

## ЕВОЛЮЦІЯ МЕЗОЗОЙСЬКИХ ПЕРИДОТИТІВ УГОЛЬСЬКОГО ОФІОЛІТОВОГО КОМПЛЕКСУ (МАРМАРОСЬКА СКЕЛЬНА ЗОНА, ВНУТРІШНІ УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Лариса Генералова, Олег Гнилко,  
Наталія Білик, Володимир Степанов

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: larysa.heneralova@lnu.edu.ua*

Викладено результати дослідження перидотитів офіолітового угольського комплексу Внутрішніх Українських Карпат. Праця ґрунтується на даних попередників та оригінальних матеріалах геологічних спостережень у середній течії р. Терембі і на нових лабораторних аналізах перидотитів. Середньотріасово-нижньокрейдові (?) перидотити угольського офіолітового комплексу утворюють олістоліти в нижньокрейдовій соймольській олістостромово-конгломератовій товщі. Петрографічні дані дають змогу віднести розрізнені олістоліти офіолітового комплексу, зокрема перидотитів, до двох типів офіолітових асоціацій, які за мінералами-індикаторами (зокрема шпінелідами) формувались у різних умовах. Наявні результати дослідження шпінелідів утворюють дві групи, які корелюються з двома рівноважними мінеральними асоціаціями: перша – олівін+шпінель+ромбічний піроксен+моноклінний піроксен; друга – амфібол+талк. Великі ізометричні або ксеноморфні індивіди хромшпінелідів трапляються у гарцбургітах та лерцолітах. Дрібні хромшпінеліди утворюють подовжені та еліпсоподібні зерна, витягнені за директивністю породи, і трапляються в інтерстиціях кристалів піроксену та олівіну. На підставі рентгеноспектрального мікронзондового аналізу визначено, що великі хромшпінеліди першої групи більш магнезійні та менш хромисті. Хромшпінеліди другої групи – дрібніші, менш магнезійні і більш хромисті. На бінарній діаграмі  $Cr\#-Mg\#$  хромшпінеліди перидотитів угольського комплексу концентруються у двох областях: абісальних перидотитів та надсубдукційних перидотитів. Великі зерна хромшпінелідів кристалізувалися за низького ступеня часткового плавлення ( $D_{melt}$  до 14%), яке належить абісальним перидотитам. Дрібні зерна хромшпінелідів кристалізувалися за більш високого ступеня плавлення ( $D_{melt}$  до 30%), характерні для перидотитів надсубдукційних зон. На діаграмі кореляції середньої хромистості шпінелі та повної швидкості спредінгу склади хромшпінелідів першої групи угольського комплексу відповідають перидотитам ультраповільно-спредингових СОХ. Дрібні зерна з другої групи хромшпінелідів угольського комплексу асоціюються з перидотитами швидко-спредингових СОХ. Температура перетворення порід першої мінеральної асоціації, оцінена за

шпінелевим й олівін-шпінелевим геотермометрами, коливається в інтервалі 900–1290 °С, тиск – ~15 кбар. Температура перетворення порід, до складу яких входить друга мінеральна асоціація, становить 430–450 °С, тиск – 4,0–4,5 кбар. Вивчення перидотитів угольського комплексу є інформативним

для з'ясування еволюційних перетворень вихідних протолітів і визначення стадійності формування літосфери складчасто-покровних споруд.

*Ключові слова:* Внутрішня зона Українських Карпат, перидотити, офіоліти, хромшпінеліди.

**Вступ.** Вивчення офіолітових комплексів у структурі складчасто-покровних областей сприяє вирішенню важливих задач щодо палеогеодинамічної реконструкції історії формування складчастих систем (зокрема Українських Карпат), які можуть охоплювати етапи океанічного і задугового спредінгу. Важливою проблемою у вивченні офіолітів складчасто-покровних областей є відновлення первинного палеотектонічного та палеодинамічного положення офіолітів, визначення характеру басейну, в якому відбувалось становлення офіолітового розрізу. Крім того, з офіолітовими комплексами пов'язані промислово значущі родовища корисних копалин.

Останніми роками накопичено новий фактичний і теоретичний матеріал з вивчення офіолітів. У праці подано отримані нові дані з вивчення офіолітів басейну р. Теремля.

**Огляд попередніх досліджень.** У 90-х роках ХХ ст. вийшла монографія З. М. Ляшкевич та інших [22], яка узагальнила усі наявні дані з проблеми магматизму Українських Карпат. Надалі з'явилась низка праць [1, 4–6, 9, 14, 17, 21], в яких окремі питання розвивались з позицій сучасної науки. Видання Карпатської серії аркушів Держгеолкарти України масштабу 1:200 000 [15], великий об'єм геокартувальних робіт з довивчення території району досліджень та тематичні роботи дали змогу одержати нові результати. Вони допомогли уточнити геологічну позицію мезозойських офіолітів у структурі Внутрішніх Українських Карпат, деталізувати особливості речовинного складу перидотитів офіолітової асоціації Мармароської зони скель й умови їх утворення.

**Постановка проблеми.** Серед геологічних проблем щодо вивчення Українських Карпат чільне місце посідають питання магматизму і реконструкції геодинамічних обстановок, з якими він пов'язаний. Відповідно до сучасних теоретичних уявлень поки що не достатньо проаналізовано мінеральні та термодинамічні параметри становлення перидотитів офіолітів Українських Карпат. Дослідження полягають у вивченні мінеральних параметрів перидотитів з метою реконструювання еволюції офіолітів, які утворюють олістоліти у соймульської світи Мармароської зони скель Внутрішніх Українських Карпат.

**Метою** досліджень є вивчення речовинних особливостей перидотитів офіолітів Мармароської зони скель на території Українських Карпат, складу породотвірних і акцесорних мінералів, термобарохімічних параметрів їхнього утворення, стадійність становлення порід в океані Тетис.

Для досягнення мети потрібно виконати такі завдання: дослідити в природних відслоненнях рід Мала і Велика Уголька (басейн р. Теремля) перидотити офіолітів; виявити структурне положення їх у будові соймульської світи і Мармароській зоні скель, у тім числі за допомогою геологічного картування будови “вузлових” ділянок; дослідити складові елементами офіолітового розрізу як океанічної літосфери; виконати петрографічне вивчення петротипів перидотитів; проаналізувати термодинамічні

параметри перидотитів; вивчити елементний склад шпінелідів у складі перидотитів; використати шпінеліди як індикатори палеогеодинамічних умов формування перидотитів для відновлення обстановок утворення перидотитів у складі офіолітів Трансильвансько-Муреської сутури.

*Об'єкт* дослідження – перидотити мезозойського угольського комплексу, які утворюють олістоліти у соймульській світі Вежанського покриву (Мармароська зона скель, Внутрішні Українські Карпати).

*Предмет* дослідження – стадійність еволюції перидотитів офіолітового комплексу Мармароської зони скель у Трансильвансько-Муреському сутурі Внутрішніх Українських Карпат.

*Методика досліджень.* Проведено комплекс досліджень, що складався з геологічних спостережень порід у відслоненнях, а також лабораторних петрографічних, мінералогічних та геохімічних досліджень перидотитів. Мінеральний склад та структурні особливості порід вивчали оптичними методами у полірованих шліфах у прохідному та поляризованому світлі. Інструментальні дослідження складу окремих мінералів та особливості мікроструктури породи виконано за допомогою скануючого електронного мікроскопа PEMMA-102-02 (Суми, Україна), обладнаного енергодисперсійним аналізатором “EDAR” у лабораторії фізичного факультету ЛНУ ім. І. Франка.

Використання новітніх аналітичних методів дає змогу виділити петрогеохімічні параметри мінералів магматичних порід, зокрема перидотитів, виявити їхні термо- і барометричні характеристики і прив'язати їх до умов магмогенерації та подальших перетворень перидотитів. Аналіз отриманих даних дає можливість визначити ступінь часткового плавлення вихідних протолітів, температуру і тиск їх метаморфічних перетворень та за змінами хімічного складу хромшпінелідів простежити еволюційну спрямованість трансформацій перидотитів у складі угольського офіолітового комплексу.

*Геологічне положення.* Зона Мармароських скель належить до унікального геологічного об'єкта, аналогів якому, мабуть, не знайдеться в усій дузі Карпатських гір (рис.1). Їх складну будову та геологічне положення неможливо зрозуміти без аналізу тектоніки усього орогену Карпат. З погляду тектоно-плитових уявлень терейнової тектоніки, Карпатський ороген та фундамент Панонсько-Трансильванської системи неогенових западин представлений декількома мікроконтинентальними терейнами, які розділені сутурними зонами/акреційними призмами між собою та зі стабільною ділянкою Євразійського континенту (платформною) [8, 9, 15, 26]. Визначальними елементами Внутрішніх Карпат є доальпійські кристалічні масиви, в яких виводяться на поверхню комплекси декількох мікроконтинентальних терейнів, більша частина яких зараз похована під неогеном Панонсько-Трансильванської системи западин [9, 26]. Розрізняють два великі композиційні терейни, перший з яких має назву Алькапа (масив Центральних Західних Карпат, Східних Альп та ін.), а другий – Тися-Дакія (Мармароський кристалічний масив Центральних Східних Карпат, Апусені та ін.). Вони, своєю чергою, складені з менших терейнів, об'єднаних у ранньоальпійський час (у крейді) у згадані два композиційні терейни [8, 9, 15, 26].

Українські Карпати займають вузлову тектонічну позицію, де сходяться як два композиційні терейни – Алькапа (кристалічні породи розкриті поблизу м. Ужгород у фундаменті Закарпатської западини) та Тися-Дакія (Мармароський масив та зона

Мармароських скель), – так і декілька сутурних зон/акреційних призм, що їх обмежують.

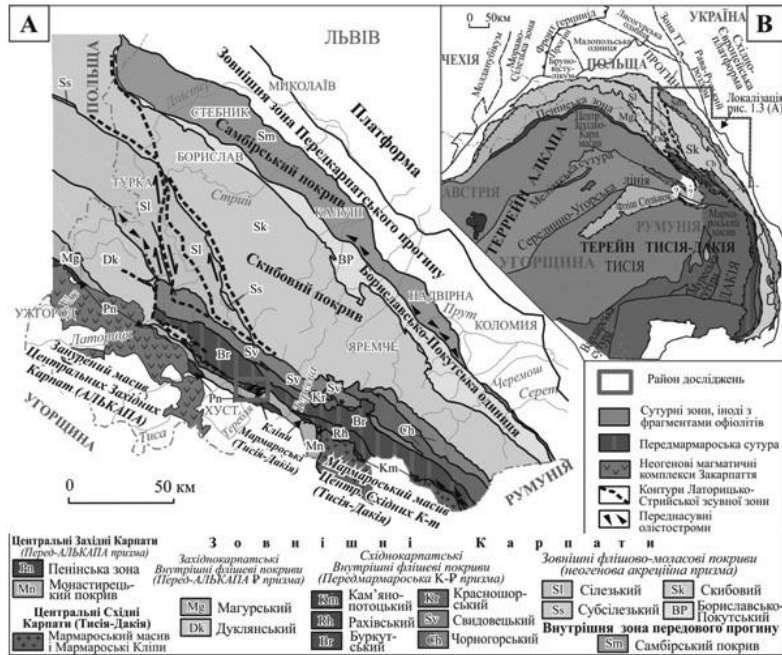


Рис. 1. (А) Схема головних тектонічних одиниць Українських Карпат [8].  
(В) Регіональна схема тектонічного положення Українських Карпат,  
за О. М. Гнилко [9]

**Будова зони Мармароських скель.** Ця зона, яка формує окремий тектонічний покрив – Вежанський, – розташована на північно-західному продовженні Мармароського кристалічного масиву й тектонічно виклинюється в басейні р. Боржава [9]. Вона, вірогідно, є зірваним зі своєї седиментаційної основи фрагментом осадового чохла Мармароського масиву, насуненим (як і масив) до північного сходу на Зовнішні Карпати. З південного заходу на неї насувається внутрішньокарпатський фліш Монастирецького покриву.

Мармароська зона скель складена крейдово-палеогеновими відкладами, в нижній частині стратиграфічного розрізу яких розвинена потужна (до 1 000 м) нижньокрейдова (барем?-апт-альбська) олістостромово й олістостромово-конгломератова [13] товща соймкульської світи, яка і формує власне “Мармароські скелі” [8, 9, 15]. Олістоліти та уламки в конгломератах цієї товщі підрозділяються на два типи. Перший тип складений породами кристалічного фундаменту Мармароського масиву та його осадового верхньопалеозойського-мезозойського чохла. Це – кристалічні сланці, гнейси, гранітоїди, пермсько-тріасові кварцові конгломерати та гравеліти, тріасово-юрські вапняки та доломіти. Другий – представлений розрізненими фрагментами юрських (?) порід офіолітової асоціації, червоними яшмоїдами, рифогенними ранньокрейдовими вапняками ургонської фації. В басейні р. Велика Уголька дослідники можуть побачити усе розмаїття названих обох типів порід. Серед них заслуговують на увагу мальовничі

скелясті виходи брил (розміром до десятків і сотень метрів) юрських (?) і крейдових (ургонських?) вапняків (“Молочний Камінь”, печера в вапняках тощо), а також фрагменти порід офіолітової асоціації – базальти, ультрабазити, рідше габроїди. В базальтах простежуються подушкові текстури (піллоу-лави). Серед ультрабазитів діагностують лерцоліти, верліти, гарцбургіти, іноді піроксеніти, що часто серпентинізовані або й повністю перероблені в серпентиніти [1, 9]. Тут же відслонюється і матрикс олістостроми, складений хаотичними відкладами грязекам’яних потоків (debris-flows). Подекуди осадовий матрикс тектонічно перероблений до меланжу, що також простежується у відслоненнях.

Вгору за розрізом нижньокрейдова олістостромово-конгломератова товща змінюється нормально-шаруватими відкладами – сеноманськими пісковиками й алевролітами (100–300 м), турон-маастрихтськими червоними геміпелагічними мергелями пухівської світи (100–200 м), маастрихтським флішем ярмутської світи (до 30 м), палеоцен-еоценовими алевролітами, пісковиками та мергелями метовської світи (150–200 м), олігоценовими збагаченими органікою темними мергелистими відкладами дусинської світи (до 100 м), які завершують стратиграфічний розріз Мармароської зони скель (Вежанського покриву) [9, 15].

Перидотити мезозойського офіолітового угольського комплексу утворюють найбільш представницькі відслонення в зоні Мармароських скель у межиріччі Малої та Великої Угольки, що є лівими допливами р. Тербля. Виходи цих порід за геологічним положенням і складом паралелізуються з об’єктами, відомими в Румунії [9, 26, 28, 29].

По р. Тербля та її притоках відслонюється майже повний стратиграфічний розріз Мармароської зони скель. За положенням перидотитів у соймульській світі варто відмітити елементи стратифікації в положенні кластолітів офіолітів і вапняків, співвідношенні їх із матриксом. Перидотитові олістоліти приурочені до південної частини соймульської світи. Тут вони представлені серпентинізованими гарцбургітами часто з порфірокластовою структурою. Північніше часто трапляються серпентинізовані лерцоліти. На цьому рівні соймульської світи виявлені олістоліти метаморфічних сланців. Серед них діагностують хлоритові та серпентинітові (антигоритові, лізардитові, баститові) сланці. В останній групі виявлено сланці з глаукофаном [9, 15]. Вони розвиваються по перидотитах. Вище в соймульській світі простежуються олістоліти базальтів. У привододільній частині притоків рік Малої і Великої Угольки часто розвинені олістоліти й олістоплаки вапняків. Ще вище соймульська світа з олістостромової набуває риси конгломератової та конгломератобрекчійової товщі. Її каркас має розміри від 10 до 50 мм. Тип цементації – базальний. Матрикс – псамитово-алевритовий. Цемент – кременистий, глинисто-кременистий, карбонатно-кременистий. За літодинамічними типами – це дебрити, результати акумуляції з високогустинних потоків.

#### **Результати дослідження**

**Петрографічний склад перидотитів угольського офіолітового комплексу.** Серед перидотитів діагностують лерцоліти, верліти, гарцбургіти, іноді піроксеніти, що частково серпентинізовані або повністю перероблені в серпентиніти. В мінеральному складі перидотитів трапляються ромбічні і моноклінні піроксени, олівін, хромшпінеліди, магнетит тремоліт, тальк, серпентин. За мінеральним складом і структурними особливостями перидотити представлені катаклазованими

порфірокластичними лерцолітами та гарцбургітами. Наведемо петрографічний опис деяких петротипів.

*Серпентинітовий гарцбургіт* (р. Велика Уголька, південний схил г. Камінна). Порода темно-зеленого, зеленкувато-чорного забарвлення. Текстура її – масивна, масивна-брекчійовидна (рис. 2). Структура – гіпідіоморфнозерниста, алотріоморфнозерниста. Мінеральний склад породи: олівін (20 %), ромбічний піроксен (30 %), мінерали групи серпентину (35 %), рудні мінерали (10 %), тальк (5 %). Олівін формує неправильні зерна, заміщені серпентином. Ромбічний піроксен має призматичну форму зерен до 1–2 мм. Волокнисті, тичкуваті зерна неправильної форми серпентину (рис. 3). У серпентині простежуються рудні мінерали. Мікролускуваті зерна тальку іноді утворюють облямування навколо ромбічних піроксенів й олівину, а також простежуються разом із серпентином.



Рис. 2. Серпентинізований гарцбургіт.  
Південний схил г. Камінна, р. Велика Уголька

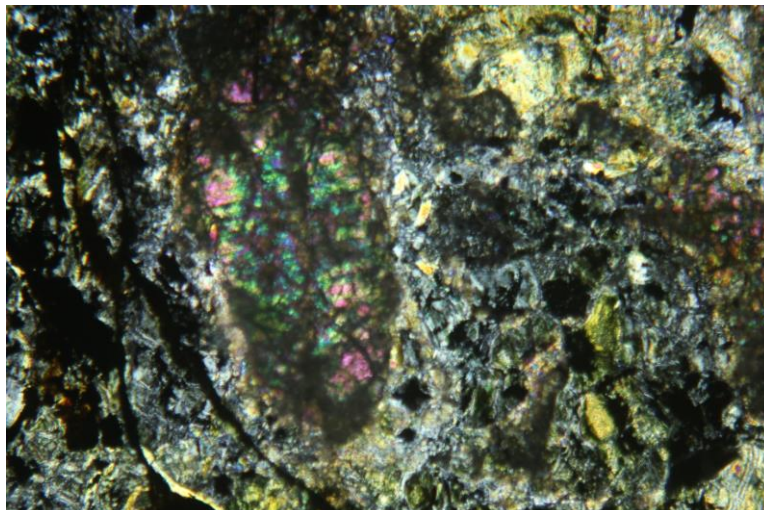


Рис. 3. Серпентинізований гарцбургіт. Мікроблокова мозаїчна структура олівіну. Південний схил г. Камінна, р. Велика Уголька. Нік. + зб. 40

*Серпентинізований лерцоліт або олівіновий вебстерит* (потік Вежанський, права притока р. Мала Уголька). Порода зеленкуватого, зеленкувато-чорного забарвлення масивної та приховано смугастої текстури. Під мікроскопом виявлено гіпідіоморфнозернисту або протогранулярну структуру. Порода складена серпентином (75–80 %), піроксеном (10–20 %). Акцесорні мінерали представлені шпінелідом, магнетитом, гематитом (?). Сплутано волокнисті та прожилкові виділення представлені хризолітом. Гніздоподібні таблитчасті виділення характеризуються антигоритом. У деяких правильних таблитчастих виділеннях відмічено поодинокі релікти моноклінного піроксену розміром від  $0,3 \times 1,2$  до  $1,5 \times 2,9$  мм. Оптичні характеристики піроксену ( $n_p=1,671$ ,  $n_g=1,686$ ) свідчать про те, що це – діопсид. Хромшпінеліди утворюють скупчення ізометричної форми в інтерстиціях між серпентином і піроксеном. Магнетит утворює облямівку по периферії зерен хромшпінелідів.

Порода інтенсивно серпентинізована. За петрографічними визначеннями це – серпентинізований лерцоліт або серпентинізований олівіновий вебстерит. Очевидно, цей петротип вебстеритів тяжіє до периферії масиву лерцолітів.

*Серпентиніт* (права притока р. Велика Уголька, південний схил г. Камінна). Порода має зеленкуватий, темно-зелений колір. Текстура породи – прожилково-вкраплена, гніздоподібна. Структура – алотріоморфнозерниста. Вона складена мінералами групи серпентину (80 %), шпінеллю (14 %), ромбічним піроксеном (5 %), мусковітом (1 %). Серпентин утворює волокнисто-тичкуваті агрегати (рис. 4). Простежуються малі зерна шпінелі, що мають неправильну форму розміром  $<0,01$  мм. Виявлено поодинокі релікти ромбічного піроксену. Трапляються січні прожилки мусковіту.

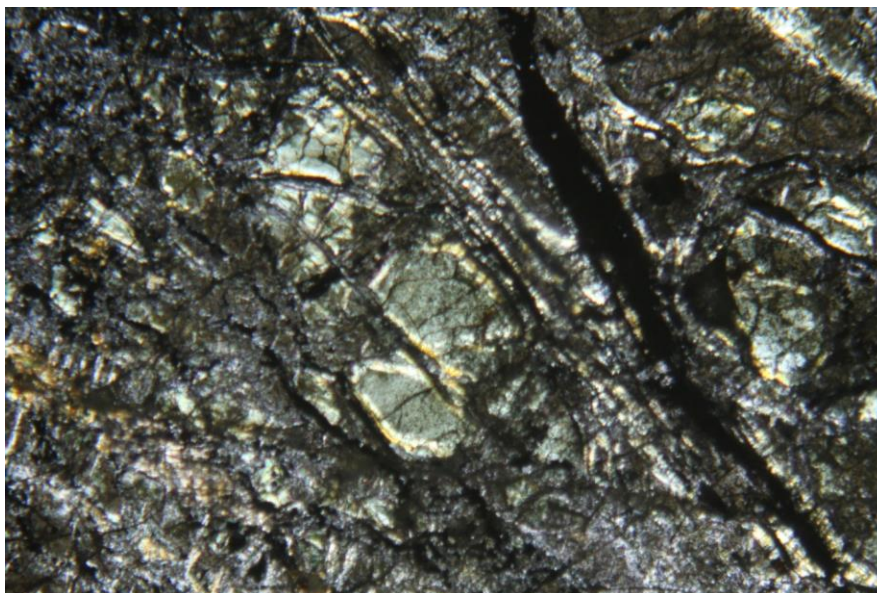


Рис. 4. Релікти ромбічного піроксену в серпентиновій масі. Південний схил г. Камінна, р. Велика Уголька. Нік. + зб. 40

*Лерцоліт* (південний схил г. Камінна, права притока р. Велика Уголька). Порода зеленкуватого, зеленкувато-чорного забарвлення. Текстура масивно-брекчійовидна. Структура бластокластична, порфірірокластична, місцями протогранулярна, гіпдіоморфнозерниста. Мінеральний склад породи: олівін (45 %); ромбічний піроксен (25–30 %); моноклінний піроксен (10–15 %); рудні мінерали (7 %); вторинні (3%). Олівін утворює малі зерна неправильної форми. Вони по краях кородуються вторинними мінералами групи серпентину. Ромбічний піроксен утворює великі ізометричні, таблитчасті зерна. Вони мають проявлене пряме погасання. Крупні порфірокласти ромбічного піроксену несуть ознаки інтенсивної пластичної деформації. Вони представлені енстатитом (рис. 5). Хромшпінеліди формують ізометричні ідіоморфні кристали. Магнетит утворює дрібні зерна. Основна маса серпентинізована. Мікротріщини виповнені кварц-серицитовим агрегатом, іноді з плагіоклазом.

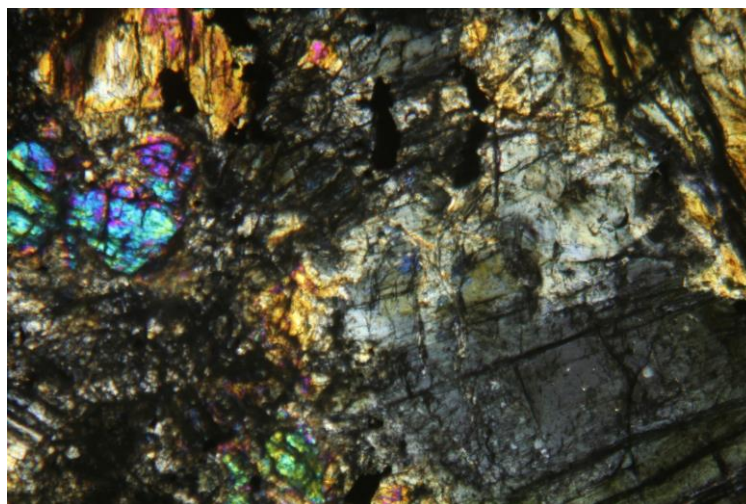


Рис. 5. Бластокластична структура лерцоліту. Роздроблені зерна олівіну і ромбічного піроксену в серпентиновій масі. Південний схил г. Камінна, права притока р. Велика Уголька. Нік. + зб. 40

За виконаними дослідженнями та нашими роботами попередніх років [1] нам вдалось з'ясувати, що взаємовідношення мінералів у перидотитах угольського комплексу дають змогу згрупувати їх у дві рівноважні мінеральні асоціації. Первинна мінеральна асоціація представлена олівіном, піроксеном, хромшпінелідами. Вторинна, мінеральна асоціація вміщує тремоліт, тальк, серпентин, хлорит, кальцит.

Особливості вивчених порід дають змогу виявити елементи розрізу літосфери Трансильвано-Муреського палеоокеану, а саме: гарцбургіти та лерцоліти утворюють



мантійний реститовий комплекс; габро, піроксеніти, верліти, базальти належать коровому комплексу. За петрогеохімічними параметрами [1, 4, 21, 22] гарцбургіт-лерцолітовий комплекс угольських офіолітів має підвищений вміст  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Co$ ,  $Ni$ , важких лантанодів і знижені концентрації суми  $FeO^*$ ,  $TiO_2$ . Габрово-піроксеніт-верлітовий характеризується низькими вмістами  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Co$ ,  $Ni$  і підвищеними сумами  $FeO^*$ ,  $TiO_2$  та загальною суми лантанодів. Такий аналіз складу елементів розрізу офіолітів угольського комплексу узгоджується з матеріалами з відомих офіолітових об'єктів [10].

**Термодинамічні параметри становлення перидотитів угольського офіолітового комплексу.** Отримані новітні дані дають змогу інтерпретувати термодинамічні умови утворення перидотитів офіолітів Мармароської зони скель.

Для оцінки температур перетворення перидотитів використано різні геотермометри. Для першої парагенетичної асоціації: олівін-хромшпінелевий та піроксеновий геотермометри, для другої – амфіболовий геотермометр.

Для визначення температури мінералоутворення застосовано термометр Д. Ліндслея [27]. Вихідними даними слугували мікроаналітичні дослідження перидотитів угольських офіолітів з роботи Н. Білик та ін. [1]. Кристалохімічна формула моноклінних піроксенів за результатами мікроаналітичних даних представлена діопсидом. Кристалохімічна формула ромбічних піроксенів за результатами мікроаналізу є гіперстеном. За вмістом феросилітової компоненти  $F_{S_{0-12}}$  його можна віднести до енстатиту; або – за  $F_{S_{12-30}}$  – до бронзиту. В основі термометра Д. Ліндслея лежить перерахунок складу піроксену на міналі: енстатитової складової; феросилітової складової; воластонітової складової. Це дало змогу визначити температури формування піроксенів у складі угольських перидотитів. На трикутній діаграмі (рис. 6) бачимо, що температура утворення ромбічних піроксенів, хімічний склад яких за результатами мікрозондового аналізу відповідає бронзиту ( $F_{S_{12-30}}$ ), становить близько  $1\ 000\ ^\circ\text{C}$ . Після них за температури  $500\text{--}600\ ^\circ\text{C}$  почали кристалізуватися моноклінні піроксени діопсидового складу.

Результати розрахунків температур олівін-хромшпінелевої рівноваги для перидотитів угольських офіолітів такі:  $970\ ^\circ\text{C}$  (геотермометр Редера-Кембелла-Джемсона);  $790\ ^\circ\text{C}$  (геотермометр Оно);  $880\ ^\circ\text{C}$  (геотермометр Фабрі);  $870\ ^\circ\text{C}$  (модифікований геотермометр О'Нейл-Уолл-Большауз-Беррі-Гріна – (O'NWBBG) [24, література там само].

Тиск можна оцінити в  $7\text{--}15$  кбар за аналогією з типовими мінеральними асоціаціями (Добрецов, 1980; Рингвуд, 1981) згідно до праці [10, література там само].

Температура перетворення порід першої мінеральної асоціації, оцінена за шпінелевим й олівін-шпінелевим геотермометрами [18, 24, 25], коливається в інтервалі  $900\text{--}1\ 290\ ^\circ\text{C}$  [18, 24, 25]; тиск –  $\sim 15$  кбар [18, 19].

Для вторинної парагенетичної асоціації для визначення геотемператур застосовано номограму Si–Al для амфіболів. Результати розрахунків за номограмою Si–Al для амфіболів такі: температура –  $450\ ^\circ\text{C}$ ; тиск –  $2$  кбар [1].

Термобарометрія породоутворювальних і акцесорних мінералів другої мінеральної асоціації згідно з методиками праць [7, 24] схиляють нас до того, що температура становить  $430\text{--}450\ ^\circ\text{C}$ ; тиск –  $4,0\text{--}4,5$  кбар.

Отже, температура перетворення перидотитів першої мінеральної асоціації коливається в інтервалі  $900\text{--}1\ 290\ ^\circ\text{C}$  [7, 18, 24]; тиск –  $\sim 15$  кбар [18, 19]. Температура

перетворення порід, до складу яких входить друга мінеральна асоціація, становить 430–450 °C [7, 24]; тиск – 4,0–4,5 кбар [7, 24]. Розраховані температури та тиск свідчать про термодинамічні параметри складених перидотитами тіл, які мали стадійну геодинамічну еволюцію.

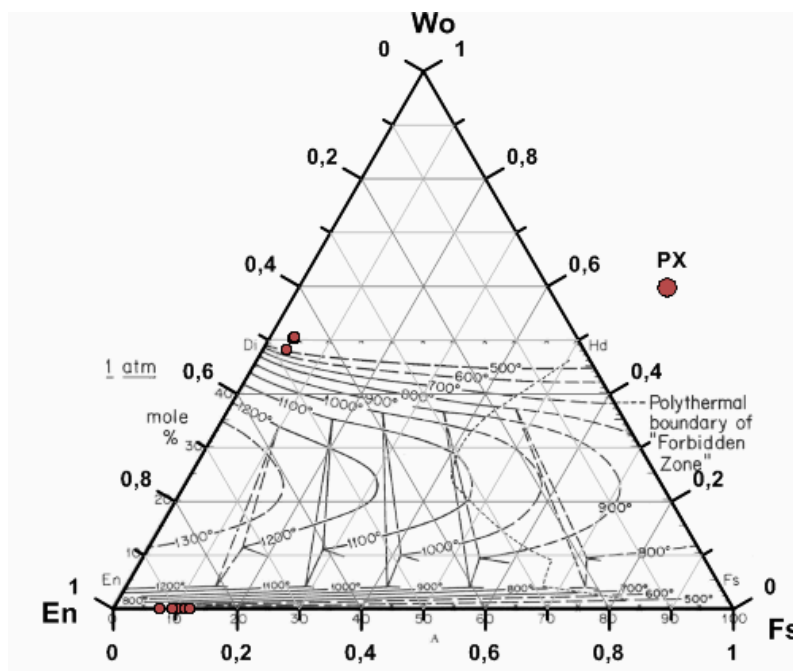


Рис. 6. Температура утворення піроксенів за піроксеновим термометром Donald H. Lindsley [27]

**Еволюція становлення перидотитів офіолітів угольського комплексу.** Для того щоб проаналізувати умови магматичного утворення і метаморфічного перетворення перидотитів, ми використали акцесорні мінерали перидотитів – хромшпінеліди [2, 3, 11, 12, 16, 19, 20].

На території Українських Карпат у Мармароській зоні скель знайдено перидотити, що містять хромшпінеліди в кількості 1–3 %. Магматичні хромшпінеліди хімічно стійкі мінерали, зокрема за вторинних перетворень. Їх використовують як типоморфні мінерали-індикатори для діагностики геодинамічних обстановок формування плутонічних порід офіолітів (зокрема перидотитів), які їх містять.

Хромшпінеліди є у всіх петротипах перидотитів угольського комплексу. Хромшпінеліди за формою виділення утворюють дві групи. Перша група хромшпінелідів у гарцбургітах та лерцолітах трапляється у вигляді субізометричних або неправильних ксеноморфних великих індивідів та скупчень (?) розміром до 0,4 мм. Представники другої групи утворюють подовжені, еліпсоподібні (іноді амебоподібні) форми розміром 0,002×0,007 мм, які приурочені до інтерстицій кристалів піроксену та олівіну та витягнуті за директивністю породи. Зерна забарвлені у вишнево-бурий,

червоно-бурий та темно-бурий колір. По периферії зерна мають чорну облямівку, представлену мікротрапляннями магнетиту. Іноді фіксуються зерна хромшпінелідів у вигляді ланцюжків, які орієнтовані субзгідно з первинною внутрішньою смугастістю (?) та/або первинною впорядкованістю магматичного комплексу. У досліджуваних зразках були випадки, як в одній пробі траплялися хромшпінеліди двох груп. Не викликає сумніву, що наявність двох груп хромшпінелідів в одному зразку є ознакою полістадійних процесів мінералоутворення.

Рентгеноспектральний мікронзондовий аналіз показав, що великі хромшпінеліди першої групи більш магнезійні та менш хромисті. Шпінеліди другої групи – дрібніші, менш магнезійні і більш хромисті.

На бінарній діаграмі  $Cr\#-Mg\#$  з праці [16] хромшпінеліди перидотитів угольського комплексу концентруються у двох областях: абісальних перидотитів та надсубдукційних перидотитів (рис. 7). Великі зерна шпінелідів кристалізувалися за низького ступеня часткового плавлення ( $D_{melt}$  до 14 %), яке належить абісальним перидотитам. Дрібні зерна шпінелідів кристалізувалися за більш високого ступеня плавлення ( $D_{melt}$  до 30 %), які характерні для перидотитів надсубдукційних зон (див. рис. 7).

Величина ступеня часткового плавлення мантийного джерела відображається у хромистості первинних шпінелідів і, тим самим, дає можливість корелювати її з геодинамічними обстановками. Ми використали діаграму кореляції середньої хромистості шпінелі та повної швидкості спредингу з робіт [11, 12]. На цій діаграмі (рис. 8) склади хромшпінелідів першої групи угольського комплексу відповідають перидотитам ультраповільно-спредингових COX (повна швидкість спредингу до 5,5 см/рік). Дрібні зерна з другої групи шпінелідів угольського комплексу асоціюються з перидотитами швидко-спредингових COX (повна швидкість спредингу вища за 10 см/рік). Керуючись речовинним складом порід угольського комплексу та їх термодинамічними параметрами і динамічними характеристиками хромшпінелідів, ми припускаємо, що дві мінеральні асоціації перидотитів еволюціонують послідовно: спочатку в зоні шпінелевих перидотитів океанської літосфери в умовах повільного спредингу утворюються перидотити, які з часом зазнають перетворень у надсубдукційних ситуаціях.

Ці дані узгоджуються з результатами дослідження петрохімічних параметрів базальтів угольського комплексу [14] та результатами робіт з геологічного картування, проведеними останніми роками [9, 15, література там само]. На діаграмі  $TiO_2-10MnO-10P_2O_5$ , за нашими і колегами даними [14], координати точок складів порід потрапляють у поля базальтів серединно-океанічних хребтів й океанічних морів (MORB) і толейтів острівних дуг (IAT).

Вивчені породи належать до розрізу Трансильванських офіолітових покривів. На території України вони, ймовірно, денудовані після формування ранньоальпійської ранньомелової складчасто-покровної споруди Трансильванських та Мармароських покривів. На території Румунії вони збереглися у вигляді тектонічних останців. За результатами кінематичної реконструкції становлення структури Трансильванських (Трансильвансько-Муреських) покривів, фрагментами яких є досліджені породи, з'ясовано, що структурно верхнє положення займає офіолітовий покрив. Це відповідає режиму обдукції, очевидно, на енциматичний цоколь острівної дуги [5, 9, 26]. Становлення Трансильванських покривів завершилося колізійними процесами між

мікроконтинентальними терейнами Тися та Дакія, амальгамацією мікроконтинентів та закриттям Вардарсько-Муреського басейну (рис. 9). На північ від терейну Тися-Дакія заклався новий внутрішньокарпатський Монастирецький (Магурський) океанічний басейн. На південному заході відбувалося формування пізньокрейдово-палеогенової пасивної околиці континентального схилу композиційного терейну Тися-Дакія. Тут на зануреній ділянці Мармароського масиву (“Мармароської кордильєри”) відбувалося утворення олістостромової товщі соймільської світи, олістолітами якої, з-поміж інших, є перidotити. Коріння Трансильванських покровів розташоване між мікроконтинентальними терейнами Тися та Дакія у Муреській зоні [9, 26, 28, 29]. Остання належить Трансильвансько-Муреській (Вардарсько-Муреській) сутурній зоні, що утворилася внаслідок колізії між згаданими двома терейнами.

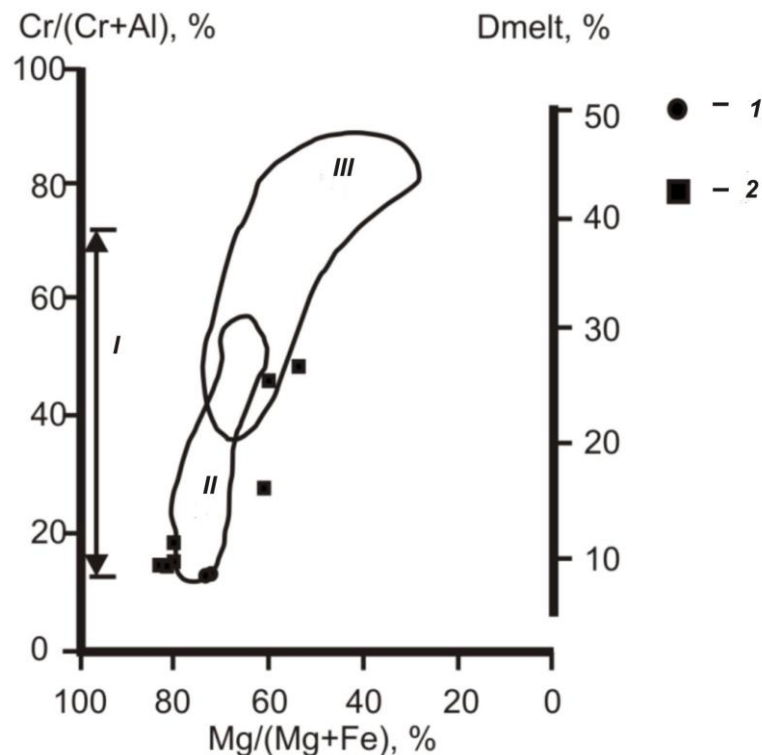


Рис. 7. Бінарна діаграма відношення магnezіальності та хромистості хромшпінелідів, за працею [16]. Поля складів хромшпінелідів з: I – задугувих перidotитів; II – абісальних перidotитів; III – перidotитів субдукційних зон. Арабськими цифрами позначено локації відбору взірців: 1 – басейн р. Велика Уголька; 2 – басейн р. Мала Уголька

**Висновки.** У праці викладено результати дослідження порід, зокрема перidotитів, офіолітового угольського комплексу Внутрішніх Українських Карпат. Робота ґрунтується на даних попередників та оригінальних матеріалах геологічного спостереження в середній течії р. Терєблї і нових лабораторних аналізах перidotитів.

Середньотріасово-нижньокрейдові (?) перидотити утворюють олістоліти в нижньокрейдовій соймульській олістостромово-конгломератовій товщі. Вивчені олістоліти перидотитів Мармароської зони скель є продуктами розмиву літосфери Трансильванського океану й островодужних магматичних утворень, які були обдуковані на окраїну мікроматиненту Дакія (Мармароський масив) за колізійних процесів у ранній крейді [9].

Петрографічні дані дають змогу віднести розрізнені олістоліти офіолітового комплексу, зокрема перидотитів, до двох типів офіолітових асоціацій, які за мінералами-індикаторами (зокрема хромшпінелідами) формувались у різних умовах. Найвні результати дослідження хромшпінелідів утворюють дві групи, які корелюються з двома рівноважними асоціаціями мінералів: перша група – олівін + шпінель + ромбічний піроксен + моноклінний піроксен; друга група – амфібол+талък.

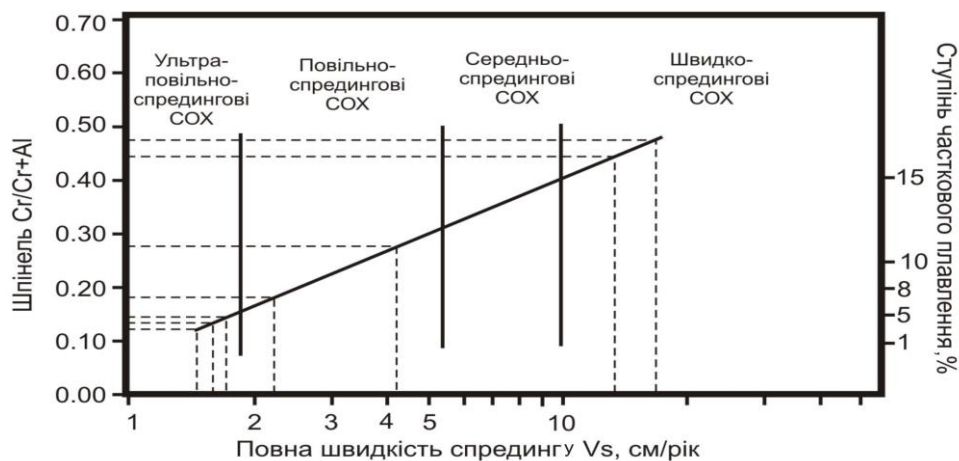


Рис. 8. Кореляція середньої хромистості шпінелі та повної швидкості спредингу ( $V_s$ ), за працями [11, 12]. Пунктиром позначено склади хромшпінелідів з перидотитів офіолітового угольського комплексу



Рис. 9. Реконструкція головних етапів формування структур Мармароської зони скель, Монастирського покриву і Пенінської зони між терейнами Тися та Дакія, за використанням праці [9]

Великі ізометричні або ксеноморфні індивіди хромшпінелідів трапляються у гарцбургітах та лерцолітах. Дрібні хромшпінеліди утворюють подовжені та еліпсоподібні зерна, витягнені за директивністю породи, й трапляються в інтерстиціях кристалів піроксену та олівіну. Рентгеноспектральний мікрозондовий аналіз показав, що великі хромшпінеліди першої групи більш магнезійні та менш хромисті. Шпінеліди другої групи – дрібніші, менш магнезійні і більш хромисті. На бінарній діаграмі Cr#–Mg# хромшпінеліди перидотитів угольного комплексу концентруються у двох областях: абісальних перидотитів та надсубдукційних перидотитів. Великі зерна шпінелідів кристалізувалися за низького ступеня часткового плавлення ( $D_{\text{melt}}$  до 14 %), яке належить абісальним перидотитам. Дрібні зерна шпінелідів кристалізувалися за більш високого ступеня плавлення ( $D_{\text{melt}}$  до 30 %), які характерні для перидотитів надсубдукційних зон. На діаграмі кореляції середньої хромистості шпінелі та повної швидкості спредінгу склади хромшпінелідів першої групи угольського комплексу відповідають перидотитам ультраповільно-спредингових серединно-океанічних хребтів (СОХ). Дрібні зерна з другої групи шпінелідів угольського комплексу асоціюються з перидотитами швидко-спредингових СОХ. Температура перетворення порід першої мінеральної асоціації, яка оцінена за шпінелевим і олівін-шпінелевим геотермометрами, коливається в інтервалі 900–1 290 °С, тиск – ~15 кбар. Температура перетворення порід, до складу яких входить друга мінеральна асоціація, становить 430–450 °С, тиск – 4,0–4,5 кбар.

Вивчення перидотитів угольського комплексу є інформативним для з'ясування еволюційних перетворень вихідних протолітів і визначення стадійності формування літосфери складчасто-покривних споруд.

В емпіричному аспекті дослідження дають можливість поглибити знання щодо металогенії перидотитів офіолітів угольського комплексу. Отже, вивчення геології, мінерального та хімічного складу перидотитів та інших порід угольського офіолітового комплексу Мармароської зони скель, стадійності їх формування та процесів перетворення може бути використано для прогнозування оцінки їх ймовірної рудоносності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білик Н. Т. Мінералогія і геодинамічні умови перетворення перидотитів з офіолітів Мармароської зони скель (Українські Карпати) / Н. Т. Білик, Л. В. Генералова, І. Г. Яценко, В. Б. Степанов // Геодинаміка. – 2016. – № 2. – С. 71–83.
2. Базылев Б. А. Петрология и геохимия океанических и альпинотипных шпинелевых перидотитов в связи с проблемой эволюции мантийного вещества : автореф. дис. д-ра. геол.-мин. наук / Б. А. Базылев. – Москва, 2003. – 49 с.
3. Базылев Б. А. Геодинамическая интерпретация субсолидусовой перекристаллизации мантийных шпинелевых перидотитов. 1. Срединно-Океанические хребты / Б. А. Базылев, С. А. Силантьев // Петрология. – 2000. – Т. 8. – № 3. – С. 227–240.
4. Варичев А. С. Петрология мезозойских вулканитов Украинских Карпат : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук : 04.00.08 / А. С. Варичев. – Киев, 1994. – 24 с.
5. Генералова Л. В. Порівняння покривних структур Східних Внутрішніх Карпат та Північно-Східної Фергани / Л. В. Генералова, О. М. Гнилко, І. О. Ковальчук // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геол. – 2001. – Вип.15. – С.152–158.

6. Генералова Л. В. Шпинелиды – индикаторы условий образования перидотитов угольского комплекса (Внутренние Украинские Карпаты) / Л. В. Генералова, Н. Т. Билык, В. Б. Степанов // Ультрамафит-мафитовые комплексы: геология, строение, рудный потенциал : материалы V Междунар. конф. (Гремячинск, 2–6 сентября 2017 г.) / отв. ред. Е. В. Кислов. – Улан-Удэ : Изд-во Бурятского госуниверситета, 2017. – С. 87–89.
7. Геря Т. В. Р-Т тренды и модель формирования гранулитовых комплексов докембрия : автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук / Т. В. Геря. – Москва, 1999. – 49 с.
8. Гнилко О. М. Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки. Стаття 2. Флішові Карпати – давня акреційна призма / О. М. Гнилко // Геодинаміка. – 2012. – № 1. – С. 67–78.
9. Гнилко О. М. Формирование структур утесовых зон и межутесового флиша Внутренних Украинских Карпат – результат сближения и коллизии микроконтинентальных террейнов / О. М. Гнилко, С. Р. Гнилко, Л. В. Генералова // Вестн. С.-Петербург. ун-та. – Сер. 7. – Вып. 2. – 2015. – С. 4–24.
10. Грицук, А. Н. Петрогеохимические особенности и рудоносность Таловского габбро-гипербазитового массива : специальность 25.00.11. Геология, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых, минерагения : автореф. дис. канд. геол.-мин. наук / А. Н. Грицук. – Москва, 2003. – 26 с.
11. Краснова Е. А. Магматическая и метаморфическая эволюция мантийного субстрата литосферы северо-западной части Тихого океана : автореф. дис... канд. геол.-мин. наук / Е. А. Краснова. – Москва, 2014. – 26 с.
12. Короновский Н. В. Магматизм как индикатор геодинамических обстановок / Н. В. Короновский, Л. И. Демина. – Москва : КДУ, 2011. – 234 с.
13. Леонов М. Г. Олигостромы в структуре складчатых областей / М. Г. Леонов // Тр. ГИН. – 1981. – Вып. 344. – 172 с.
14. Ляшкевич З. М. Альпийский магматизм Украинских Карпат, его эволюция и геотектоника / З. М. Ляшкевич, О. М. Яцожинский // Геофиз. журн. – 2005. – № 6. – Т. 27. – С. 1005–1011.
15. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000, аркуші М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія. Геологічна карта дочетвертинних утворень / Б. В. Мацьків., Б. Д. Пукач, О. М. Гнилко. – Київ : Вид-во УкрДГРІ, 2009. – 1 лист.
16. Радомская Т. А. Минералогия и геохимия Киндашского платиноидно-медно-никелевого месторождения (В. Саян) : автореф. дис... канд. геол.-мин. наук / Т. А. Радомская. – Иркутск, 2012. – 23 с.
17. Павлюк М. І. Українські Карпати в структурі Панкардії (магматизм і геодинаміка) / М. І. Павлюк, З. М. Ляшкевич, А. П. Медведєв // Геодинаміка. – 2013. – № 1 (14). – С. 45–60.
18. Пономарев Г. П. Распределение порообразующих элементов в системе основной-ультраосновной расплав–шпинель, оливин, ортопироксен, клинопироксен, плагиоклаз по экспериментальным данным: геологическое приложение / Г. П. Пономарев, М. Ю. Пузанков. – Москва : ИВиС ДВО РАН, 2012. – 668 с.
19. Савельев Д. Е. Состав аксессуарных хромшпинелидов из ультрабазитов Южного Урала как отражение геодинамической обстановки формирования массивов / Д. Е. Савельев // Вестн. Пермского ун-та. Сер. геология. – 2013. – Вып. 1(18). – С. 17–25.

20. Селятицкий А. Ю. “Коровые” и мантийные перидотиты в коллизионных зонах высоких и сверхвысоких давлений – состав минералов и геохимические различия / А. Ю. Селятицкий, Н. А. Селятицкая // Современные проблемы магматизма и метаморфизма : материалы Всеросс. конф., посв. 150-летию акад. Ф. Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию проф. Г. М. Саранчиной. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 2012. – Т. 2. – С. 220–222.
21. Ступка О. О. Офіоліти Українських Карпат: геохімія і мінералогія : автореф. дис... канд. геол. наук / О. О. Ступка. – Львів, 2013. – 20 с.
22. Тектоно-магматическая эволюция Карпат / З. М. Ляшкевич, А. П. Медведев, Ю. З. Крупский и др. – Киев : Наук. думка, 1995. – 132 с.
23. Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования / А. А. Белов, В. С. Бурман, В. П. Зинкевич и др. – Москва : Наука, 1990. – 293 с.
24. Чащухин И. С. О температуре становления ультрамафитов Платиноносного пояса Урала / И. С. Чащухин, С. Л. Вотяков, Е. В. Пушкарев, Е. В. Аникина, С. Г. Уймин // Ежегодник. – Екатеринбург, 2000. – С. 210–216.
25. Bazyle B. A. Petrology and evolution of the Brezovica ultramafic massif, Serbia / B. A. Bazyle, S. Karamata, G. S. Zakariadze // Ophiolites in Earth History. – London : The Geological Society, 2003. – P. 91–108.
26. Csontos L. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region / L. Csontos, A. Vörös // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – Elsevier, 2004. – Vol. 210. – P. 1–56.
27. Lindsley D. H. Pyroxene thermometry / D. H. Lindsley // American Mineralogist. – 1983. – Vol. 68. – P. 477–493.
28. Sandulescu-Russo D. Petrochemical characteristics of the Mesozoic Ophiolites of the Rarav-Hagminas Marginal Syncline / D. Sandulescu-Russo, C. Udrescu, A. Medesan // Dari de seama Inst. Geol. Geofiz. – Bucuresti, 1982. – Vol. 66. – P. 153–186.
29. Savu H. A preliminary comparative study of the distribution of trace elements in ophiolites and island arc volcanics from the Mures Zone / H. Savu, C. Udrescu // Rev. Roum. Geol., Geophys. et Geogr. Geologie. – București, 1981. – Т. 25. – P. 37–47.

## REFERENCES

1. Bilyk N. T. Mineralohiia i heodynamichni umovy peretvorennia perydotyiv z ofiolitiv Marmaroskoj zony Skel (Ukrainski Karpaty) / N. T. Bilyk, L. V. Heneralova, I. H. Yatsenko, V. B. Stepanov // Heodynamika. – 2016. – N 2. – S. 71–83.
2. Vazylev B. A. Petrolohiya u heokhymiya okeanycheskykh u alpynotyrynykh shrynelevykh perydotyiv v svyazy s problemoi evoliutsyy mantlynoho veshchestva : avtoref. dys. d-ra. heol.-myn. nauk / B. A. Vazylev. – Moskva, 2003. – 49 s.
3. Vazylev B. A. Heodynamycheskaia ynterpretatsyia subsolydusovoi perekrystallyzatsyy mantlynykh shrynelevykh perydotyiv. 1. Sredynno-Okeanycheskye khrebtы / B. A. Vazylev, S. A. Sylantev // Petrolohiya. – 2000. – Т. 8. – N 3. – S. 227–240.
4. Varychev A. S. Petrolohiya mezozoiskykh vulkanytov Ukraynskykh Karpat : avtoref. dys. ... kand. heol.-myn. nauk : 04.00.08 / A. S. Varychev. – Kyev, 1994. – 24 s.



5. *Heneralova L. V.* Porivniannia pokryvnykh struktur Skhidnykh Vnutnishnikh Karpat ta Pivnichno-Skhidnoi Ferhany / L. V. Heneralova, O. M. Hnylko, I. O. Kovalchuk // *Visnyk Lviv. un-tu. Ser. heol.* – 2001. – Вyp.15. – S.152–158.
6. *Heneralova L. V.* Shpynelydy – yndykatory uslovi obrazovanyia perydotyov uholskoho kompleksa (Vnutrennye Ukraynskye Karpaty) / L. V. Heneralova, N. T. Vylyk, V. B. Stepanov // *Ultramafyt-mafytovye kompleksy: heolohyia, stroenye, rudnyi potentsial : materyaly V Mezhdunar. konf. (Hremiachynsk, 2–6 sentiabria 2017 h.) / otv. red. E. V. Kyslov.* – Ulan-Udэ : Yzd-vo Buriatskoho hosuniversityeta, 2017. – S. 87–89.
7. *Heria T. V.* R-T trendy y model formirovaniia hranulytovykh kompleksov dokembryia : avtoref. dys. d-ra. heol.-myn. nauk / T. V. Heria. – Moskva, 1999. – 49 s.
8. *Hnylko O. M.* Tektonichne raionuvannia Karpat u svitli tereinovi tektoniky. Statia 2. Flishovi Karpaty – davnia akreysiina pryзма / O. M. Hnylko // *Heodynamika.* – 2012. – N 1. – S. 67–78.
9. *Hnylko O. M.* Formirovaniye struktur utesovykh zon y mezhhutesovoho flysha Vnutrennykh Ukraynskykh Karpat – rezultat sblyzhenyia y kollyzyu mykrokontynentalnykh terreinov / O. M. Hnylko, S. R. Hnylko, L. V. Heneralova // *Vestn. S.-Peterb. un-ta.* – Ser. 7. – Vyp. 2. – 2015. – S. 4–24.
10. *Hrytsuk, A. N.* Petroheokhymycheskye osobennosti y rudonosnost Talovskoho habbro-hyperbazytovoho mas syva : spetsyalnost 25.00.11. Heolohyia, poysky y razvedka mestorozhdeniy tverdyykh poleznykh uskoraemykh, mynerahenyia : avtoref. dys. ... kand. heol.-myn. nauk / A. N. Hrytsuk. – Moskva, 2003. – 26 s.
11. *Krasnova E. A.* Mahmatycheskaia y metamorfycheskaia evoliutsyia mantynoho substrata lytosferы severo-zapadnoi chasty Tykhhoho okeana : avtoref. dys... kand. heol.-myn. nauk / E. A. Krasnova. – Moskva, 2014. – 26 s.
12. *Koronovskiy N. V.* Mahmatyzm kak yndikator heodynamycheskykh obstanovok / N. V. Koronovskiy, L. Y. Demyna. – Moskva : KDU, 2011. – 234 s.
13. *Leonov M. H.* Olystostromы v strukture skladchastykh oblastei / M. H. Leonov // *Tr. HYN.* – 1981. – Vyp. 344. – 172 s.
14. *Liashkevych Z. M.* Alpyiskiy mahmatyzm Ukraynskykh Karpat, eho evoliutsyia y heotektonyka / Z. M. Liashkevych, O. M. Yatsozhynskiy // *Heofyz. zhurn.* – 2005. – N 6. – T. 27. – S. 1005–1011.
15. Derzhavna heolohichna karta Ukrainy masshtabu 1:200 000, arkushi M 35 XXXI (Nadvirna), L 35 I (Visheu-De-Sus). Karpatska seriia. Heolohichna karta dochetvertynnykh utvoren / B. V. Matskiv, B. D. Pukach, O. M. Hnylko. – Kyiv : Vyd-vo UkrDHRI, 2009. – 1 lyst.
16. *Radomskaia T. A.* Myneralohyia y heokhymyia Kyndashskoho platynoydno-medno-nykelevoho mestorozhdenyia (V. Saian) : avtoref. dys... kand. heol.-myn. nauk / T. A. Radomskaia. – Yrkutsk, 2012. – 23 s.
17. *Pavliuk M. I.* Ukrainski Karpaty v strukturi Pankardii (mahmatyzm i heodynamika) / M. I. Pavliuk, Z. M. Liashkevych, A. P. Medvediev // *Heodynamika.* – 2013. – N 1(14). – S. 45–60.
18. *Ponomarev H. P.* Raspredelenye porodoobrazuiushchykh elementov v systeme osnovnoi-ultraosnovnoi gasplav-shpynel, olyvyn, ortopyroksen, klynopyroksen, plahyoklaz po eksperymentalnyim dannym: heolohycheskoe prylozhenye / H. P. Ponomarev, M. Yu. Puzankov. – Moskva : YVys DVO RAN, 2012. – 668 s.

19. *Savelev D. E.* Sostav aktsessornykh khromshpynelydov yz ultrabazytov Yuzhnoho Urala kak otrazhenye heodynamicheskoi obstanovky formirovaniya massivov / D. E. Savelev // Vestn. Permskogo un-ta. Ser. heolohiya. – 2013. – Выр. 1(18). – S. 17–25.
20. *Seliatytskyi A. Yu.* «Коронные» у мантийные перидотиты в коллизийных зонах высокых у сверхвысоких давлений – состав минералов у геохимические различия / A. Yu. Seliatytskyi, N. A. Seliatytskaia // Современные проблемы махматызма у метаморфизма : материалы Vseross. konf., posv. 150-letiyu akad. F. Yu. Levynsona-Lessynha у 100-letiyu prof. H. M. Saranchynoi. – SPb. : Yzd-vo SPbHU, 2012. – T. 2. – S. 220–222.
21. *Stupka O. O.* Ofiolity Ukrainykh Karpat: heokhimiia i mineralohiia : avtoref. dys... kand. heol. nauk / O. O. Stupka.– Lviv, 2013. – 20 s.
22. Tektono-mahmatycheskaia evoliutsiya Karpat / Z. M. Liashkevych, A. P. Medvedev, Yu. Z. Krupskiy y dr. – Kyev : Nauk. dumka, 1995. – 132 s.
23. Tektonycheskaia rassloennost lytosfery у regionalnye heolohycheskye yssledovaniya / A. A. Belov, V. S. Burman, V. P. Zynkevych y dr. – Moskva : Nauka, 1990. – 293 s.
24. *Chashchukhyn Y. S.* O temperature stanovleniya ultramafytov Platynonosnoho poiasa Urala / Y. S. Chashchukhyn, S. L. Votikov, E. V. Pushkarev, E. V. Anykyna, S. H. Uimyn // Ezhehodnyk. – Ekaterynburh, 2000. – S. 210–216.
25. *Bazyle B. A.* Petrology and evolution of the Brezovica ultramafic massif, Serbia / B. A. Bazyle, S. Karamata, G. S. Zakariadze // Ophiolites in Earth History. – London : The Geological Society, 2003. – P. 91–108.
26. *Csontos L.* Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region / L. Csontos, A. Vörös // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – Elsevier, 2004. – Vol. 210. – P. 1–56.
27. *Lindsley D. H.* Pyroxene thermometry / D. H. Lindsley // American Mineralogist. – 1983. – Vol. 68. – P. 477–493.
28. *Sandulescu-Russo D.* Petrochemical characteristics of the Mesozoic Ophiolites of the Rarav-Hagminas Marginal Syncline / D. Sandulescu-Russo, C. Udrescu, A. Medesan // Dari de seama Inst. Geol. Geofiz. – Bucuresti, 1982. – Vol. 66. – P.153–186.
29. *Savu H.* A preliminary comparative study of the distribution of trace elements in ophiolites and island arc volcanics from the Mures Zone / H. Savu, C. Udrescu // Rev. Roum. Geol., Geophys. et Geogr. Geologie. – Bucuresti, 1981. – T. 25. – P. 37–47.

*Стаття: надійшла до редакції 15.01.2021  
прийнята до друку 20.02.2021*

## EVOLUTION OF MESOZOIC PERIDOTITES OF THE COAL OPHIOLITE COMPLEX (MARMARA ROCK ZONE, INNER UKRAINIAN CARPATHIANS)

**Larysa Heneralova, Oleg Hnylko,  
Nataliya Bilyk, Volodimir Stepanov**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
Hrushevskij Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005  
e-mail: larysa.heneralova@lnu.edu.ua*

The paper presents the results of the study of peridotites of the Ugolka ophiolite complex of the Inner Ukrainian Carpathians. The work is based on the data of prior research and original materials of geological observations from the middle course of the Tereblya River, and on new laboratory analyzes of peridotites.

Middle Triassic – Lower Cretaceous (?) Peridotites of the Ugolka ophiolite complex form olistolites in the Lower Cretaceous olistostrome-conglomerates of Soimul formation. Petrographic data make it possible to classify disparate olistolites of the ophiolite complex, and peridotites in particular, into two types of ophiolite associations, which were formed in different conditions according to indicator minerals (including spinelides).

Results of the study of spinelites form two groups that correlate with two equilibrium mineral associations: first – olivine + spinel + orthorhombic pyroxene + monoclinic pyroxene; and second – amphibole + talc. Larger isometric or xenomorphic individuals of chromium spinels are found in harzburgites and lherzolites. Smaller chromium spinel individuals form elongated and elliptical grains, stretched along the structure of the rock, and are found in the interstices of pyroxene and olivine crystals. X-ray microprobe analysis revealed that the composition of chromium spinel grains of the first group contains more magnesium and less chromium. Chromium spinels of the second group are smaller, and contain less magnesium and more chromium. On the binary diagram Cr#–Mg# chromium spinels from the peridotites of the Ugolka complex are concentrated in two areas: abyssal peridotites and suprasubduction peridotites. Chromium spinel grains from the first group crystallized at a low degree of partial melting (D<sub>melt</sub> up to 14 %), which is typical for abyssal peridotites. Chromium spinels of the second group crystallized at a higher degree of melting (D<sub>melt</sub> up to 30 %), which is characteristic of peridotites of suprasubduction zones. On the correlation diagram of the average chromium spinel and the total spreading speed, the chromium spinel compositions of the first group of the Ugolka complex corresponds to the peridotites of ultra-slow spreading zones. Small grains from the

second group of chromium spinels of the Ugolka complex are associated with peridotites of fast spreading zones. The temperature of metamorphism of rocks of the first mineral association is estimated by spinel and olivine-spinel geothermometers, and is contained within range of 900–1 290 °C, at pressure aprox. 15 kbar. The temperature of metamorphism of rocks forming the second mineral association, I estimated at 430–450 °C, at pressure of 4.0–4.5 kbar.

The study of peridotites of the Ugolka complex is informative for reconstruction of the geological evolution of the original sediments and determining the stages of formation of thrust-nappe structures.

*Key words:* Inner zone of the Ukrainian Carpathians; peridotites, ophiolites, chromium spinelids.