіпідіоморфнозерниста, аллотріоморфнозерниста, іноді цементна. Текстура – вкраплена, прожилково-вкраплена, лінзоподібно-гніздова. Серед руд іноді знаходяться й окремі неправильної форми самородки міді, найбільш з яких становив 735,2 г. На їхніх поверхнях часто спостерігаються чіткі відбитки тетрагон-триоктаедричних кристалів, характерних для анальциму.

Мідна мінералізація в лавокластичних брекчіях вкрай нерівномірна. Вміст міді в них змінюється від фонового (0,04 %) до 5 %. Концентрації міді в брекчіях загалом контролюються розподілом мінеральних агрегатів, збагачених на SiO<sub>2</sub>. Самородна мідь найтісніше асоціює з кварцом, халцедоном, хлоритом і анальцимом, разом з якими вповнює мигдалини в уламках базальтів, прожилки та гнізда, а також іноді цементує уламки порід. Крім того, вона розвивається у вигляді дендритів, примазок та пилуватих присипок по тріщинах і по спайності окремих мінералів та в проміжках між ними.

Самородна мідь у брекчіях виступає як один з найпізніших гідротермальних мінералів. Вона вибірково кородує як магматичні мінерали базальтових уламків (переважно плагіоклази), так і гідротермальні мінерали цементу брекчій, у тому числі анальцим, кварц та хлорит. Характерно, що її виділення розвинуті здебільшого з одного боку прожилків, гнізд і мигдалин гідротермальних мінералів, тобто асиметрично, що говорить про накладений характер мідної мінералізації.

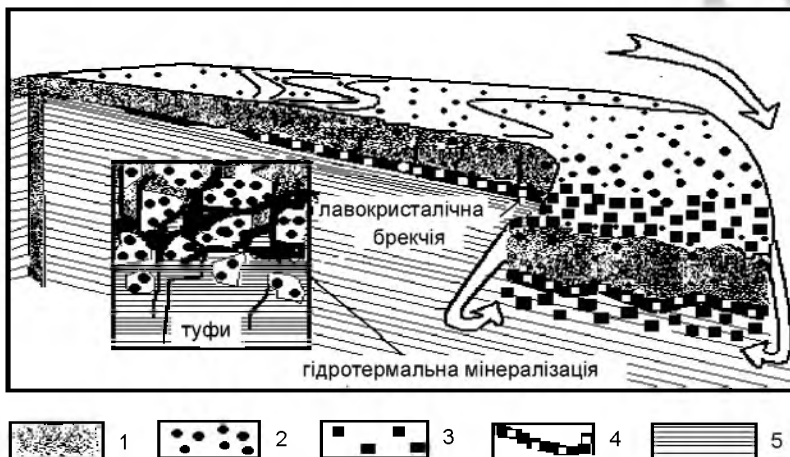
Максимальні температури гомогенізації газово-рідинних включень у гідротермальних мінералах, що асоціюють з міддю, за даними К.І.Деревської (ІФД), стадійно змінюються від 100°C до 335 °C. У складі включень, поряд з іншими газами, виявлено незначні кількості азоту, його оксидів та аміаку, що вказує на можливий масоперенос міді у вигляді аміачних комплексів. Останнє знаходить підтвердження в проведених нами експериментальних дослідях.

**Ретроспективна модель формування лавокластичних брекчій**

Запропонована модель формування вендських лавокластичних брекчій (див. рисунок) оснований на актуа-

лістичному підході з використанням прикладів із проявів сучасного толейтового вулканізму [3, 7, 8].

Як показують спостереження за сучасними потоками базальтової лави, масштаби утворення лавокластичних брекчій залежать від низки фізичних характеристик, що визначають тип лавових потоків. Найвагомішими з них є такі взаємопов'язані величини, як швидкість руху ( $U$ ), густина ( $\rho$ ) та в'язкість ( $\eta$ ) розплаву в потоці заданої довжини ( $L$ ), які контролюють характер течії лави (турбулентний чи ламінарний) і описуються безрозмірним числом Рейнольдса ( $Re = \rho UL / \eta$ ).



**Рисунок. Схема утворення лавокластичних брекчій:**  
 Умовні позначення: 1, 2 – базальти (1– масивні, 2 – мигдалекам'яні), 3 – уламки базальтів, 4 – лавокластичні брекчії, 5 – туфи. Стрілками показано напрямки переміщень

Турбулентний характер руху магми в потоці за гідродинамічними розрахунками [3] встановлюється за умов, коли число  $Re > 2000$ , що характерно для перегрітих, рідких базальтових лав. При такому русі тепло в лаві передається конвекцією і значного перепаду температур у межах потоку не виникає. У місцях безпосереднього виліву базальтової магми на поверхню та поблизу них цей фактор виключає можливість значного зонального твердіння магми біля поверхні потоку, а отже, і формування тут лавобрекчій. Спостереження за сучасними базальтовими потоками на Гавайських островах [7, 8] свідчать, що поверхня таких лав покривається тонкою гладенькою кіркою. Усередині потоку лава ще гаряча і продовжує рухатися, іноді зминаючи цю кірку складками у вигляді канатів, що в'ються, котрі потім, як і весь потік, охолоджуються і одночасно з ним твердіють. Потоки рідкої лави такого типу, слідом за гавайськими остров'янами, називають "па-хое-хое" (на відміну від потоків більш в'язкої лави, що носять назву "а-а") [6].

Базальтові лави можуть текти і ламінарно. Такий спосіб руху спостерігається тоді, коли вони, охолоджуючись, набувають порівняно високої в'язкості або при малому нахилі земної поверхні мають низьку швидкість і відповідно низьке число Рейнольдса ( $Re < 2000$ ). При цьому внаслідок втрати магмою тепла шляхом індукції (теплопровідності) всередині лавового потоку виникає температурний градієнт і встановлюється режим кристалізаційної диференціації магми, котрий призводить до виникнення в потоці відомої вертикальної петрологічної зональності, що була описана також і нами в базальтових потоках волинської серії [4, 5]. У покрівлі та периферійних частинах таких потоків лави твердіють і при подальшому русі потоку руйну-

ються на уламки. Нижні з них тонуть у лаві, частково асимілюючись нею з утворенням при її застиганні лавобрекчій, а більш верхні цементуються пірокластиком, що їх покриває, з утворенням брекчій з туфовим цементом. Останній, імовірно, може проникати також усередину заохоложеного потоку, виповнюючи порожнини між уламками лави, мигдалини та тріщини.

Уламки лави разом з продуктами їхньої цементації транспортуються до переднього краю та боків лавового потоку, який все ще рухається подібно конвеєру (або тракторним гусеницям), як це характерно для потоків "а-а"-лави. З переднього краю такого потоку уламки скочуються та падають дотолу на субстрат. На них повільно наповзає фронт лави, котра втискує уламки в слаболітфіковані туфи, якщо субстрат пірокластичний, та цементує їх з утворенням горизонтів лавокластичних брекчій відповідно з туфовим та лавовим цементом тепер уже в основі потоку. У процесі охолодження потоку до температури, при якій вже можливе насичення його водою, у пустотах порід відкладаються гідротермальні мінерали.

**Висновки**

Розглянутий конвеєрний механізм формування лавокластичних брекчій добре узгоджується з описаними вище особливостями їх будови як у міденосному горизонті біля с. Іванчі, так і в аналогічних утвореннях трапової формації всього Волино-Подільського регіону. Він, зокрема, задовільно пояснює широке розповсюдження в підшві базальтових покривів ефузивних уламків із шлаковою текстурою та канатними відособленнями, котрі звичайно формуються в покрівлі потоків. Знаходять також пояснення такі особливості будови покривів, як певна симетрія їх вертикальної петрогра-

фічної зональності, близькість хімічного складу та дзеркальна послідовність нашарування різновидів лавокластичних брекчій в покрівлі й підшві покриву відносно його центру. На користь запропонованого механізму брекчієутворення, крім того, свідчить пластова форма тіл брекчій, їх широке розповсюдження по площі та невід'ємний зв'язок з покривами базальтів, розміщених на різних стратиграфічних рівнях.

Самородна мідь та інші гідротермальні мінерали в лавокластичних брекчіях відклались, імовірно, з міжпластових водних розчинів, які (подібно до сучасних підземних вод) виповнювали горизонти пористих лавокластитів й інтенсивно рухалися в основі тріщинуватого базальтового покриву над водотривкими туфами. Накладений характер самородної міді відносно інших гідротермальних мінералів указує на ймовірність її формування в пізні стадії гідротермального процесу.

Таким чином, міденосні лавокластичні брекчії в трапах Волині генетично пов'язані зі становленням лавових покривів і є невід'ємними їх складовими. Не відкидаючи можливості інших інтерпретацій генезису даних утворень, на сьогодні ми схильні розглядати їх як крайові субфації базальтних покривів, що формувалися синхронно з базальтами в процесі конвеєрного переміщення потоків лави і пізніше, після її застигання, зазнали значних гідротермальних змін. У зв'язку з цим широке площове розповсюдження серед брекчій їх різновидів з гідротермальним цементом, близьких за будовою

до брекчій Іванчівської ділянки, відкриває перспективи виявлення покладів самородної міді на значних територіях розвитку трапів Волино-Поділля. Її концентрації серед лавокластичних брекчій в першу чергу слід очікувати в основі базальтових покривів, на ділянках, збагачених кварцом та халцедоном. Останні серед порід базальтового складу можливо відігравали роль геохімічних буферів (осадників), на котрих при певних рН та температурі з рухомих міденосних розчинів випадала та накопичувалася самородна мідь.

1. *Воловник Б.Я.* Петрологія и минералогия траповой формации Вольно-Подоллии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. – Львов, 1971.
2. *Квасниця В.М., Квасниця І.В., Косовський О., Матеюк В.В., Приходько В.Л.* Кристаломорфологія самородної міді із вулканітів Волині // *Мінералог. журн.* – 2001. – № 4. – С.109-115.
3. *Кокс К.Г., Белл Дж. Д., Панкхерст Р. Дж.* Інтерпретація изверженных горных пород. – М., 1982.
4. *Матеюк В.В., Мельничук В.Г.* Досвід вивчення базальтових потоків в трапах Волині при геологічній зйомці та пошуках родовищ самородної міді: Тез. доп. I Науково-виробничої наради геологів-зйомщиків України – К., 2001. – С.168-170.
5. *Мельничук В.Г., Новосад Я.О., Матеюк В.В.* Вертикальна петрологічна неоднорідність потоку базальтів волинської серії (Луківсько-Ратненська горстова зона) // *Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: Зб. матеріалів.* – Рівне, 1999. – С.36-39.
6. *Радзівіл А.Я.* Закономірне співвідношення різнопорядкових діапирів, депресій та розривів тектоносфери // *Наук. праці ін-ту фундаментальних досліджень: Зб. матеріалів.* – К., 2000. – С.136-139.
7. *Тихомиров В.Г.* Структурная геология вулканических массивов. – М., 1985. 8. *Фона Уотт.* Землетрясения и вулканы // *Планета Земля: Сб. материалов.* – М., 1999. – С.47-76.

Надійшла до редколегії 10.12.2003 р.