

УДК 549 (477)

ОСОБЛИВОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ УГРУПОВАНЬ ФЛЮЇДИЗАТНО-ЕКСПЛОЗИВНИХ УТВОРЕНЬ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Г. Яценко¹, Є. Сливко¹, А. Росихіна¹, В. Яценко²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
79005 м. Львів, вул. Грушевського, 4
E-mail: geomin@geof.franko.lviv.ua

²Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України
03142 м. Київ, просп. акад. Палладіна, 34

На Українському щиті й у навколишніх структурах локалізовані докембрійські та фанерозойські вибухові структури, складені флюїдизатно-експлозивними формаціями і породами. Ці своєрідні утворення мають певні мінералогічні та петрографічні особливості. Їхнє виявлення і вивчення дає змогу прогнозувати прояви алмазів та інших корисних копалин, пов'язаних з флюїдизатно-експлозивною діяльністю.

Ключові слова: угруповання мінералів, флюїдизит, вибух, трубка, алмаз, руди металів, кристалічна основа, чохол, Український щит.

На тлі стабільного стояння (від пізнього докембрію донині) Східноєвропейської платформи періодично відбувалися етапи активізації, внаслідок чого поновлювалися розломно-блоковий тектогенез, платформний магматизм і флюїдизатно-експлозивна діяльність, зокрема, кімберлітова та лампроїтова [1, 8, 10]. Власне на прикладі цих утворень ми дійшли висновку, що флюїдизатно-експлозивні, зазвичай брекчіє-подібні породи належать до окремого типу нарівні з магматичними, метаморфічними й іншими. Це не продукти кристалізації певної магми, а змішані утворення, що містять компоненти (породи, мінерали, руди) різного походження. Флюїдизати у вигляді газових сумішей із твердими частинками починали переміщення, ймовірно, від меж ядра, спочатку перебуваючи в умовах високих температур і тисків. Вони мігрували по розломах у верхні горизонти літосфери, поповнюючись і видозмінюючись, сприяли локальному переплавленню порід на шляхах проходження або збагачували у вогнищах магму, найчастіше базальтоїдну, перетворюючи її на лужно-базальтоїдну.

У глибинних умовах температура й тиск локально зростали, про що свідчать відповідні мінеральні перетворення (рис. 1 і 2). У зонах градієнтів тиску в корі та приповерхневих умовах флюїдизати вибухали, формуючи трубки і дайки. За таким механізмом утворювалися не лише алмазоносні, а й інші рудні формації. Він найяскравіше виявився на Українському щиті (у кристалічній основі й чохлі) у фанерозої [1, 6], хоча на етапах стабілізації діяв і раніше. Докембрійські флюїдизатно-експлозивні породи у корі за умов метаморфізму перетворювалися на породи відповідного типу. У них збереглися реліктові уламкові та флюїдальні текстурні, стійкі мінерали.

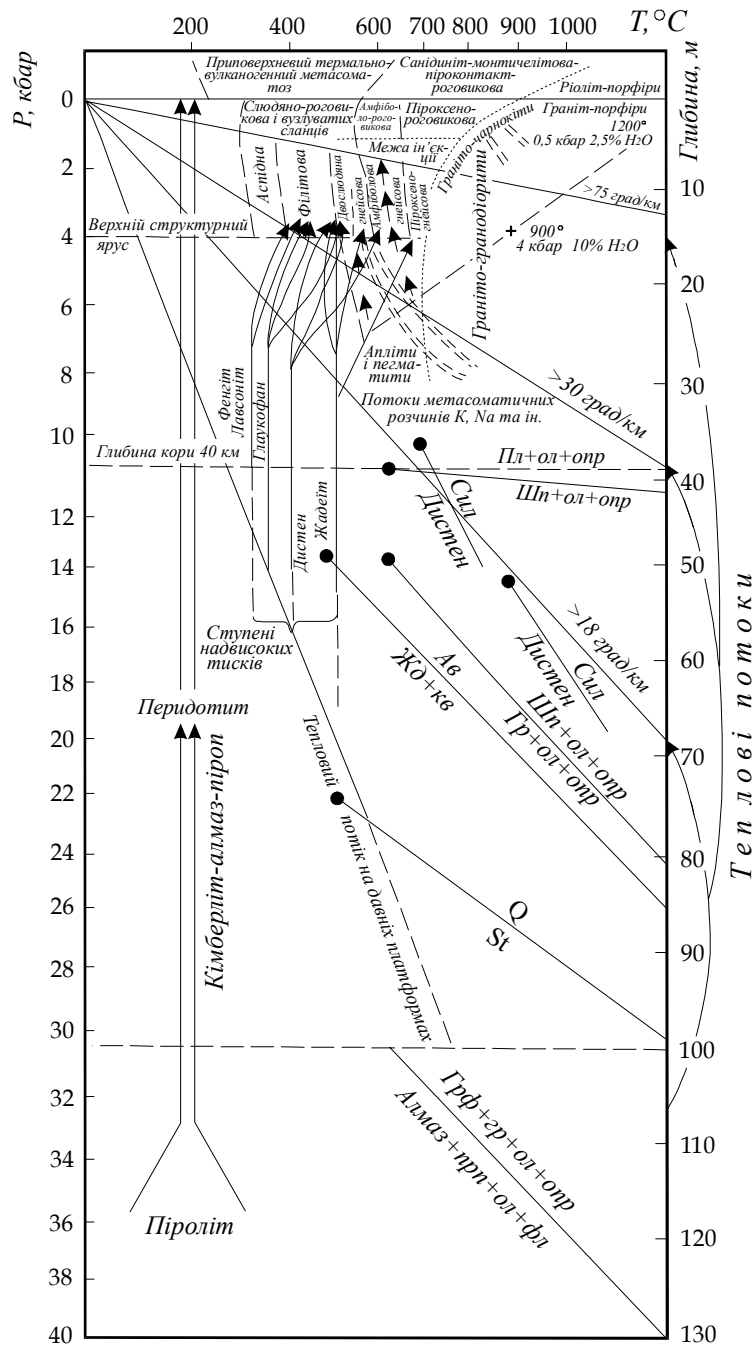


Рис. 1. Непропорційні глибинам змінні теплові потоки і тиски на глибинах під сіалічною корою [5].

Шари Землі		Стан, за [2]	Склад, за [2]	Поширені угруповання мінералів	Флюїдизатно-експлозивні структури
Кора платформи	Чохол	A Твердий	Мінерали мантії і кори	Мінералоїди	Флюїдизатно-експлозивні структури
	Кристалічна основа щита		Оксиди металів	Оксиди	
	Гранітний шар		Силікати	Гідроксилемісні мінерали	
	Базальтовий шар		Оксиди металів	Органованні мінерали	
Мантія	B Твердий	Оксиди металів	Силікати	"Нексовентні" спільноти мінералів	Флюїдизатно-експлозивні структури
		Силікати			
	C Твердий	Силіциди металів	Силіциди, карбід	Безгидроксильні мінерали	
	D Твердий	Силіциди металів	Самородні елементи		
Ядро	E Рідкий	Метали з розчиненим воднем			
	F Твердий	Гідриди металів			
	G Твердий	Гідриди металів			

Рис. 2. Місця формування й локалізації мінералів флюїдизатно-експлозивного походження у шарах Землі.

На нижніх рівнях земної кори (гранулітова й еклогітова фації) процеси відбувалися в "сухих" відновних умовах. У міру просування нагору мінералоутворення зміщувалося в умови гідратації й окиснення.

Флюїдизати, складені нерівноважними різномірними проникними породами, у приповерхневих і поверхневих умовах (особливо в зонах розломів, насичених сульфідами) легко перетворювались у кори звітрювання, головню глини різного складу. Породи кристалічної основи, що примикають до вибухових структур, звичайно дезінтегровані й теж зазнали звітрювання. Кори згодом розмивалися, їхні компоненти переходили в осадові товщі.

На всьому шляху проходження, у тім числі в мантиї, флюїдизати сприяють метасоматозу й відповідним мінеральним перетворенням у тих умовах, де стирається (особливо на нижніх горизонтах) поділ на рухомі й інертні компоненти. Кристалізація нових мінералів, у тім числі алмазу, відбувається тут за участю газової фази. Спеціалізація флюїдизатів різноманітна, у газову або пароподібну форму переходить багато елементів, які зазвичай є у твердому чи рідкому стані.

Як наслідок утворюються брекчії з уламками порід і мінералами різного складу, часом несумісними (лейцит + кварц, олівін + кварц у лампроїтах, “гранітах” рапаківі й ін.), тому що ці породи не є диференціатами звичайних магматичних вогнищ. Ознака, яка об’єднує флюїдизати й дає змогу їх ідентифікувати, – це наявність мало сумісних і некогерентних елементів (Cr, Ni, Co та K, Ti, P, Nb, Ba, Zr, TR тощо) у різних кількісних співвідношеннях. У складі газів є N₂, H₂, He, CO, CH₄, F, Cl, S та ін.

Мінералогічні та наведені геохімічні ознаки, властиві породам кімберліт-лампроїтового ряду, поширеним у центральній частині Українського щита (Кіровоградський блок), свідчать про зв’язки з мантийними глибинами і можливу алмазносність [4]. Характерна також сумісна наявність різних модифікацій кремнезему, ізотопних різновидів вуглецю, гідроксильних і безгідроксильних мінералів, стекло і продуктів їхньої розкристалізації (що свідчать про швидке вкорінення), у різному ступені змінених частинок осадового й органогенного походження.

На тлі загальних регресивних (щодо температури й тиску) умов мінералоутворення під час повторних експлозій створювалися і прогресивні, про що свідчать заміщення флогопіту гіперстеном, ільменіту й магнетиту гранатом, калієвого польового шпату силіманітом, еклогітизація та інші процеси. Це призводило й до заміни гідроксильних мінералів безгідроксильними.

Згідно зі спеціалізацією флюїдизатів виникали концентрації відповідних мінералів кремнію, фосфору, калієві польові шпати, флюорит тощо, а також певні форми їхнього прояву (кристали, неправильні зерна, масивні утворення, ооліти, конкреції). Характерні різноманітні зміни й перетворення мінералів – регенерація, резорбція, оплавлення, штрихування на поверхні зерен, гартування, опацитизація, поява келіфітових облямівок, корозія, розкладання, часткове заміщення, розкристалізація і розкладання склуватої фази, утворення планарних елементів (їх виявлено в мінералах не тільки астроблем, а й вибухових структур земного походження).

У структурах експлозивного типу можна виділити породні й мінеральні угруповання трубок і дайок, кратерних відкладів, закратерних вивержених утворень зон облямування, кір звітрювання по них. Перевідкладені породи утворюють самостійні угруповання (тут їх не розглядаємо). На рівні асоціацій можна виділити групи мінералів уламків різних порід (дунітів, гнейсів, гранітів тощо), продуктів розкристалізації стекло, звичайного метаморфізму й метасоматозу, кір звітрювання вмісних порід.

Нижче схарактеризовані (див. рис. 2) головно угруповання мінералів різного положення щодо вибухових структур (В) і пов’язаних з ними співіснуючих утворень, зовнішніх приконтактних (К) і перекирваних кратерних (П). Виділяють також доексплозивні утворення, які формуються в чохлі під час росту купола в умовах пропарювання під впливом розсіяної флюїдизації, що передують вибуху. Карбонатні товщі чохла розкладаються з виділенням газів; карбонати нерідко набувають пузирчастої текстури. Під час вибуху насичений флюїдами матеріал стає пелітоморф-

ним. Цемент пісковиків зазвичай карбонатний, заміщуваний кремнеземом, калішпатом (з утворенням гранітоподібних порід), флюоритом, фосфатами.

Самородні мінерали представлені різними модифікаціями вуглецю (алмаз, лонделейт, графіт та ін.), які формуються на ранніх стадіях у трубках (В) і покрівлі (П), а також металами, утворення яких більше пов'язано з завершальними етапами розвитку структур (самородні золото, платина, срібло, мідь, поліметали тощо). Вони звичайно асоціюють із сульфідами. Золото відшукали в дайках кімберлітів біля м. Кіровограда, у трубках і дайках рівненськітів Рівненського поля біля м. Новоукраїнка, де воно асоціює з міддю, характерною для структур лампроїтового типу, та іншими металами.

Карбід найчастіше представлені муасанітом, який нерідко асоціює з алмазом [10] і когенітом (В, П). Їх знайдено в рівненськітах, на графітових родовищах (Балка Власівська [9]) та інших ділянках пов'язано з проявами експлозивної діяльності. Можливо, муасаніт частіше трапляється тому, що його легко ідентифікувати в мінералогічних пробах.

Силіциди виявлені в подібних ситуаціях, головню в експлозивних структурах, наприклад, на Завалівському графітовому родовищі.

Сульфід, **арсенід**, **телуриди** наявні в алмазоносних та інших структурах (В) (Рівненське поле рівненськітів, Завалівське родовище графіту) в асоціації з благородними металами. Формуються вони на пізніх стадіях розвитку структур. На Рівненських об'єктах та структурах типу Зеленогайської трубки зерна сульфідів дрібні, представлені чіткими кристалографічними формами. Для цих же структур характерні й **сульфати**, причому у вапнистих товщах наявні кальцієві різновиди, а в залізистих (із сульфідами заліза) – залізисті (ярозит на Завалівському родовищі).

Серед **оксидів і гідроксидів** виявлено первинні та вторинні мінерали. Крім традиційних магнетиту, гематиту й гідроксидів заліза, трапляються такі досить рідкісні мінерали, як вюстит і магеміт. Вюстит виявлено в уламках глибинних порід, магеміт – в оболонках залізистих овоїдів у проявах бокситів Смілянського поля (П). Залізні руди експлозивного походження є у Криворіжжі, Середньому Побужжі (П), можливо, і в Керченських родовищах. Подібну позицію займають манганорудні Хашчеватівські родовища (В), а також прояви мангану в Інгулецькому районі (П), можливо, і Нікопольські. З експлозивними явищами генетично пов'язані боксити, фосфати й мінерали титану (рутил, анатаз, брукіт, ільменіт, сфен, армоколліт).

З оксидів у вибухових структурах наявні також шпінель, хроміт, хромшпінеліди й інші утворення, характерні для трубок алмазоносних структур.

Оксиди кремнію дуже поширені, незважаючи на те, що флюїдизати починають формуватися на мантийному рівні, коли нема вільного кремнезему. Виділяють високобаричні й високотемпературні модифікації глибинних рівнів або псевдоморфози по них та вторинні мінерали, що формуються як у трубках, так і в перекиривних утвореннях. Кварц нерідко асоціює з золотом. Поширені опал, халцедон, кварцин, α -тридиміт, β -кристобаліт (К, П). Дуже характерні для експлозивних структур дрібні (1–3 мкм) кубічні й дипірамідальні зерна кварцу. Кубічні зерна генетично пов'язані з перетворенням зерен кристобаліту й, імовірно, утворенням як негативні форми в кристалах гранату.

Корунд і гідроксиди алюмінію мають виняткове значення в експлозивних структурах лампроїтової групи, свідчать про можливу алмазоносність. Різноманітні за кольором і формою зерна корунду наявні у глибинних породах, метасоматитах (В) і

вторинних кратерних утвореннях (П) структур Рівненського поля. Зерна мінералів бувають оплавлені.

Група первинних силікатних мінералів найширше представлена залізо-магнезійними й алюмосилікатними різновидами. Глибинні мінерали більш магнезійні (В). Це гранати, слюди, піроксени й амфіболи, у тім числі лужні в трубках лампроїтового типу Рівненського поля; однак гранати тут відрізняються змінним складом і меншою магнезійністю порівняно з кімберлітовими. Судячи із включень у гранатах гранулітової фації, вже на цьому рівні в мінералоутворенні брали участь "сухі" гази [7]. Про такі умови свідчать заміщення безгідроксильних мінералів безгідроксильними (піроксенів, плагіоклазів, карбонатів гранатами), особливо виявлені в еклогітоподібних породах, досить поширених на Українському щиті як в експлозивних структурах, так і в метаморфічних утвореннях. Подібні приклади з побіжним утворенням воластоніту, сфену, гейкіліту зафіксовані й у високотемпературних скарнах зі скаполітом, іноді – везувіаном (Клинцівське золоторудне родовище).

Типоморфним мінералом експлозивних структур, особливо алмазоносних, виповнених породами лампроїтового типу, є циркон. Він представлений численними різновидами, які, ймовірно, характеризують мантию й увесь розріз земної кори (Рівненське поле) [1].

Польові шпати і фельдшпатоїди більше властиві породам лужного спрямування (лампроїтам та ін.). Наявні санідин, ортоклаз, лейцит та інші мінерали (В, К). У метасоматично змінених породах тектоноексплозивних зон на глибоких рівнях з ними пов'язані силіманіт, дистен, у приповерхневих – муліт, дрібнозернистий топаз.

До мінералів цієї групи тяжіє кордієрит (К), який утворюється в умовах розуцілення, у разі стресових напруг його заміщує силіманіт; кордієрит містить включення типових експлозивних мінералів, у тім числі муасаніту.

Дуже представницькі вторинні мінерали експлозивних структур, наявні в первинних корах і перевідкладених продуктах, у кратерних осадах (В, П), а також у прилеглих вивітрілих кристалічних породах (П). В умовах слабо відслоненого Українського щита вторинні мінерали безпосередньо свідчать про можливість існування похованих структур і характер їхнього виповнення. Тальк, серпентин, гідроксиди заліза, карбонати, глини монтморилонітової групи розвиваються по ультраосновних породах, глини групи каолініту – по лампроїтах і вмисних утвореннях кислого складу (гнейсах, гранітах). Наявність селадоніту і глауконіту є свідченням калієвості й залізистості заміщуваних порід.

Карбонатні мінерали в первинних флюїдизатно-експлозивних утвореннях (окрім карбонатитів) поширені порівняно слабо, проте вторинні карбонати розвинені широко. Здебільшого вони виділяються під час розкладання первинних силікатів, що містили кальцій. Особливо важлива роль карбонатів у разі формування експлозивних структур. Спочатку розкладаються карбонатні відклади, які перекидали структуру, що зароджувалися; внаслідок цього утворюються шлакоподібні, пористі карбонатні породи. Під час експлозій вони перетворюються на пелітоморфну карбонатну речовину (купол Великі Дедеркали в басейні р. Горинь, кар'єр у с. Малий Став та ін.), а на постексплозивних стадіях формуються травертини. З мінералів переважають кальцит і арагоніт.

Для пелітоморфних вапняків характерні арагонітизація та дроблення черепашок. У подібних утвореннях нерідкісні фосфатизовані кістки й зуби риб, кісткові решт-

ки, фауна гіпаріона (прояв на правому березі р. Південний Буг нижче м. Вінниці, кар'єр у с. Демидівка). Рослинні залишки звичайно представлені інертнітом. Трапляються скременілі й озалізовані форамініфери, опалізовані карбонати (у відкладах чохла і брекчіях). Пов'язано з подібними структурами палеогену й неогену в карбонатах виявилася мармуризація, у невеликій кількості з'явилися лусочки графіту, навіть у черепашках, де також виявлено пазирчасті текстури й мармуризацію. Ці спостереження зроблено на південному (південніше Кривого Рогу) та західному схилах Українського щита.

З експлозивними структурами молодого віку пов'язані відповідні мінерали на родовищах флюориту й фосфоритів Поділля, фосфоритів і глауконітів Волині й Чернігівської області; вторинний глаукофан виявлено в Середньому Побужжі. У вибухових структурах наявні опалоподібні зерна апатиту й корунду.

Безструктурні склоподібні утворення формуються в теригенних і глинистих породах. На відміну від стекел магматичного походження вони мають різноманітний склад – від кварцового до лужного (із вмістом $K_2O \sim 25\%$) і залізного (під час розкristалізації таких порід утворюється гізінгерит). За характером прояву це фульгурити, молдавіти, лешательєрити тощо. У щільних глинистих породах по стінках тріщин розвивається склуватий матеріал, подібний на глазур (кар'єр на р. Горинь у с. Путринці, відслонення на лівому березі р. Дністер і в с. Жеребилівка).

Як відомо, експлозивна діяльність у трубках виявлялася неодноразово; у нові високотемпературні умови залучалися і вторинні мінерали попередніх експлозій (кristалізація високотемпературних модифікацій SiO_2 , тонкозернистого топазу, муліту тощо).

Описані особливості глибинних мінералів експлозивних структур багато в чому подібні до таких мінералів мантії, Місяця, чорних пісків. Юні прояви флюїдизитів (на межі неогену й четвертинного часу) містять мінерали, характерні для цементів (ларніт, портландит). У молодих експлозивних структурах нерідкісні масивні й порожнисті рудні та склуваті кульки, шлаки.

Надання самостійного значення угрупованням мінералів експлозивних порід і їхнє вивчення дають змогу по-новому відобразити різноманітні актуальні аспекти геології щитів. Передусім це стосується розходжень в історії їхнього розвитку в докембрій і фанерозі. Етапи активізації, які супроводжувалися експлозивною діяльністю, що змінювала параметри літо-, гідро- й атмосфери, свідчать про суттєве значення катастроф в історії континентальної кори на тлі Землі, що пульсаційно розширювалася [3]. Мінерали експлозивних порід у відповідних структурах є своєрідним зондом, який відображає склад кори від мантійних глибин. Вони сприяють вирішенню питань стратиграфії, визначенню ерозійного зрізу, розшукам родовищ корисних копалин.

Досвід металогенічних досліджень, що їх виконують у межах Українського щита, засвідчує, що виявлення і вивчення мінералогічних ознак флюїдизатно-експлозивної діяльності є важливим критерієм розшуків не тільки алмазів, але й багатьох інших видів мінеральної сировини.

Визнання широкого розвитку флюїдизатно-експлозивних процесів, відповідних структур, порід і родовищ, мінеральних угруповань та асоціацій зумовлює необхідність виконання поглиблених і тривалих досліджень. Одним із перших на перенесення з глибин тепла і тиску, відповідні фазові мінеральні переходи та роль

калію у цьому процесі звернув увагу М.П. Семененко [5 та ін.]. На думку вченого, наявність у глибинних породах кристобаліту свідчить про диференціацію кімберліту при температурі близько 1800°C. Оплавлення циркону, корунду, муасаніту й інших мінералів є показником значно вищих температур, можливі плазматичні явища.

Наведені відомості (у тім числі рис. 1 і 2) треба трактувати як формулювання проблеми флюїдизатів, їхньої ролі в літосфері, а не її остаточне вирішення.

1. Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерации алмаза / Г.М. Яценко, Д.С. Гурский, Е.М. Сливко и др. К., 2002.
2. *Ларин В.Н.* Гипотеза изначально гибридной Земли. М., 1980.
3. Металлогеническая карта геодинамических систем пульсационно расширяющейся Земли. Масштаб 1:15 000 000. Краткая объяснительная записка. СПб., 1996; Чикаго, 2000.
4. *Подвысоцкий В.Т.* Концепция формирования магматогенных и терригенных алмазоносных формаций древних платформ как основа прогнозирования месторождений // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Тр. Междунар. науч.-практ. конф., Симферополь–Судак, 21–23 сентября 1999 г. Симферополь, 2000. С. 13–24.
5. *Семененко Н.П.* Минеральные фазовые состояния в глубинных сферах Земли // Геохимия и рудообразование. 1981. Вып. 9. С. 3–9.
6. *Семененко Н.П., Яроцук М.А., Великанов Ф. Ю.* и др. Связь мезозойского платформенного вулканизма с зонами активизации в докембрии Северного Криворожья // Геохимия и рудообразование. 1985. № 13. С. 3–13.
7. *Сиворонов А.А., Росихина А.И., Жихарев А.П.* О флюидном режиме метаморфизма гранулитовой фации по данным минералотермобарогеохимических исследований // Тез. докл. совещ. по термобарогеохимии. Уфа, 1976. С. 119.
8. *Туговик Г.Н.* Флюидизатно-эксплозивные структуры и их рудоносность. М., 1984.
9. *Яценко Г.М., Лавренко Е.И., Мамчур Г.П., Росихина А.И.* О генезисе графита докембрийских формаций Ингулецкого района и Криворожья // Минерал. сб. 1986. № 40. Вып. 1. С. 80–85.
10. *Яценко Г.М., Бабинін О.К., Паршина М.О.* та ін. Мінералого-петрографічні особливості і перспективи алмазоносності порід вибухових структур центральної частини Українського щита // Мінерал. зб. 1994. № 47. Вип.1. С. 44–54.

PECULIARITIES OF MINERAL ASSOCIATIONS IN FLUIDIZATE-EXPLOSIVE ROCKS OF THE UKRAINIAN SHIELD

G. Yatsenko¹, Ye. Slyvko¹, A. Rosykhina¹, V. Yatsenko²

¹Ivan Franko National University of Lviv
Hrushevskogo St. 4, UA – 79005 Lviv, Ukraine

E-mail: geomin@geof.franko.lviv.ua
²*Institute of Environment Geochemistry of NASU*
acad. Palladin Av. 34, UA – 03142 Kyiv, Ukraine

The Precambrian and Phanerozoic explosive structures composed by fluidizate-explosive formations and rocks are located in the Ukrainian Shield and environmental structures. These rocks have their original mineralogical and petrographic peculiarities. Their discovery and study enables to predict displays of diamonds and other minerals connected with fluidizate-explosive activity.

Key words: minerals associations, fluidizate, explosion, pipe, diamond, metal ores, crystalline basement, cover, Ukrainian Shield.

Стаття надійшла до редколегії 21.05.2002

Прийнята до друку 19.09.2002