

УДК 553.532:550.85(477.82)

**ПРИРОДА МИГДАЛЕПОДІБНИХ УТВОРЕНЬ У БАЗАЛЬТАХ ВОЛИНИ  
(ОНТОГЕНІЧНИЙ АСПЕКТ)**

**Ю. Федоришин<sup>1</sup>, І. Наумко<sup>2</sup>, Н. Нестерович<sup>2</sup>, М. Яковенко<sup>1</sup>, Н. Тріска<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Львівське відділення УкрДГРІ  
79038 м. Львів, вул. Пасічна, 38а  
E-mail: geologist@bigmir.net

<sup>2</sup>Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України  
79060 м. Львів, вул. Наукова, 3а  
E-mail: naumko@ukr.net

На прикладі базальтів заболотівської світи наведено характеристику мигдалеподібних утворень, які поширені також у базальтах інших світ і товщ трапової формації. Вивчення генетичних особливостей мигдалеподібних утворень та аналіз наявних матеріалів з цього питання дає підстави зачислити їх до продуктів ліквідації й надалі вважати глобулярними фазами – продуктами незмішуваності силікатного розплаву.

*Ключові слова:* базальт, глобула, сфероліт, сфероїд, мигдалина, везикула, ліквідація, силікатний розплав, онтогенія, трапова формація, Україна.

Мигдалеподібні відокремлення, як своєрідні геологічні утворення різноманітної форми (кулясті, видовжені, складної форми), розміру (найчастіше від перших мікронів до кількох сантиметрів), мінерального складу (моно- та полімінеральні), внутрішньої будови (структури), ступеня кристалічності (від склоподібних до кристалічнозернистих), можуть слугувати ключем до розуміння процесів, що відбуваються в магматичному розплаві ще до початку та у процесі його кристалізації. З огляду на це зрозумілим є інтерес до них багатьох дослідників. Часто мигдалеподібні утворення фіксують в ефузивних породах різного складу й віку.

На подібні відокремлення кулястої форми вперше звернули увагу у другій половині XIX ст. Водночас погляди на їхнє утворення від початку були різними. З цього приводу доречно навести слова Ф. Левінсона-Лессінга, який багато років вивчав варіолітові породи і надавав важливого петрогенетичного значення процесам ліквідаційної диференціації, з відомої роботи М. Кашкая [9]: “Незважаючи на те, що варіоліти неодноразово були предметом точних досліджень, і незважаючи на те, що багатьом петрографам здавалося, що вони вже сказали з цього приводу своє останнє слово, усе ж продовжують у наших даних щодо цієї цікавої породи залишатися незаповненими деякі прогалини. Насправді, ми не маємо навіть єдиної думки про власне петрографічний характер варіолітів, не кажучи вже про структуру і генетичні співвідношення” (переклад наш. – Ю. Ф.).

Повною мірою ці слова можуть стосуватися і базальтових утворень трапової формації Волині.

До з’ясування природи мигдалеподібних утворень у базальтах Волині ми підійшли з онтогенічних позицій, адже саме з позицій онтогенії мінералів як учення про генезис

мінеральних індивідів і агрегатів [5] можна отримати докази на користь того чи іншого погляду на природу мигдалеподібних утворень, і в цьому аспекті власне їхні онтогенічні особливості заслуговують на окрему увагу.

Онтогенія мінералів у розумінні Д. Григор'єва [5], який уперше вжив цей термін 1955 р., – це розділ генетичної мінералогії, присвячений вивченню генезису мінеральних індивідів і агрегатів, їхньому спільному й індивідуальному розвитку, включаючи виникнення (зародження), ріст і агрегацію на різних рівнях (формування агрегатів), взаємодію у процесі росту і зміни аж до руйнування або повного зникнення (розчинення). Важливе значення у подальшому розвитку цього важливого для мінералогії і геологічної науки загалом поняття мали праці завідувача кафедри мінералогії Львівського університету, проф. Є. Лазаренка (на той час ректора). У 1963 р. він видав підручник з основ генетичної мінералогії [10], який не втратив наукової і навчальної цінності досі. Нерозривно пов'язаний з терміном “онтогенія мінералів” термін “філогенія мінералів” як учення про генезис мінеральних видів і парагенезисів [5].

Оскільки для мигдалеподібних утворень згаданого типу в літературних джерелах досі застосовують різну номенклатуру і трактують їх по-різному й далеко не завжди однозначно, то перш ніж перейти до викладення основного змісту, вважаємо за доцільне навести перелік використаних термінів та їхнє трактування, скориставшись працею Б. Бейлі стосовно газових пухирців (везикул), мигдалин, сферолітів і глобул [4].

*Газові пухирці (везикули)* – порожнини, що виникають у разі затвердіння лави з виділеннями газової фази. Можуть бути округлої, неправильної або видовженої форми.

*Мигдалини* – газові пухирці, які залишаються після затвердіння лави і які згодом повністю або майже повністю заповнює тверда мінеральна речовина. Передбачають, що заповнення відбувалося внаслідок міграції матеріалу у складі порового водного флюїду.

*Сфероліти* – агрегати кристалів, що виростили у напрямі зовнішнього боку (відцентровий ріст) з одного спільного центра. Зазвичай трапляються у склуватій лаві.

*Глобули* – краплеподібні відокремлення, що утворилися внаслідок незмішуваності початково гомогенного силікатного розплаву, яка виникає за певних фізико-хімічних умов. Розмір окремих глобул може коливатися в достатньо широких межах – від кількох мікронів до кількох сантиметрів. Їхня форма може змінюватися від кулястої до неймовірно спотвореної і складної, часто видовженої завдяки злиттю (коалесценції) окремих дрібніших глобул. Стосовно можливої форми глобул визначено [14], що вони як окрема (дисперсна) фаза можуть переміщатися навіть усередині інтерстиційної рідини кристалічної “каші”, обтікаючи й обкутуючи кристали мінералів, якщо різниця в густині двох незмішуваних розплавів перевищує сили поверхневого натягу і спрямована на збереження ними сферичної форми. Якщо рідка дисперсна фаза ліпше змочує поверхню кристалів, ніж матриця, що їх уміщує, то ці адгезовані (прилиплі) краплі не тонуть і не спливають у магмі у вигляді самостійної фази.

Предметом дослідження стали базальти заболотівської світи Ратне–Камінь-Каширської площ зі свердловини 4 583, розташованої на відстані 1,2 км на північ від с. Якуші, з якими пов'язуємо широкий розвиток явищ незмішування розплавів і, відповідно, утворення глобул. Залежно від їхнього розташування в розрізі окремого виливу глобули еволюціонують за розміром, морфологією, складом і ступенем кристалічності.

Взірці для дослідження відібрано з різних частин окремих виливів: зони загартування, перехідної зони, зони мандельштейну та центральної зони, які ми виділяли раніше [19]. Зазначимо лише, що виділені зони залежно від загальної потужності окремого ви-

ливу можуть мати різну потужність або їх може не бути (це не стосується лише зони загартування).

**Зона загартування.** Фіксована від підшви заболотівської світи, її потужність становить від 0,3 до 0,6 м. Порода представлена гіаліново-гіалопілітовою відміною базальту з поодинокими мікропорфіровими протокристалічними вкрапленнями заміщеного олівіну (інколи гломеропорфірові скупчення), пойкилоофітовими зростаннями плагіоклазу й піроксену. Наявні поодинокі дуже дрібні зерна хроміту (?) і скелетні лейсти плагіоклазу. Забарвлення базальту неоднорідне, змінюється від бурого–темно-бурого до зеленого різних відтінків. Зміна кольору відбувається без видимої зміни структурно-текстурних особливостей і ступеня кристалічності. Текстура породи масивна.

Мінливою і складною є структура основної маси, оскільки вона охоплює кілька структуроформувальних компонентів, які віддзеркалюють суттєво різні аспекти еволюції розплаву: лейсти плагіоклазу, які утворюють власне загальну гіалопілітову структуру, їхнє поширення необмежене; аморфна апогіалінова речовина як основний компонент; сферолітовий компонент, який утворює поступові переходи від апосклуватої аморфної частини до порівняно добре індивідуалізованих сферолітових утворень зі снопта віялоподібними відмінами сферолітів (фрагменти сфагнової структури). Переважає гіаліново-(гіалопілітово-)-сферолітова (снопоподібна) “острівна” структура, у якій окремі краплі скла є ніби острівцями. Водночас у цій зоні вилливу наявна низка чітких петрографічних ознак, що свідчать про розвиток процесу ліквідації.

1. За значенням показника заломлення, забарвленням та його густиною тріщинувату склоподібну масу можна розділити на три відміни (фази): скло зеленкувато-синього, бурого і ясно-бурого кольору. Відповідно до цих кольорів відрізняються й показники заломлення цих відмін. Між фазами є чіткі межі, які виокремлені ниткоподібними виділеннями рудного мінералу (магнетиту) і світлої оболонки (кремнезему) (рис. 1, а–в).

2. У межах бурих фаз скла розвинута ще одна фаза, яку впізнають за “червоподібною” або іншою неправильною формою.

Принципова можливість існування не лише двох (у нашому випадку два скла різного складу), а трьох фаз (до двох фаз скла додається крапельна “червоподібна” фаза) у ліквідувальних системах можлива. Це підтверджено не лише експериментальними дослідженнями технічного скла різного складу [22], а й працями з вивчення природних об’єктів [11, 21 та ін.].

У площині шліфа з’єднаних між собою фрагментів відмішаних фаз практично не простежено, однак тенденція до цього існує (див. рис. 1, г), тобто поширення обох фаз може мати взаємопроникний характер, унаслідок чого утворюється властива ліквідувальним розплавам двокарасна структура, яку вдається виявити під мікроскопом у шліфах лише за допомогою серії паралельних зрізів.

Такий структурний рисунок зачисляють до типу крапельного, незважаючи на відхилення від сферичної форми. Він виникає на ранній стадії фазового розділення рідин, де дисперсна фаза відокремлена у вигляді спотворених у розрізі площини шліфа форм (увігнуті багатокутники, серпо-, петле- та амебоподібні форми).

Аналогічний структурний рисунок отримано В. Грейгом 1937 р. під час вивчення механізму розділення штучних силікатних сумішей [8]. Ще тоді з’ясували, що ступінь досконалості розділення рідких фаз і форми їхнього виділення залежать від тривалості термічної обробки. Вирізняє ліквідаційну природу фази всередині фрагментів скла світла (збагачена кремнеземом) і чорна (рудна) оболонки на межі різних фаз.

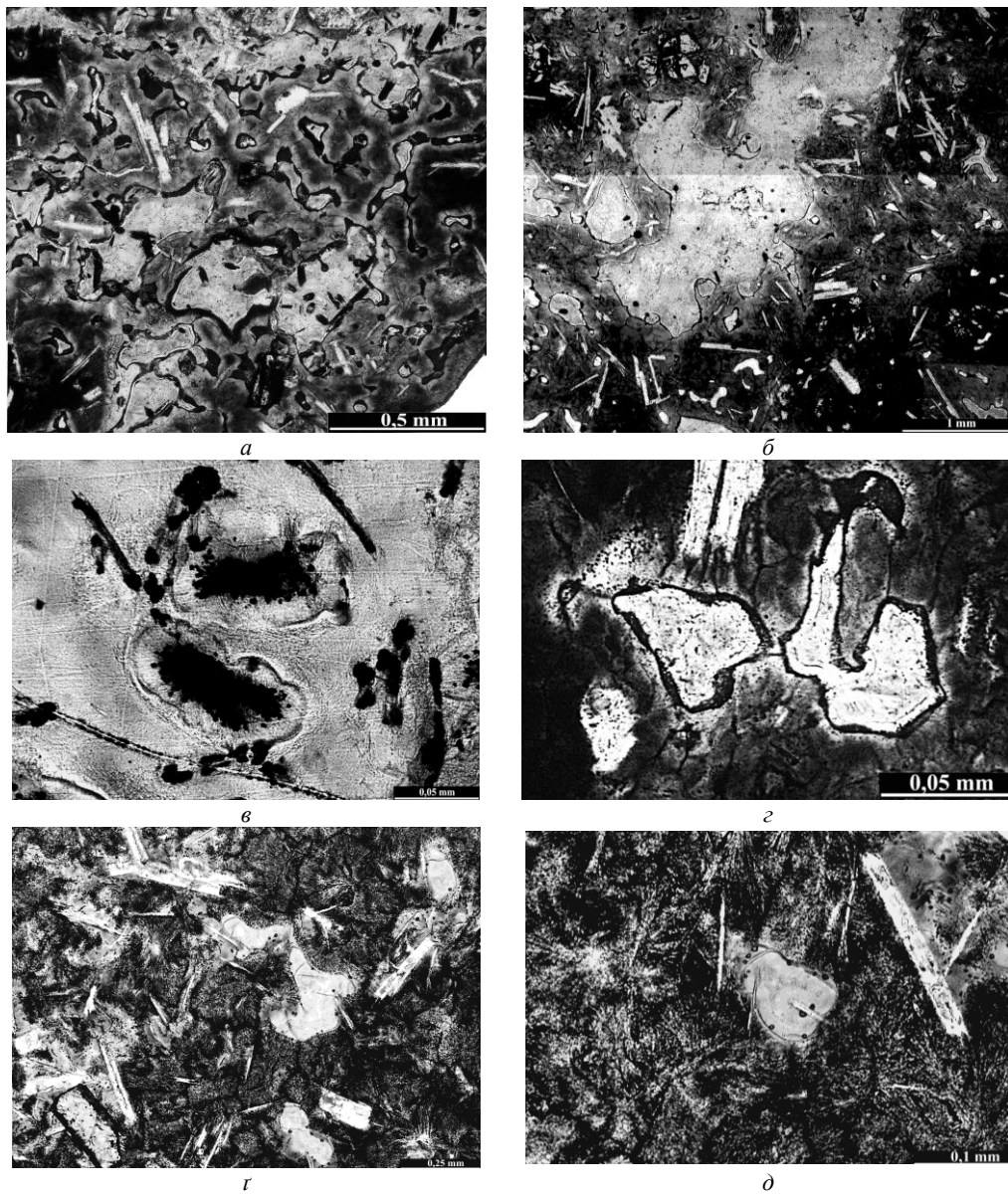


Рис. 1. Зона загартування в базальтах заболотівської світи, св. 4 583, гл. 243,6 м:

*a* – загальний вигляд базальту; незмішувані склуваті фази добре видно за інтенсивністю забарвлення та фазовими межами; *б* – незмішувані світло-бура (у центрі) та бура склуваті фази; *в* – незмішувані фази зелено-синьої відміни скла; одна з них (овальні фази у центрі) містить виділення заміщеного магнетитом піроксену, інша (матрична) містить лейсти плагіоклазу з дрібними краплями магнетиту; *г* – двокаркасна структура, утворена краплеподібною та матричною фазами скла; *д* – розташування скелетних лейст плагіоклазу одночасно у матричній сферолітовій (снопоподібній) та дисперсній (відділеній) фазах; *е* – розташування скелетних лейст плагіоклазу одночасно у матричній та дисперсній (відділеній) фазах, а також кристалізація лейст плагіоклазу вздовж межі фаз. Без аналізатора.

3. Інколи можемо спостерігати розташування скелетних лейст плагіоклазу одночасно в матричній та дисперсній (відділеній) фазах, а також кристалізацію лейст плагіоклазу вздовж фазової межі (див. рис. 1, *г, д*). У першому випадку маємо свідчення того, що ріст лейст відбувався тоді, коли дві рідини, що співіснували, перебували в рівновазі одна з одною, оскільки неможливо уявити, що “тендітна” лейста могла бути “втиснута” у затверділу фазу [24].

Що стосується частого розташування лейст уздовж межі двох незмішуваних фаз, то цей факт пояснюють максимальною концентрацією відповідного компонента й енергетичною вигідністю зародкоутворення та росту в цій зоні.

**Зона переходу** має потужність від перших сантиметрів до 25–30 см. Для неї характерний розвиток дендритової, частково гіалофітової та нечіткої інтерсертальної структур. Глобули утворюють дрібні індивідуальні відокремлення розміром від десятків мікронів до 0,2–0,4 мм або ж унаслідок коалесценції укрупнюються й утворюють складно-побудовані морфологічні форми, які досягають розміру 1 мм.

Для цієї зони простежується мікроглобулярна структура.

Розподіл глобул у межах зони й у площині шліфа нерівномірний, їхній вміст змінюється в межах 23–36 % (середнє значення з семи підрахунків у шліфах інструментальним методом – 30 %).

Для глобулярних відокремлень зони переходу характерні такі особливості.

1. Чітка зональність, яка утворилася внаслідок охолодження мінеральної речовини всередині глобул (рис. 2, *а*). На контакт з матричним середовищем (зокрема, лейстами плагіоклазу) мінеральна речовина тонкоагрегатна і близька до ізотропного стану. З віддаленням від контакту ступінь розкристалізації зростає, з’являються обриси радіально-променевої будови. Враховуючи, що кристаліти розташовувалися невпорядковано (див. рис. 2, *а*), з випадковим просторовим орієнтуванням, то під час їхнього сумісного росту діяв закон геометричного відбору.

2. Так само, як і в зоні загартування, є випадки одночасного розташування скелетних лейст плагіоклазу в межах окремих глобул і матриці (див. рис. 2, *б, в*).

3. Фазова межа (часто в літературі трапляється назва меніск, що свідчить про різку, а не розмиту межу), яка розділяє глобулярне відокремлення і матричну основу, окреслює зовнішні, часто спотворені контури окремих великих глобул. Ці глобули, зазвичай, оточені дрібними, форма та орієнтування яких свідчать, що до затвердіння існувала тенденція до зближення малих глобул з великою, а це є безпосереднім свідченням їхнього переміщення в матричному середовищі з подальшою коалесценцією (див. рис. 2, *г, і*). Яскравим проявом переміщення “рідина в рідині” є характерна ускладнена гантелеподібна форма, зображена на рис. 2, *д*.

4. Практично в усіх випадках для зони переходу зафіксовано високий ступінь кристалічності всередині глобул. Структурний рисунок свідчить, що кристалізація й подальший ріст кристалів розпочиналися від місця відведення тепла – з поверхні крапель, тобто кристалізація відбувалася від внутрішніх стінок крапель до середини. Іншими словами, необхідне для початку росту кристалічної речовини пересичення настає в місці відведення тепла, яким є фазова межа матриця–крапля.

5. Для внутрішньої будови глобул часто характерна наявність своїх міжфазових меж, що свідчить про внутрішню агрегатну та мінеральну неоднорідність. У цьому випадку йдеться про вторинну незмішуваність, яка може бути всередині глобул (багатоетапність процесу ліквідації).

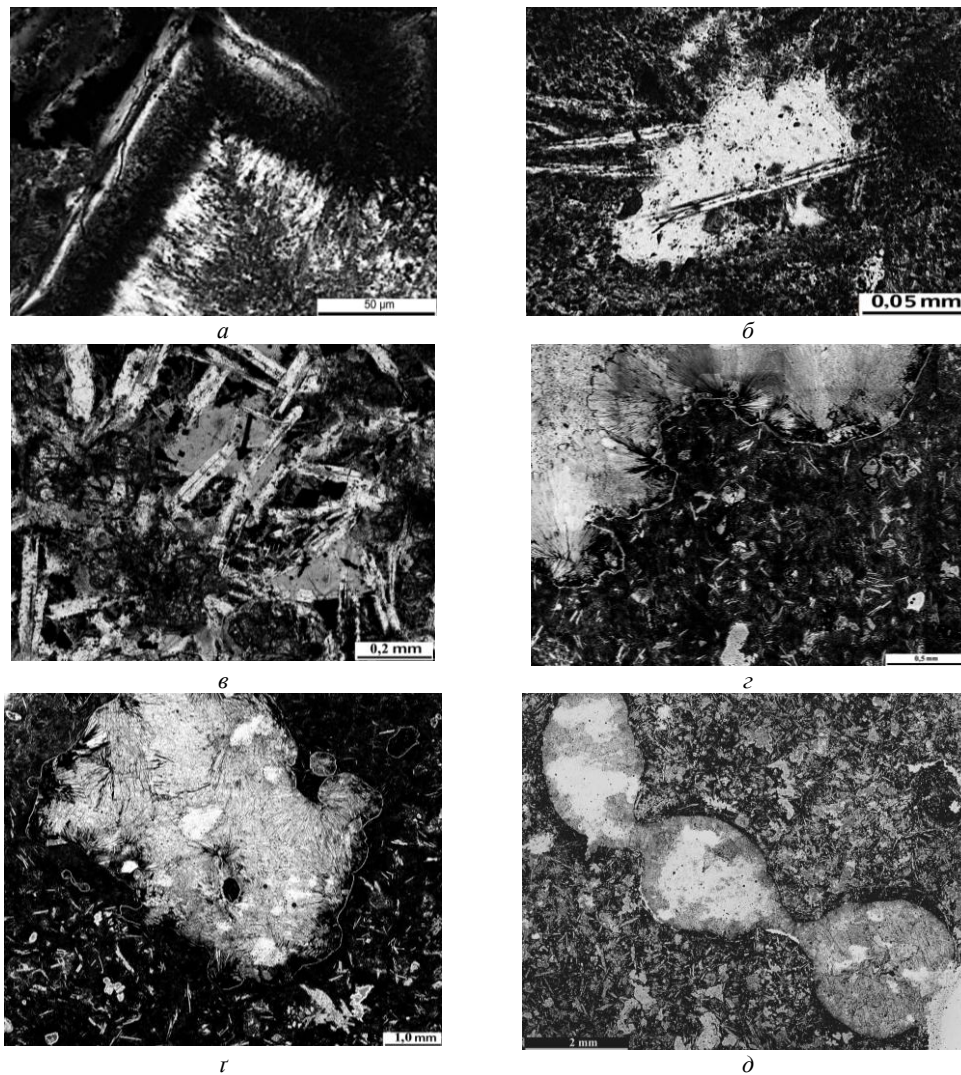


Рис. 2. Перехідна зона в базальтах заболотівської світи, св. 4 583:

*a* – гл. 241,4 м, фрагмент глобули між двома лейстами плагіоклазу. Всередині глобули простежується чітка зональність у вигляді зон розкристалізації й росту мінеральної речовини: слабка розкристалізація на контакт з лейстами (темно-сірий колір) змінюється радіально-променевим ростом (у напрямі до центру); *б* – гл. 240,0 м, скелетні лейсти плагіоклазу наявні одночасно у двох незмішуваних фазах; *в* – гл. 238,2 м, скелетні лейсти плагіоклазу наявні одночасно у двох незмішуваних фазах, проте, на відміну від рис. *б*, це явище є масовим; *г* – гл. 240,0 м, показано багатофазовий характер сіалочної відокремленої фази. Видно чітку межу між матрицею і великим глобулярним відокремленням, утвореним унаслідок злиття дрібних крапель, а також доцентровий характер росту мінеральних фаз; *д* – гл. 240,0 м, результат злиття (коалесценції) окремих крапель в одну велику глобулу, чітка межа з матрицею та характерний рисунок доцентрового росту всередині глобули. Навколишні глобули виявляють тенденцію до злиття і мають ознаки переміщення у матричному розплаві (ліворуч гантелеподібна глобула); *е* – гл. 223,5 м, відображено момент злиття в єдину глобулу, характер розташування свідчить про переміщення рідкої глобулярної фази у рідкій матричній фазі (*a* – з аналізатором, решта – без аналізатора).

**Зона мандельштейну.** Її діагностують макроскопічно. Об'єм мигдалин подекуди може досягати 35–40 %. Структура базальтів мікрогломеропорфірова (скупчення зерен заміщеного олівину, зрідка плагіоклазу), основної маси – інтерсертальна. Глобулярна структура утворилася внаслідок прогресувального розвитку процесу ліквідації (рис. 3, 4).

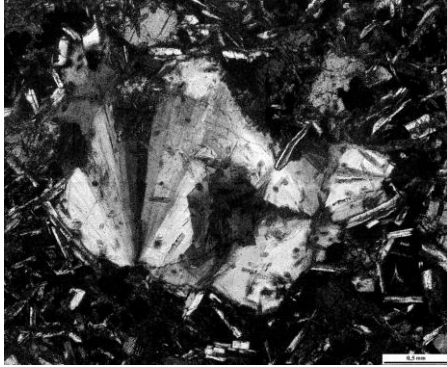


Рис. 3. Базальт зони мандельштейнів з інтерсертальною структурою основної маси.

На її тлі поширені глобули різного складу й розміру. Переважають сіалічні глобули розміром 2–6 мм. Більшість з них має ознаки коалесценції, унаслідок чого їхня форма іноді ускладнена. Мінеральна речовина високого ступеня кристалічності; кристали росли від краю. З аналізатором.

Глобули цієї зони, порівняно з попередніми, набули повнішого розвитку: розмір досягає 2–6 мм, наявні ознаки коалесценції, межі різкі, для внутрішньої будови характерні чітко виражена зональність і високий ступінь розкристалізації, морфологія складна, міжфазові межі чіткі. В оточенні глобул часто фіксують підвищений вміст крапель магнетиту, який може формувати переривчасті або суцільні оболонки. На окремих ділянках меж глобул і основної маси простежено яскраво виражену увігнутість всередину крапель. Така ознака є прямим свідченням того, що на момент кристалізації цієї лейсти глобули, як і основна маса базальту, перебували в рідкому стані й відбувалася звичайна локальна деформація глобул у рідкому стані. Частина лейст плагіоклазу орієнтована вздовж фрагментів меж або сама є фрагментом межі. Структурно їхнє місце визначене, як зазначено вище, енергетичною вигідністю кристалізації на межі двох розплавів, що співіснують.

**Центральна зона** представлена породами долерит-діабазового складу. Їй притаманні пойкилітова, пойкилоофітова та долеритова структури. Водночас широко розвинені структури ліквідаційного типу – глобулярна, гніздово-глобулярна, лінзоподібно-глобулярна. Це свідчить про максимально можливий для цього вилуви прояв ліквідації, що виявився в зоні, режим кристалізації якої був наближений до умов “закритої системи”. Розмір глобулярних утворень досягає 5–7 мм і більше, морфологія зумовлена як коалесценцією, так і взаємною порівняно повільною розкристалізацією двох розплавів, унаслідок чого значно ускладнена внутрішня будова глобул (завдяки деформації). Об'єм глобулярної частини досягає 25–30 %, розподіл глобул нерівномірний. Максимально вони поширені у верхній частині центральної зони, наближеної до зони мандельштейну.

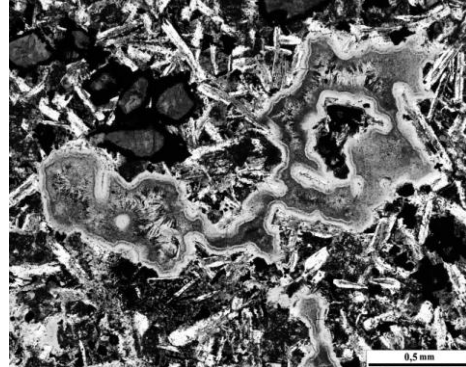


Рис. 4. Базальт перехідної зони. Св. 4 583, гл. 238,2 м.

Процес взаємного проникнення двох рідких фаз (магматичної “каші” і рідини глобул) на тлі порівняно повільного охолодження призводить до коалесценції окремих крапель, а затвердіння базальтової матриці – до додаткового спотворення форми. Без аналізатора.

Серед особливостей крапельних фаз – наявність зон загартування у глобулах на межі з базальтовою матрицею (місце максимального відведення тепла) (рис. 5, *a*), утворення лінзоподібно-видовжених форм, повний первинний високий ступінь кристалічності, яскраво виражена доцентрова кристалізація та зональність і вторинна незмішуваність унаслідок порівняно повільного охолодження матричного базальтового розплаву у внутрішній частині вилу (див. рис. 5, *б*).

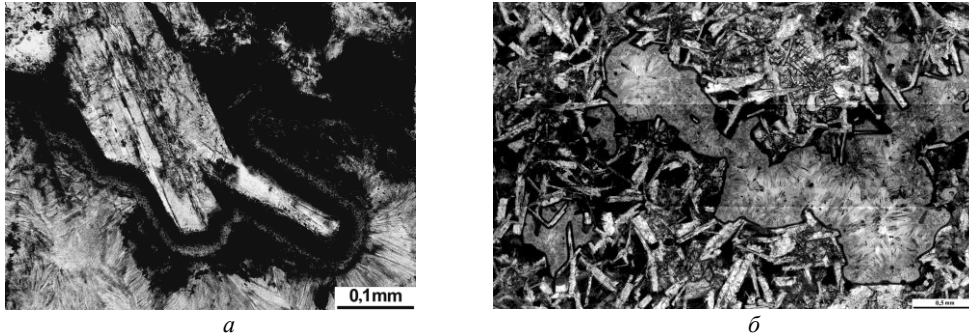


Рис. 5. Центральна зона в базальтах заболотівської світи, св. 4 583, гл. 215,0 м:

*a* – фрагмент великої глобули. На контакт з матричним середовищем (лейста плагіоклазу) темна зона загартування, яку змінює світла тонкоагрегатна, за нею – зона променевого агрегату з доцентровим напрямом росту. Завдяки повторній ліквідації у периферійній частині глобули спостерігаємо рідинну переконденсацію магнетиту; *б* – форма і контури фазової межі глобули свідчать про взаємне проникнення двох незмішуваних рідин і обтікання рідиною глобули контурів мінералів базальтової матриці. Особливістю є утворення дифузної оболонки магнетиту довкола глобули і характер кристалізації мінеральної речовини (від зони відтікання тепла у напрямі центральної частини). Без аналізатора.

За складом суттєво переважають фемічні глобули. Сповільнене охолодження сприяло злиттю глобул. Фазова межа з плавної часто переходить у ламану завдяки наявності у магматичній “каші” базальтової матриці ранніх кристалічних (плагіоклаз, піроксен) та протокристалічної (окремі зерна та гломеропорфірові скупчення олівіну) фаз. Переміщення розплаву глобул у магматичній “каші” (взаємне проникнення двох фаз) призвело до їхньої деформації, утворення складних форм, захоплення окремих фрагментів базальтової матриці.

Е. Реддер у відомій праці [14], беручи до уваги дослідження Н. Боуена, зазначив, що сумісне знаходження або перешарування двох різних за складом порід ще не є ознакою їхнього утворення внаслідок ліквідації. Н. Боуен також стверджував, що розширення розплаву на незмішувани рідини повинно відбуватися в деякому температурному інтервалі, то треба очікувати наявності у породах численних “безперечних і надійних” свідчень незмішуваності у вигляді двох фаз скла, які утворилися в зоні загартування і збереглися. Цю важливу ознаку ми виявили в межах зони загартування (див. рис. 2, *a*).

Унаслідок ліквідації утворюються розплави, сильно збагачені кремнеземом і лугами, які подібні до залишкових розплавів, що виникають у випадку фракційної кристалізації. Сіалічний характер такої дисперсної фази, яка міститься в базальтовому розплаві, повинен спричиняти її спливання з огляду на різницю в густині.

Вивчені нами особливості просторового розподілу глобул у межах окремого вилу засвідчили, що глобули сіалічного складу (анальцим та інші цеоліти, частково альбіт,



карбонатні утворення, дисперсні фази кремнезему–халцедону) максимально зосереджені у верхній частині виливу.

Низку вимог Е. Реддер [14], посилаючись на дослідження Н. Боуена, навів щодо морфології глобул. Зокрема, форма глобул повинна ускладнюватися в напрямі до центральної частини лав (потоків). Таку яскраво виражену тенденцію ми простежили і частково проілюстрували на прикладі еволюції морфологічних особливостей у напрямі від крайових частин тіл до центру.

Важливого значення надають тим фактам, які безпосередньо свідчать про злиття крапель. Ці факти простежені практично в усіх зонах виливів з тенденцією від крайових частин до центральних, вони особливих коментарів не потребують. Ці явища і притаманні їм ознаки вивчені й підтверджені на підставі експериментальних досліджень [22].

Стосовно зміни розміру повинна простежуватися тенденція до збільшення глобул з віддаленням від контактів у зв'язку зі сповільненням режиму охолодження. Ця особливість є в досліджуваних базальтах, вона тісно пов'язана з ускладненням морфологічних форм.

На окрему увагу заслуговує обговорення питання розкristалізованості мінеральної речовини всередині глобул. Дуже часто простежується ліпша розкristалізація тих відокремлень, які просторово розташовані в крайових частинах тіла. Обговоренню цього питання присвячено багато досліджень, зокрема М. Безбородова [3], який навів детальний аналіз праць багатьох учених, та Р. Соболева [15–18].

На підставі зазначених праць доходимо висновку, що цю особливість можна реалізувати завдяки повторному розігріванню. Суть його полягає в такому. Відомо, що скло – це переохолоджена рідина (розплав). У ході вивчення умов переохолодження розплавів з'ясовано, що переохолодження або, навпаки, кристалізація залежать від трьох чинників:

- 1) швидкості утворення центрів (ШУЦ) кристалізації (зародків, затравок, нуклеатів тощо);
- 2) швидкості росту кристалів (ШРК) з цих центрів, тобто лінійного видовження їх на одну одиницю довжини за одиницю часу;
- 3) зміни в'язкості розплаву, який охолоджується ( $\eta$ ).

У праці М. Безбородова зазначено, що першим звернув увагу на таку особливість дослідник Тамман: нижче від температури плавлення є метастабільна зона, де центри кристалізації не утворюються, принаймні, цей процес у межах означеної зони вимірюванню не підлягає; та якби центри були, то могли б рости. Нижче метастабільної зони кристалізація залежить від ШУЦ і ШРК. Якщо охолодження збільшуватиметься, то, відповідно, зростатиме і  $\eta$ , яка перешкоджатиме утворенню центрів кристалізації і росту кристалів. Ці особливості зображено на рис. 6.

Як бачимо, ступінь переохолодження безпосередньо впливає на ШУЦ. Лінія спонтанного гомогенного утворення зародків (ШУЦ) частково перекриває лінію ШРК. За умов такого режиму охолодження розплаву, коли максимуми ліній ШУЦ і ШРК не збігаються, після повної консолідації отримаємо неповнокристалічну породу (суміш скла і кристалів), а це у нашому випадку відповідає зоні переходу та центральній зоні.

Можливий інший випадок: переохолодження буде дуже сильним, і лінії ШУЦ та ШРК зовсім не перекриватимуться. За наявності надліквідусної незмішуваності розплави матриці і глобул залишаться у вигляді скла (характерно для зони загартування). Однак, як бачимо з рис. 7, можливість розкristалізації виникає у випадку повторного розі-

грівання до температур, нижче від магматичних. Таке розігрівання реально завдяки надходженню тепла з внутрішньої частини потужнішого вилу в напрямі покрівлі й підшви. Водночас раніше ми довели [19], що розріз заболотівської світи формувався не тільки і не стільки завдяки нашаруванню послідовних тріщинних вилувів, між якими існували певні часові інтервали.

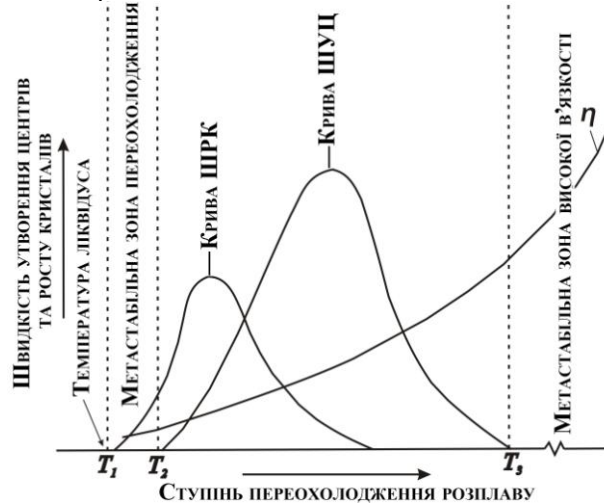


Рис. 6. Діаграма характеру кристалізації силікатного розплаву для випадку задовільної та мінімальної кристалічної здатності, за [3].

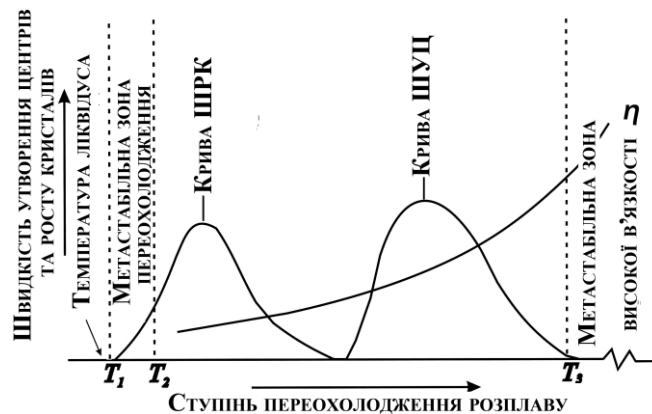


Рис. 7. Діаграма характеру кристалізації силікатного розплаву для випадку, коли будь-якої кристалічної фази нема, за [3].

Імовірнішим було натікання окремих, розділених елементами рельєфу потоків одного й того ж вилу. Така геологічна ситуація створювала сприятливі умови для повторного розігрівання у підшві та покрівлі.

Щодо мінерального складу продуктів ліквідації, то зазвичай у складі глобул у верхній та нижній частинах вилувів переважають цеоліти, менше альбіту, кальциту, халцедону.

Згідно з наявними даними [1], склад мінеральних асоціацій глобул зазвичай відповідає гідротермальному етапу магматичного процесу або низькотемпературним фаціям

метаморфізму. Це стосується, передусім, анальциму, інших цеолітів, певною мірою альбіту й інших мінералів. Унаслідок міграції лугів, кальцію тощо та їхнього входження у сіалічні глобули зростає ймовірність наближення стехіометричного складу крапель до складу зазначених мінералів, а отже, і для прогресивного розвитку процесу ліквідації. Каталізувальним компонентом у таких випадках можуть бути йон кальцію, вода, вуглекислота тощо, які значно підсилюють тенденцію до деполімеризації розплаву і його розшарування. Кристалізація розпочинається завдяки рідинній переконденсації кремнеземом і/або лугами на тлі зниження температури. Водночас загальновідомо, що наближення складу до стехіометричного підсилює здатність скла або розпавленої фази до кристалізації. Тому в разі обговорення питань щодо можливого впливу ліквідації на здатність до розкристалізації зазначену особливість (високий ступінь кристалічності) треба вважати однією з основних, яка свідчить про наявність ліквідації. З огляду на незворотність геологічних процесів (перетворення відбуваються на тлі стійкого зниження температури розплаву) незмішувані фази кристалізуються відповідно до свого складу, однак практично завжди завуальовані процесами, що пов'язані з переходом у кристалічний стан. Це необхідно враховувати, оскільки наявність подібних мінеральних утворень у породах може привести до суттєвих заперечень ліквідації.

Викладені особливості не лише характеризують процес затвердіння магматичного силікатного розплаву залежно від умов, які складаються в різних частинах виліву, а й відображають схильність розплаву до ліквідації. У зоні переохолодження виникатимуть краплі рідкої фази (глобули), швидкість зародження і росту яких визначатиметься тими ж законами, що й для кристалічних фаз.

У цьому аспекті впродовж кількох десятиріч найавторитетнішою вважають працю Х. Древера [23], у якій описано й обґрунтовано на мікроскопічному рівні низку петрографічних ознак, що доводять наявність ліквідації. Йдеться про незмішуваність, виявлену в пікритовому тілі Ігдлорсуїт (Західна Гренландія). Глобули у пікритових тілах відшукали у відмінах афірової фації. Потрібно було з'ясувати, чи справді виявлені глобули афірової фації існували окремою рідкою фазою в іншій рідині (можливо, у частково закристалізованій), чи утворилися за принципом залишкової фази на завершальних стадіях магматичного процесу у вигляді бульбашок газової фази (везикул), які пізніше заповнила рідина залишкової фази. У цьому дослідженні глобулярну структуру розглядаємо в особливому розумінні з урахуванням того, як уважав Н. Боуен, що глобулярна частина повинна утворюватися в тому випадку, коли є застигання незмішуваного розплаву.

Форма глобул різна, у тому числі й сферична. Практично кожна з них повністю або частково оточена оболонкою дрібнодисперсного магнетиту, без якої їх, можливо, розглядали б просто як більш грубозернисте включення основної маси, представленої непрозорою рудною частиною і цеолітом. В інших випадках чорна оболонка не є суцільною, або глобули не є сферичними. Х. Древеру вдалося не лише описати процес послідовного поєднання (злиття) або руйнування глобул, а й проілюструвати мікроскопічними спостереженнями те, що значні варіації розміру глобул виникли завдяки процесу коалесценції.

Багато глобул не містить цеоліту, в інших він є головним компонентом, однак практично завжди локалізований винятково в межах глобул. Усі вони мають добру розкристалізацію, у їхньому складі нема олівіну, зате висока концентрація рудної складової, часто наявні захоплені фрагменти материнського розплаву. Частина глобул складена зеленим хлоритом.

Багато дрібних глобул, якщо не враховувати певні особливості, можна сприймати як везикули або мигдалини.

Отже, інтерпретація глобулярної структури, як свідчення рідинної незмішуваності, за даними [23], ґрунтується на таких головних особливостях.

1. Багато глобул є сферичними.
2. Немає випадкових форм глобул, усі вони зумовлені процесами незмішуваності, спливанням глобул і поєднанням процесів переміщення розплаву та спливання глобул.
3. Природною є зміна розміру глобул від дуже дрібного до макроскопічного.
4. Кристали перетинають межу між глобулами і породою або межу глобула–матриця, у якій вони утворюються.
5. Сферична форма зберігається в разі затвердіння рідких глобул за спокійних умов, у випадку переміщення розплаву відбувається їхня деформація, на відміну від газових пухирців, які мають тенденцію руйнуватися.

Виконана Х. Древером інтерпретація ґрунтувалася не лише на його власних висновках. У дослідженні він багато запозичив з праці В. Грейга [8], який описував форми, що утворюються під час коалесценції глобул. Коалесценцію фіксували на різних стадіях процесу затвердіння розплаву, що дало змогу спостерігати різноманітну форму глобул, розмір яких змінювався в широких межах. Це дало підстави стверджувати, що може існувати нескінченна кількість форм глобул, починаючи від того, коли окремі глобули мають практично ідеальну сферичну форму. Іншими словами, форма глобули не є випадковою, вона завжди відображає певний етап коалесценції (злиття) і взаємовідношення незмішуваних фаз.

Ріст, коалесценція і формування рідких глобул можуть припинитися на будь-якій стадії через те, що в'язкість однієї чи двох рідин зростає понад деяку межу. Усі форми, які спостерігав Х. Древер, крім сферичних, можна пояснити злиттям (коалесценцією) глобул у рідкому стані. Іншими словами, жодні інші за природою утворення, крім глобул, не можуть утворитися, а пізніше, за сприятливих обставин, зазнати злиття з можливою подальшою деформацією. На відміну від них, газові бульбашки (везикули) можуть руйнуватися, особливо під час руху розплаву.

Розкид значень розміру глобул можна інтерпретувати як обов'язковий через безперервність процесу незмішуваності в інтервалі магматичних температур. Ріст і розташування піроксену та плагіоклазу тангенціально щодо периферії глобул або проникання в них чітко засвідчує, що краплі рідини (розплаву) утворилися до того, як розпочалася кристалізація цих мінералів. І піроксен, і плагіоклаз усередині та назовні глобул можуть мати незначні відмінності, які свідчать про можливу відмінність умов кристалізації, проте з одного й того ж розплаву, оскільки всередині глобул кристалізація тривала до нижчих температур щодо середовища матриці. Тобто поле незмішуваності, на межі з яким починають відділятися краплі розплаву, може в багатьох випадках існувати вище від температури ліквідусу, тобто вище від тієї температури, за якої розпочинається кристалізація плагіоклазу і піроксену.

Зважаючи на це, Х. Древер уважав, що структурне положення частини титаномагнетиту, склуватого мікролітового матеріалу і цеолітів зумовлене відщепленням крапель рідини відповідного складу на магматичній стадії, до початку масової кристалізації. Деякі з цеолітів та інших мінералів, заповнюючи в рідкому стані інтерстиційні проміжки матриці, займали структурні позиції скла або утворювали цемент навіть у пірокластичних утвореннях.

Зазначимо, що якби не було зафіксовано зв'язку між різними формами глобул, зміною їхньої форми та розміру від найдрібніших до великих, враховано характер заповнення та кристалізації, співвідношення мінеральних асоціацій тощо, то ці утворення можна було б традиційно інтерпретувати як мигдалини. У багатьох випадках натроліт у великих глобулах є майже досконало сферичним без будь-якої внутрішньої радіальної кристалізації. Це свідчить про те, що рідкі глобули, збагачені натрієм, алюмінієм, кремнеземом і водою, відокремилися під час кристалізації основної частини розплаву долеїтового складу.

Склад глобул (частіше це дрібні глобули) виявляє деякі варіації, що свідчить про відділення від різних рідин, тобто про неодноразову ліквідацію. Очевидно, що на стадії прогресувального зниження температури з двох рідин, що співіснували, одночасно тривало відокремлення глобул.

Концентрація титаномагнетиту й цеоліту, більш крупнозерниста структура, відсутність піроксену й олівіну у складі глобул свідчать про те, що кристалізація в глобулах відбувалася в іншому полі, з протилежного боку щодо поля кристалізації основної породи, і що рідина глобул містила порівняно більше розчинених летких компонентів (деполімеризатори). Магнетит, як периферійна облямівка, стягувався внаслідок прилипання за допомогою поверхневого натягу до поверхонь глобул.

На підставі наведеного можна говорити про те, що було ще доінтрузивне розділення і нагромадження глобулярної рідкої фракції, яка співіснувала з великим об'ємом материнського магматичного розплаву.

Отже, пізнаючи генезис гірської породи як єдиного цілого, неможливо уникнути використання онтогенії та філогенії її складових частин – породоутворювальних мінералів, інших мінеральних агрегатів. З досвіду багатьох праць відомо, що наявність сферолітових агрегатних утворень як складових частин ефузивних порід дуже часто породжує дискусії у випадку їхнього віднесення до продуктів ліквідаційного походження. Лише з'ясування генетичної історії цих утворень та особливостей морфології, структури, співвідношення з матрицею тощо дає змогу неупереджено визначити їхню справжню природу і виявити, чи були процеси ліквідації на різних стадіях утворення породи, або виключити можливість цього процесу як важливого петрогенетичного чинника. Або, як сказано в одній з праць Д. Григор'єва [7], онтогенія виносить остаточний “вирок”.

Як бачимо, багато дослідників довело можливість ліквідації в силікатних розплавах з леткими компонентами, близьких за складом до вивержених гірських порід. Такі погляди останнім часом успішно розвивав колектив під керівництвом акад. О. Маракушева (наприклад [11]).

Фізико-хімічний бік процесу ліквідації наочно можна продемонструвати за допомогою двокомпонентної діаграми (рис. 8). Вище лінії  $DR'PP''\Phi$  (купол незмішуваності) рідини  $A$  і  $B$  дають повну змішуваність (розплав  $P$ ). У такій системі під час охолодження розплаву складу  $x$ , коли температура досягає значення  $t_1$ , гомогенний розплав  $P$  у точці  $a$  зазнає ліквідації – він розділяється на дві незмішувані рідини різного складу –  $a$  і  $b$ . За подальшого зниження температури розплаву різниця в складі незмішуваних рідин зростає, а за температури  $t_2$  рідини  $P'$  і  $P''$  мають склад, відповідно,  $v$  і  $z$ . Проте коли температура досягає значення  $t_3$ , дві рідини починають взаємодіяти між собою і зникають, перетворюючись у нашому випадку в однорідну рідину з кристалами  $B$ . Нижче  $t_4$  отримуємо тверду фазу  $A$  і  $B$ . Якщо процес пройде до повної розкристалізації розплаву (як в інтрузивних тілах), то ознак ліквідації в утвореній породі не залишиться.

Розглянемо, як відбуватиметься процес, коли магматичний розплав виливається на поверхню у вигляді лави. В області  $P' + P''$  дві незмішувані рідини спочатку утворюють емульсію (краплі однієї рідини в іншій). Рисунки емульсійних структур фіксують у загартованому вулканічному склі. Оскільки незмішувані рідини мають різний склад і, відповідно, різну густину, то можливе, за відповідних умов (передусім, відносна стабілізація термічного режиму, яка може бути у внутрішніх частинах вилуви за відповідної його потужності), розділення розплаву з укрупненням глобулярних утворень. Граничним випадком може бути розділення розплавів на два шари з огляду на різну густину. Зазначимо, що явища ліквідації лише в окремих випадках вважають достовірними. Все залежить від того, наскільки збереженими до моменту повної консолідації породи залишились прямі докази ліквідації (на якій температурній стадії порода затверділа).

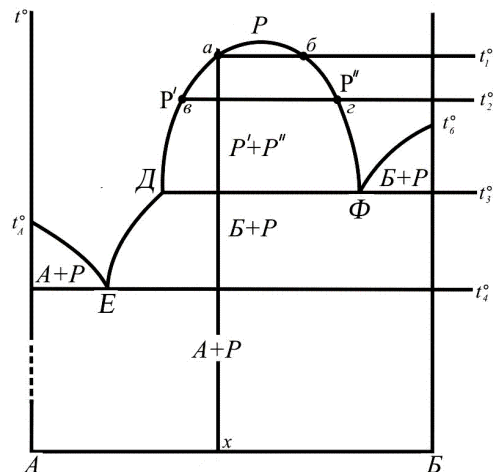


Рис. 8. Двокомпонентна система  $A-B$  з областю двох незмішуваних рідин  $P'$  і  $P''$  та евтектикою  $E$ .

Постає закономірне запитання: якими можуть і повинні бути докази ліквідації? Ідеальним доказом, на думку Д. Григор'єва [6], є наявність емульсії, утвореної двома застиглими рідинами у вигляді крапель з різкими фазовими межами, які розташовані в іншій рідині. Інколи можуть виявлятися ознаки розшарування внаслідок гравітації. Для збереження і, відповідно, спостереження такої картини ліквідувальний за високої температури в області  $P' + P''$  (див. рис. 8) розплав має бути так швидко охолодженим, щоб відбулося загартування і незмішувані рідини збереглися в метастабільному стані у склоподібному вигляді. Якщо ж швидкого застигання не відбулося, то незмішувані рідини за порівняно повільного охолодження зникають і розплав, який зазнав ліквідації за високої температури, застигає у звичайну кристалічно-зернисту суміш мінералів  $A + B$  без будь-яких ознак емульсії, яка існувала на ранньому, високотемпературному етапі.

Однак докази ліквідації можна знайти й у закристалізованій породі, якщо кристалізація відбудеться в частково нерівноважних умовах (інтенсивне переохолодження), коли буде збережена емульсійна структура. У такому випадку кристалізація може торкнутися лише крапель, і продукти кристалізації будуть ув'язнені в скляній основній масі. Якщо кристалізація торкнеться лише основної маси, то серед розкристалізованої основної маси буде видно краплі скла. Можливий і третій варіант – одночасна кристалізація крапель і основної маси, що практично знищує всі ознаки ліквідації.

З погляду кристалізації кожна крапля, яка має межу поділу фаз з основною масою, є системою, що охолоджується. Відведення тепла від неї відбувається з периферії, з межі поділу фаз. З цієї причини утворення зародків кристалів у краплі розпочинається на межі поділу краплі й основної маси, оскільки [6] ця фазова межа енергетично вигідна для початку кристалізації, як і вся поверхня поділу фаз. Отже, коли відбувається кристалізація краплі в емульсії, то зародки з'являються всередині краплі, на її межі.

Процес подальшої кристалізації всередині краплі ускладнюється тим, що структурне й оптичне орієнтування зародків виявляється неоднаковим з різних причин (зокрема, мікронерівності поверхні межі поділу). З огляду на це одні зародки орієнтуються перпендикулярно до поверхні краплі (напряма найбільшої швидкості кристалізації точно по радіусу краплі, до її центру), а інші орієнтовані під різними кутами до поверхні поділу фаз. Тому між індивідами відбуватиметься боротьба за простір відповідно до закону геометричного відбору, унаслідок якого кристали зі сприятливим розташуванням зможуть і далі успішно рости, інші, що розташовані під різними кутами, будуть стикатися з сусідніми кристалами, сповільнювати і, врешті-решт, припиняти ріст. Відбудуватиметься їхнє виродження. У підсумку утвориться сфероїд, на периферії якого буде окреслена зона геометричного відбору, а до центру доростуть лише ті кристалічні індивіди, які були орієнтовані напрямом найбільшої швидкості росту до центру краплі.

Аналогічний процес відтворено експериментально [2]. У ході вивчення кристалічної будови поперечного розрізу отриманого відлитого взірця (рис. 9) визначено таку його внутрішню зональну будову: 1 – зона дрібних кристалів, яка безпосередньо утворюється на межі розплаву і стінки форми; 2 – зона стовпчастих кристалів, орієнтованих перпендикулярно до поверхні відведення тепла (по суті, до поверхні форми), яка є так званою зоною транскристалізації; 3 – центральна зона кристалів.

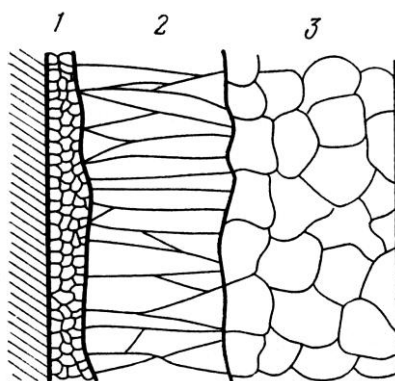


Рис. 9. Схема кристалічної будови експериментального взірця, за [2]:  
1 – зона дрібних кристалів; 2 – зона стовпчастих кристалів (транскристалізації);  
3 – центральна зона кристалів.

Залежно від режиму охолодження тої чи іншої зони може не бути, однак наведена схема, зазвичай, витримана. Виникнення периферійної зони дрібнозернистої будови (зона 1) пов'язане з відведенням тепла на межі з формою (різке переохолодження розплаву, загартування), з огляду на що відбувається масове утворення кристалічних зародків. Коли внаслідок виділення прихованої теплоти кристалізації переохолодження зменшиться, зародкоутворення різко зменшиться і зародки, будучи підпорядкованими напрямку теплового градієнта, почнуть рости вглибину розплаву, утворюючи зону стовпча-

стих кристалів (зона 2). Оскільки сприятливі умови для росту є не для всіх кристалів, а лише тих, які орієнтовані перпендикулярно до стінки форми, то ріст інших кристалів пригнічується (закон геометричного відбору). Ця зона має найбільш крупнозернисту структуру.

Проте найскладнішим моментом є припинення транскристалізації та утворення центральної зони кристалів. Це, на думку Є. Шаркова [20], пов'язане зі зміною швидкого характеру затвердіння, зумовленого кондуктивною теплопровідністю біля стінок форми, більш рівномірним характером затвердіння у внутрішній частині.

Якщо тепер розглянути структури порід, у яких описано кристалізацію емульсій, то виявимо таке. Практично завжди описують сферолітові агрегати, сферолітові структури. Сферолітові структури легко впізнати, інколи вони завуальовані продуктами пізніших змін. Однак важливо те, у який спосіб відбувався ріст сферолітової форми – від периферії до центру чи навпаки. Найчастіше йдеться про відцентрову кристалізацію.

Д. Григор'єв з цього приводу зазначив таке [6]: якщо досліджувати у шліфах численні розрізи сферолітів, то вдається з'ясувати, що в їхньому центрі міститься утворення у вигляді снопа, від якого відходять промені. Схематично таке снопоподібне утворення з променями зображено на рис. 10. Воно настільки специфічне, що відразу дає змогу зрозуміти спосіб кристалізації.

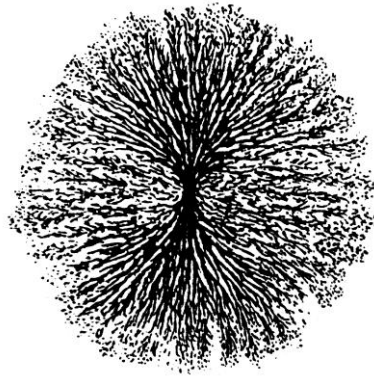


Рис. 10. Схема будови сфероліта.

У центрі снопоподібний агрегат, до периферії промені агрегату розгалужуються й тоншають, поступово стаючи невидимими, слабко вгадуються лапчасті форми [5].

Однак треба мати на увазі, що в інших розрізах ми можемо не отримати такої чіткої картини. Снопоподібне утворення неоднозначно свідчить, що сфероліт сформувався внаслідок росту кристала, який розщеплювався. Розщеплення відбувалося з протилежних кінців на кілька індивідів, які відхиляються в різні боки й стають подібними спочатку на в'язанку, пізніше – сніп і в кінцевому підсумку – на сфероліт.

Аналогічну картину можна спостерігати за допомогою поляризаційного мікроскопа (див. рис. 1, *r, d*), а в окремих випадках фіксувати послідовні стадії розщеплення. Отже, у центрі такого сферолітового агрегату маємо снопоподібне утворення, а промені росту напрямлені від центру до периферії. Звичайно ж, жодної зони геометричного відбору в такого типу сферолітах не може бути і не простежується. Зазначимо, що в одних мінералах межа сфероліту різка, в інших – промені поступово розгалужуються до периферії і можуть мати на кінцях лапчасті форми.



Як бачимо, зазначені сфероліти відрізняються від тих, що утворюються у справжній закристалізованій емульсійній краплі – глобулі, яка сформувалася внаслідок ліквідаційного розділення розплаву. Внутрішня структура сфероліту не відповідає тим ознакам, які дають змогу впевнено говорити про кристалізацію ліквідувального розплаву.

Наголосимо ще раз на принциповій відмінності ліквідаційних емульсійних утворень і сферолітів. У закристалізованих краплях-глобулах промені ростуть у напрямі центру, а по периферії є зона транскристалізації, де відбувається геометричний відбір. Фронт кристалізації рухається відповідно до ізотерми температури плавлення.

У сферолітах промені ростуть у напрямі від центру, у розрізах, що проходять через центр, видно снопоподібні агрегати. До периферії і по зовнішній межі сфероліту розвиваються гіллясті промені, які часто закінчуються лапчастими утвореннями. Зони геометричного відбору нема.

З наведеного випливає таке: причиною неоднозначної інтерпретації генезису сферолітових форм є те, що як основні критерії в разі дослідження мінеральних агрегатів такого типу часто зовсім не беруть до уваги чи враховують неповною мірою закони росту сферолідів.

Отже, петрографічне вивчення силікатних мигдалеподібних утворень, яке ґрунтується на онтогенічних особливостях, дало змогу відстежити їхній генезис послідовно, розпочинаючи від акту зародження і до останньої події в процесі їхньої еволюції, з'ясувати низку питань їхнього зародження, росту і зміни на засадах онтогенії як учення про генезис мінеральних індивідів і агрегатів [5].

У підсумку виконаного дослідження визначено, що на всіх етапах становлення базальтів заболотівської світи, інших світ і товщ трапової формації Волині важливе петрогенетичне значення мали процеси незмішуваності.

Сформовані мигдалеподібні утворення доцільно трактувати як ліквідаційні глобули, що утворювалися в кілька етапів, а їхній склад еволюціонував до мінеральних асоціацій, які відповідають гідротермальному етапу магматичного процесу або низькотемпературним фаціям метаморфізму.

Не викликає жодного сумніву той факт, що процеси незмішуваності в материнському розплаві мали важливий вплив на формування самородномідного зруденіння.

Водночас ми не відкидаємо можливої наявності у базальтових породах сферичних утворень іншої природи, формування яких треба пов'язувати з процесами, що виявилися на етапах накладеного гідротермально-метасоматичного мінералогенезу, особливо у сфері діяльності глибинного високотемпературного флюїду, з формуванням такого природного феномена літосфери Землі, як прожилково-вкраплена мінералізація [13]. У траповій формації Західної Волині зазначені сферичні утворення можна ідентифікувати на підставі кількісних показників (температура, тиск і склад мінералоутворювальних флюїдів) з відтворенням термобаричних і геохімічних характеристик флюїдного середовища кристалізації мінералів та їхніх парагенезисів за його природними реліктами – флюїдними включеннями в мінералах [12].

Автори з вдячністю врахують можливі критичні зауваження й готові надіслати зацікавленим особам електронну версію статті з кольоровими рисунками.

---

1. Аверьянов В. И. Электронно-микроскопическое исследование расслаивания стекол литиево-силикатной системы / В. И. Аверьянов, Е. А. Порай-Кошиц // Стеклообразное состояние. – М.; Л. : Наука, 1965. – С. 98–100.
2. Баландин Г. Ф. Формирование кристаллического строения отливок / Г. Ф. Баландин. – М. : Машиностроение, 1973. – 288 с.
3. Безбородов М. А. Самопроизвольная кристаллизация силикатных стекол / М. А. Безбородов. – Минск : Наука и техника, 1981. – 248 с.
4. Бейли Б. Введение в петрологию / Б. Бейли. – М. : Мир, 1972. – 279 с.
5. Григорьев Д. П. Онтогения минералов / Д. П. Григорьев. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1961. – 284 с.
6. Григорьев Д. П. Использование онтогении минералов в петрографии / Д. П. Григорьев // Тр. ВНИГИ. – 1966. – Т. 65. – С. 23–35.
7. Григорьев Д. П. Телесные модели генезиса минералов / Д. П. Григорьев // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. – 1979. – Ч. 108, вып. 2. – С. 134–140.
8. Иншин П. В. О генезисе “пепловых”, флюидальных и сферолитовых структур в интрузивных порфирах Рудного и Южного Алтая / П. В. Иншин, В. М. Иншина // Тр. ИГН АН Казахской ССР им. К. И. Сатпаева. – 1966. – Т. 18. – С. 88–104.
9. Кашка М. А. О сферических образованиях в породах, минералах и рудах / М. А. Кашка // Проблемы магмы и генезиса изверженных горных пород. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – С. 129–149.
10. Лазаренко Е. К. Основы генетической минералогии / Е. К. Лазаренко. – Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1963. – 410 с.
11. Маракушев А. А. Значение ликвации в генезисе магматических горных пород / А. А. Маракушев, И. П. Иванов, В. С. Римкевич // Вестн. МГУ. – 1979. – № 1. – С. 3–21.
12. Наумко І. М. Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) : Автореф. дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.02 / ІГГК НАН України / Ігор Михайлович Наумко. – Львів, 2006. – 52 с.
13. Наумко І. М. Про шляхи втілення глибинного високотемпературного флюїду у земну кору / І. М. Наумко, Й. М. Сворень // Доп. НАН України. – 2008. – № 9. – С. 112–114.
14. Реддер Э. Ликвация силикатных магм / Э. Реддер // Эволюция изверженных пород. – М. : Мир, 1983. – С. 24–66.
15. Соболев Р. Н. Генезис первичных микроструктур магматических горных пород / Р. Н. Соболев // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. – 2003. – № 2. – С. 38–45.
16. Соболев Р. Н. Остывание расплава, сопровождающие процессы и их изображение на равновесных диаграммах состояния / Р. Н. Соболев // Бюлл. Москов. об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2007. – Т. 82, вып. 4. – С. 56–65.
17. Соболев Р. Н. Упорядочение силикатных расплавов при охлаждении / Р. Н. Соболев // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология. – 1999. – № 2. – С. 3–8.
18. Соболев Р. Н. Физико-химический анализ процессов, происходящих при остывании расплава. Статья 1. Строение расплавов, процессы зарождения и роста кристаллов / Р. Н. Соболев // Бюлл. Москов. об-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2009. – Т. 84, вып. 3. – С. 72–84.

19. Структурно-петрографічна мінливість внутрішньої будови базальтових виливів трапової формації Волині у зв'язку з процесами ліквідації / Ю. Федоришин, А. Ткачук, Н. Нестерович, О. Хом'якова, І. Репін // Мінерал. зб. – 2010. – № 60, вип. 1. – С. 47–58.
20. Шарков Е. В. Петрология магматических процессов / Е. В. Шарков. – М. : Недра, 1983. – 200 с.
21. Экспериментальная и техническая петрография / Е. Н. Граменицкий, А. П. Котельников, А. М. Батанова, Т. И. Щекина, Ю. П. Плечев. – М. : Научный мир, 2000. – 416 с.
22. Явления ликвации в стеклах / Н. С. Андреев, О. В. Мазурин, Е. А. Порай-Кошиц, Г. П. Роскова, В. Н. Филипович. – Л. : Наука, 1974. – 220 с.
23. Drever H. Jf. Immiscibility in the picritic intrusion at Igdlorssuit, West Greenland / H. Jf. Drever // Intern. Geol. Congress. Report, 21 session. Nord. – Copenhagen, 1960. – Part 13. – P. 47–58.
24. Philpotts A. R. Archean variolites – quenched immiscible liquids: Discussion / A. R. Philpotts // Can. J. Earth. – 1977. – Vol. 14. – P. 139–144.

#### **NATURE OF ALMOND-SHAPED FORMATIONS IN VOLYN' BASALTS (ONTOGENETIC ASPECT)**

**Yu. Fedoryshyn<sup>1</sup>, I. Naumko<sup>2</sup>, N. Nesterovych<sup>2</sup>, M. Yakovenko<sup>1</sup>, N. Triska<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Lviv Branch of Ukrainian State Geological Research Institute  
Pasichna St. 38a, UA – 79038 Lviv, Ukraine  
E-mail: geologist@bigmir.net*

<sup>2</sup>*Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NASU  
Naukova St. 3a, UA – 79060 Lviv, Ukraine  
E-mail: naumko@ukr.net*

The almond-shaped formations have been described on the example of Zabolotivska suite basalts. They are widespread identically in basalts of other suites and layers of trapean formation. The study of genetic features of almond-shaped formations and analysis of present scientific materials give reason to consider them as the products of liquation. That is why they can be considered as globular phases – products of silicate melt undigestion.

*Key words:* basalt, globular phase, spherulite, spheroid, almond, vesicle, liquation, silicate melt, ontogeny, trapean formation, Ukraine.

#### **ПРИРОДА МИНДАЛЕВИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В БАЗАЛЬТАХ ВОЛЫНИ (ОНТОГЕНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)**

**Ю. Федоришин<sup>1</sup>, И. Наумко<sup>2</sup>, Н. Нестерович<sup>2</sup>, М. Яковенко<sup>1</sup>, Н. Триска<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Львовское отделение УкрГГРИ  
79038 г. Львов, ул. Пасична, 38а*

*E-mail: geologist@bigmir.net*

<sup>2</sup>*Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины*

*79060 г. Львов, ул. Наукова, 3а*

*E-mail: naumko@ukr.net*

На примере заболотьевской свиты рассмотрено характеристику миндалевидных образований, которые также широко развиты в составе других свит и толщ трапповой формации. Изучение генетических особенностей миндалевидных образований и анализ существующих материалов по этому вопросу дает основания относить их к продуктам ликвации и в дальнейшем считать глобулярными фазами – продуктами несмешиваемости силикатного расплава.

*Ключевые слова:* базальт, глобула, сферолит, сфероид, миндалина, везикула, ликвация, силикатный расплав, онтогения, трапповая формация, Украина.

Стаття надійшла до редколегії 25.04.2012

Прийнята до друку 29.05.2012