

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.3.304322>

УДК [551.763:552.13/.14:553.4]
(477.83+477.85/.86:292.452)

E-mail: mykola.pavlun@lnu.edu.ua,
<http://orcid.org/0000-0002-8634-6576>;
anton.heneralov@lnu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-4221-0415>;
larysa.heneralova@lnu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-6033-6556>;
oleksandr.kostyuk@lnu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0003-2218-1757>

***Corresponding author /
Автор для кореспонденції:**
L.V. Heneralova, larysa.heneralova@lnu.edu

Received / Надійшла до редакції:
17.05.2024

**Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:**
10.08.2024

Accepted / Прийнята:
07.09.2024

Keywords: geology; stratigraphy; mudstone; hemipelagites; mineral types; background formations; Skyba Nappe; Boryslav-Pokuttya Nappe; Ukrainian Carpathians.

Ключові слова: геологія; стратиграфія; аргіліти; геміпелагіти; мінеральні типи; фонові утворення; Скибовий покрив; Бориславсько-Покутський покрив; Українські Карпати.

Верхньокрейдово-нижньоеоценові аргіліти Зовнішніх Карпат (петрохімічний та палеогеодинамічний аспекти)

М.М. Павлунь, А.В. Генералов, Л.В. Генералова*, О.В. Костюк

Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна

Upper Cretaceous–Lower Eocene mudstones of the Outer Carpathians (petrochemical and paleogeodynamic aspects)

M.M. Pavlun, A.V. Heneralov, L.V. Heneralova*, O.V. Kostyuk

Lviv National Ivan Franko University, Lviv, Ukraine

The mineral types of the Upper Cretaceous–Lower Eocene greenish-gray mudstones of the Skyba and Boryslav-Pokuttya nappes of the Outer Carpathians were studied. According to sedimentological features, these mudstones belong to hemipelagites and contain information about the background sedimentation conditions of the deep-sea oceanic basin. The purpose of the work is to clarify the paleogeodynamic features of the basin based on the results of studying the material composition of the Upper Cretaceous–Lower Eocene background mudstones, which in particular are part of the variegated-colored horizons. Research methods were geological mapping, X-ray structural, sedimentological, lithostratigraphic, petrogeochemical, geodynamic analysis. On the classification module diagram $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, the figurative points of the contents of the Upper Cretaceous–Lower Eocene mudstones of the Stryi, Yamna, and Manyava suites fall into the fields corresponding to two mineral types: a mixture with a predominance of montmorillonite and three-component mixture of chlorite+montmorillonite+hydromica composition. According to the obtained data, a gradual change in the conditions of the sedimentary environment from the Late Cretaceous to the Eocene can be traced, with a successive increase in the normalized alkalinity modulus and a decrease in the phemic modulus. On the paleogeodynamic discriminant diagrams $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ and F1–F2, figurative points of Upper Cretaceous–Lower Eocene mudstones form petrochemical distribution trends that cover the fields of geodynamic conditions from passive to active margins of the sedimentation basin. The Cretaceous–Paleogene pelagic mudstones of the Sicilian domain of the Alpine Belt have a similar distribution of petrochemical components. The mineral assemblages found in the mudstones of the Skyba and Boryslav-Pokuttya nappes are typical for deep-sea clay sediments of modern oceans. The presence of montmorillonite and chlorite in the background argillites indicates a high probability of a contribution to the background petrofund of the sedimentary basin by a femic magmatic component of endogenous origin, realized as a manifestation of volcanic and hydrothermal activity, synchronous to sedimentogenesis. An exogenous source could be the magmatic material transferred or changed by the processes of halmyrolysis, which is not synchronous with sedimentation. The Late Cretaceous–Early Eocene geodynamic events of the Outer Carpathian sedimentary basin developed in front of the ALCAPA and Tisza-Dacia terranes of the Alpine Tethys. Convergence, which caused the formation of the accretionary prism in front of the terranes, could contribute to the riftogenic (?) opening, deepening of the Outer Carpathian Basin, where the penetration of syndimentary endogenous material, mainly of the basic composition, took place. This material could be the rock-forming source of the basin substrate, on which the mineral assemblages of the background hemipelagic mudstones were formed.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2024. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2024. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Цитування: Павлунь М.М., Генералов А.В., Генералова Л.В., Костюк О.В. Верхньокрейдово-нижньоеоценові аргіліти Зовнішніх Карпат (петрохімічний та палеогеодинамічний аспекти). *Геологічний журнал*. 2024. № 3 (388). С. 31–47. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.3.304322>

Citation: Pavlun M.M., Heneralov A.V., Heneralova L.V., Kostyuk O.V. 2024. Upper Cretaceous–Lower Eocene mudstones of the Outer Carpathians (petrochemical and paleogeodynamic aspects). *Geologichnij žurnal*, 3 (388): 31–47. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2024.3.304322>

Вступ

На сучасному етапі розвитку геологічної науки формується тенденція щодо використання седиментологічних та петрогеохімічних досліджень теригенних порід для виявлення нових закономірностей та уточнення тектоно-седиментаційних моделей розвитку регіонів. Важливу роль у таких дослідженнях відіграють пеліти – осадові тонкозернисті породи різного складу та походження. Для реконструкції складу пелітів та розшифрування геодинамічних обстановок формування відкладів застосовуються класифікаційні та дискримінантні петрохімічні діаграми. Практика вивчення тонкозернистих теригенних відкладів різних регіонів показує, що використання петрохімічних даних дає підстави достатньо обґрунтовано встановлювати умови формування первинних осадів (Сокур, 2013; Маслов, 2014; Маслов и др., 2015). Крім вивчення складу важливе значення має пошарове дослідження у відслонених розрізах відкладів насамперед осадових текстур і структур, які несуть інформацію про давні процеси осадоагромадження та є основою методу седиментологічного, зокрема фаціального, аналізу. Седиментологічний аналіз для відкладів позашельфових океанічних обстановок дозволяє розрізнити утворення пелагічного і суспензійно-потокowego седиментогенезу. Утворення пелагічного седиментогенезу (пелагіти і близькі до них геміпелагіти) акумулювались з субвертикальних потоків. Потоки складають універсальний «пелагічний» фон, на який подієво, епізодично накладається суспензійно-потоківий седиментогенез.

Типові пелагіти і геміпелагіти складені кремністими, вапняковистими або теригенними мулістими утвореннями, що залягають на дні у вигляді осадового «фоновий плаща». Він обволікає нерівності рельєфу або перешаровується з турбідитами і контуритами. (Гемі)пелагітам притаманні гомогенні текстури за умови рівномірності седиментаційного потоку або горизонтальна ламінованість різного масштабу – при змінах інтенсивності потоку чи складу осадового матеріалу.

Українські Карпати згідно з поперечною зональністю орогену складаються з Внутрішніх та Зовнішніх. Зовнішні (Флішеві) Карпати включають низку флішево-моласових покривів, серед яких ми зупинимось на Скибовому та Бориславсько-Покутському покривах. Їх стратиграфічні розрізи та структури дозволяють сформувати цілісне уявлення про крейдово-палеогенову седи-

ментогенну, структурну і палеогеодинамічну природу палеобасейну осадоакопичення. В межах цих покривів розвинений фліш, представлений турбідитами, які чергуються з фоновими (гемі)-пелагітами.

Метою роботи є уточнення палеогеодинамічних особливостей Карпатського седиментаційного басейну за результатами вивчення речовинного складу верхньокрейдово-нижньоеоценових фонових аргілітів (які, зокрема, входять до стратокотолірних горизонтів), розвинених у межах Скибового та Бориславсько-Покутського покривів. Для досягнення мети реалізуються такі завдання: на підставі польових досліджень деталізуються літодинамічні типи фонових аргілітів Скибового покриву; виконується згрупування виборок петрохімічних даних фонових геміпелагічних зеленкувато-сірих аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів щодо стратонів, які розглядаються (стрийської, ямненської, манявської світ); аналізується розташування фігуративних точок складу фонових аргілітів на класифікаційних та дискримінантних палеогеодинамічних діаграмах; розглядається залежність складу аргілітів від впливу ендегенних магматичних джерел та процесів постседиментаційних змін; обговорюються палеогеографічні та палеогеодинамічні умови утворення фонових аргілітів у контексті розвитку Зовнішньокарпатського палеобасейну.

Аналіз попередніх досліджень

Геологічне вивчення північного схилу Українських Карпат розпочато в кінці XIX ст. Дослідження, проведені у XX ст. та на початку XXI ст., дозволили опублікувати праці про стратотипи крейди та палеогену Українських Карпат (Вялов и др., 1988), регіональні стратиграфічні схеми крейдових (Вялов и др., 1989; Стратиграфія..., 2013) та палеогенових (Андреева-Григорович и др., 1984) відкладів, які стали важливим методичним підґрунтям зйомочних робіт району. В нашій статті використана стратифікація відкладів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів, наведена в роботі (Гнилко та ін., 2021).

Умови та процеси накопичення флішу Українських Карпат, з використанням турбідитної концепції, розглядалися починаючи з 60-х років XX ст. у працях Л.В. Лінецької, М.А. Беєра, М.А. Вуля, Я.О. Кульчицького, Ю.М. Сеньковського, А.С. Пилипчака. У кінці минулого – на початку цього століт-

тя виконано великий об'єм робіт з довивчення та видання Карпатської серії аркушів Держгеокарти України масштабу 1:200 000, з якими пов'язані тематичні дослідження, що сприяли деталізуванню питань стратиграфії, седиментології, літології, тектоніки та геологічної еволюції регіону.

Сучасне вивчення Флішевих Карпат методами седиментаційного та біостратиграфічного аналізів дозволило доповнити знання про стратифікацію крейдово-міоценових утворень, виокремити їх літодинамічні (фаціальні) типи (Андреєва-Григоревич та ін., 2014; Гнилко та ін., 2021, 2022, 2023) та окреслити стадії тектоно-седиментаційної еволюції регіону (Сеньковський та ін., 2004, 2018; Третьак та ін., 2015). Дані цих робіт свідчать, що період формування верхньокрейдово-нижньоеоценових утворень характеризується глибоководними умовами турбідитної седиментації близько CCD (Calcite Compensation Depth), яка періодично чергувалась з (гемі)пелагічним осадженням (Сеньковський та ін., 2018; Гнилко та ін., 2021, 2022).

Океанографічне дослідження сучасних океанів отримало значні здобутки у вивченні глибоководних осадових систем. За цими даними пелагічні (Осадконакопление..., 1979) фонові глини вирізняються полімінеральним складом пелітових компонентів. Головні глинисті мінерали, які присутні майже завжди, представлені гідрослюдою (ілітом), монтморилонітом (групи смектитів), хлоритом, іноді каолінітом. Найбільше розповсюджені гідрослюда (іліт) та монтморилоніт. Їх вміст може досягати 70 % від суми глинистих мінералів, хоча стандартний петрофон в осадах становить не менше 20 %. Під дією гідротерм утворюються чисті монтморилонітові глини. Суттєвий внесок у складі глин належить уламковому матеріалу, головню кварцу і польовим шпатам та тонкодисперсному вулканічному склу. Завжди присутні рентгеноаморфна фаза, до якої входять приховано кристалічні та колоїдні форми водних силікатів, вулканічне скло, гідроксиди заліза та мангану, іноді опал. В евпелагічних глинах є аутигенний монтморилоніт, що утворився в результаті гальміролітичного перетворення базальтової гіалокластики. Взагалі основна маса монтморилоніту утворюється при перетворенні попелового матеріалу (Осадконакопление..., 1979; Хмелевський, 2015). Вивчення глинистих мінералів дає підстави дослідникам зробити висновок, що глинисті мінерали в процесі седиментогенезу не зазнають настільки глибоких змін, щоб легко перетворюватися з одного в інший (Hower et al., 1976).

Мінеральний склад зеленкувато-сірих аргілітів (фракція менше 0,001 мм) північно-східної частини Зовнішніх Карпат (Скибовий та Бориславсько-Покутський покриви) вивчався з використанням рентгеноструктурного аналізу (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гавришків та ін., 2007; Гаєвська, 2009). Цей аналіз показав, що верхньокрейдово-нижньоеоценові аргіліти характеризуються близьким вмістом гідрослюди, монтморилоніту, каолініту та хлориту.

Узагальнені результати досліджень, виконані попередниками, показують, що до складу зеленкувато-сірих аргілітів входять гідрослюда (іліт), змішаношаруваті мінерали іліт-монтморилоніт (Габинет и др., 1976; Габинет, 1985) та хлорит-монтморилоніт (Гавришків та ін., 2007; Гаєвська, 2009), хлорит (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985). Монтморилоніт та хлорит наявні у вільній фазі. Для фракції відмічено високий вміст води та заліза завдячуючи присутності у вільній фазі залізного хлориту та монтморилоніту. Серед аргілітів стрийської та ямненської світ фіксується каолініт (Габинет и др., 1976; Габинет, 1985). Виконані перерахунки (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гавришків та ін., 2007; Гаєвська, 2009) петрохімічних аналізів на мінерали показують, що склад верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів має варіативність, а саме: у стрийській світі – 44,60–69,45 % гідрослюди, 18,0–50,8 % монтморилоніту, хлориту від 0 до 4,7–21,54 %, каолініту від 0 до 17,75–25,2 %; в ямненській світі (головно у складі яремчанського горизонту) – 39,0–90,4 % гідрослюди, 8,2–35,3 % монтморилоніту, хлориту від 0 до 35,7 %; у манявській світі – 36,0–74,1 % гідрослюди, 2,3–34,0 % монтморилоніту, хлориту 4,4–29,05 %. Часто в аргілітах наявний уламковий матеріал (0,01–0,08 мм), представлений кварцом, польовими шпатами, уламками гірських порід, який нерівномірно розподілений в основній масі (його кількість змінюється від кількох зерен до 10–15 %).

Мінералогічні та літологічні особливості фонових аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів вивчено досить ґрунтовно. Проте поява матеріалів про будову Українських Карпат та суміжних з ними територій з позицій плитно-тектонічної парадигми і застосування методів петрохімічного дослідження фонових породних асоціацій відкривають нові можливості щодо порівняння складу світ у процесі еволюційного розвитку регіону, палеогеографічних та палеогеодинамічних реконструкцій регіону і виявлення ресурсів потенційної металогенічної спеціалізації аргілітів.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проведено з використанням методів геологічного картування, рентгеноструктурного, седиментологічного, літостратиграфічного, петрогеохімічного, палеогеодинамічного аналізів. Під час польових робіт у межах річки Стрий-Дністер літодинамічні типи фонових аргілітів вивчено та уточнено за методами седиментологічного аналізу (Einsele, 1992; Posamentier, Walker, 2006; Гнилко, 2010, 2016). Враховано опубліковані дані. Для характеристики петрохімічних параметрів аргілітів використано аналізи фракції менше 0,001 мм з породних комплексів стрийської, ямненської та манявської світ, відомі за джерелами (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гавришків та ін., 2007; Гаєвська, 2009; Генералова, Степанов, 2015). Для систематики глинистих порід та визначення мінеральних асоціацій аргілітів за літохімічними параметрами використано класифікаційну модульну діаграму $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{FeO}^* + \text{MnO} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$ НКМ-ФМ (Юдович, Кетрис, 2000; Маслов и др., 2015). Для типізації палеогеодинамічних обстановок осадо-нагромадження Зовнішньокарпатського басейну

застосовано модульні діаграми $(\text{FeO}^* + \text{MgO}) - \text{TiO}_2$ (Bhatia, 1983) та F1-F2 (Bhatia, 1983). Отримані результати порівнювались між собою та з відомими світовими аналогами.

Аналіз палеогеодинамічної позиції регіону досліджень в пізньокрейдово-ранньоеоценовий час виконано з огляду тектонічної схеми, складеної О.М. Гнилком (Гнилко, 2012, 2016; Третьак та ін., 2015), та запропонованої ним моделі геологічної будови і розвитку Українських Карпат з позицій тектоніки плит. Також враховано матеріали про геодинамічний розвиток складчасто-покривної системи Альпи-Карпати-Динариди (Csontos, Vörös, 2004; Schmid et al., 2008, 2020; Kovač et al., 2016).

Характеристика верхньокрейдово-нижньоеоценових відкладів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів. Літостратиграфічний верхньокрейдово-нижньоеоценовий інтервал розрізу Скибового покриву (рис. 1), що розглядається в роботі, відповідає геодинамічним подіям Зовнішньокарпатського басейну, які характеризуються глибоководним океанічним режимом.

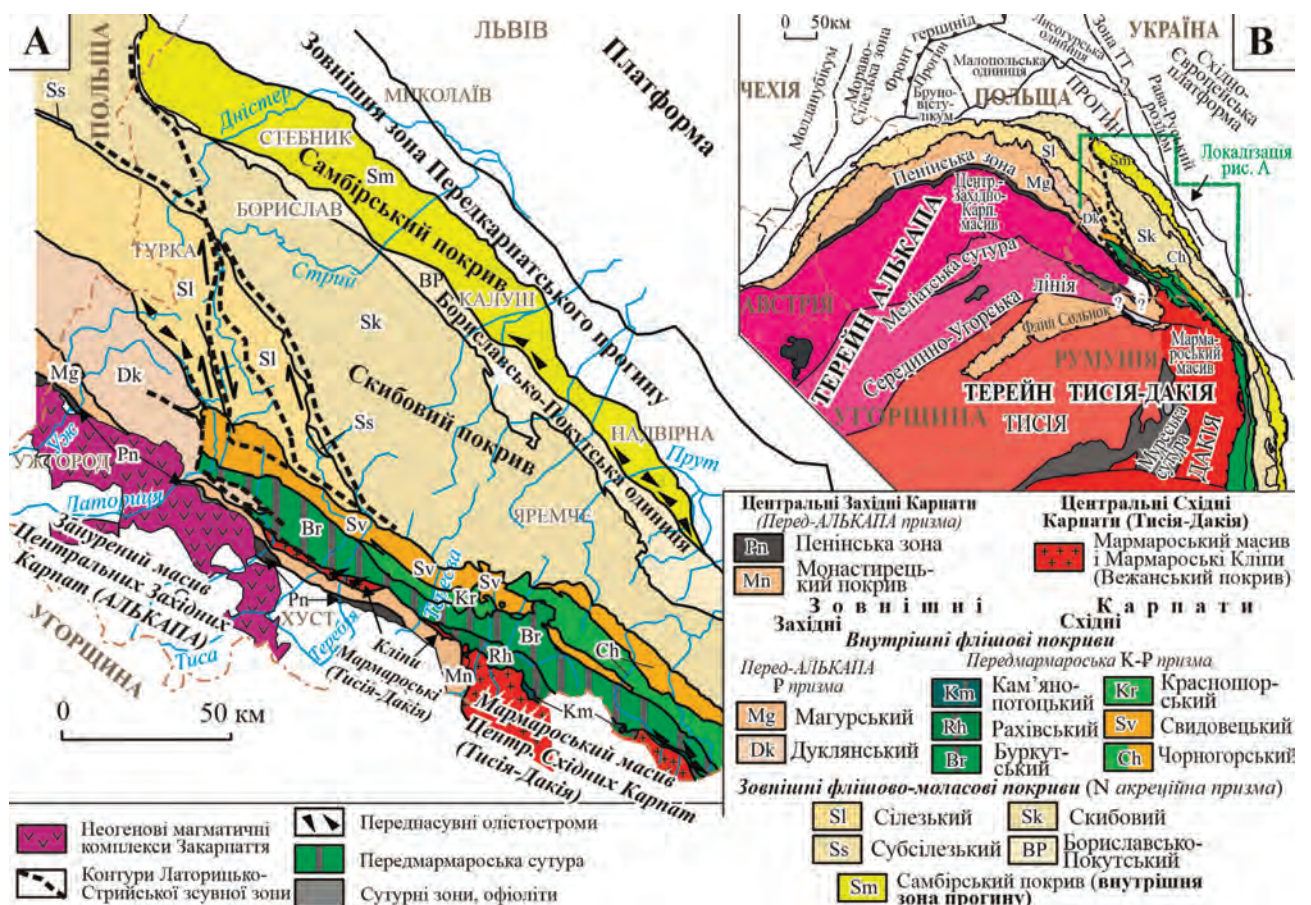


Рис. 1. Тектонічна схема Українських Карпат (Гнилко, 2012, 2016)
 Fig. 1. Tectonic scheme of the Ukrainian Carpathians (Hnylko, 2012, 2016)

Стратиграфічний розріз відкладів, розвинених у межах Скибового та Бориславсько-Покутського покривів (поданий за (Гнилко та ін., 2021)), починається барем-альбськими темно-сірими аргілітами та пісковиками спаської світи (геміпелагіти з прошарками турбідитів) і сеноман-туронськими мергелями головнинської світи (геміпелагіти з прошарками турбідитів). На них залягає сенон-палеоценовий сірий фліш стрийської світи. Стрийська світа складена різнозернистими турбідитами з текстурами Боума T_{abcde} (понад 1000 м). Потужність турбідитних шарів від перших десятків сантиметрів до 2–3 м. Між ними наявні шари зеленкувато-сірих або строкатоколірних аргілітів з прошарками дрібнозернистих турбідитів. Стрийська світа вверх по розрізу наращується

середньо-верхньопалеоценовими пісковиками ямненської світи (до 350 м) з яремчанським горизонтом строкатоколірних аргілітів і дрібнозернистих пісковиків (до 40 м) в основі. Ямненська світа вверх по розрізу наращується відкладами нижньоеоценового тонко-середньоритмічного зеленого або строкатоколірного флішу манявської світи (до 400 м). На різних стратиграфічних рівнях розрізу манявської світи розвинуті строкатоколірні горизонти (перші метри–перші десятки метрів) (рис. 2), які представлені тонким (потужністю від перших сантиметрів до 20 см) перешаруванням зеленкувато-сірих і вишнево-червоних аргілітів. У зеленкувато-сірих породах відзначають текстури Боума T_{de} , T_{cde} , які дозволяють віднести їх до дрібнозернистих турбідитів та геміпелагітів.

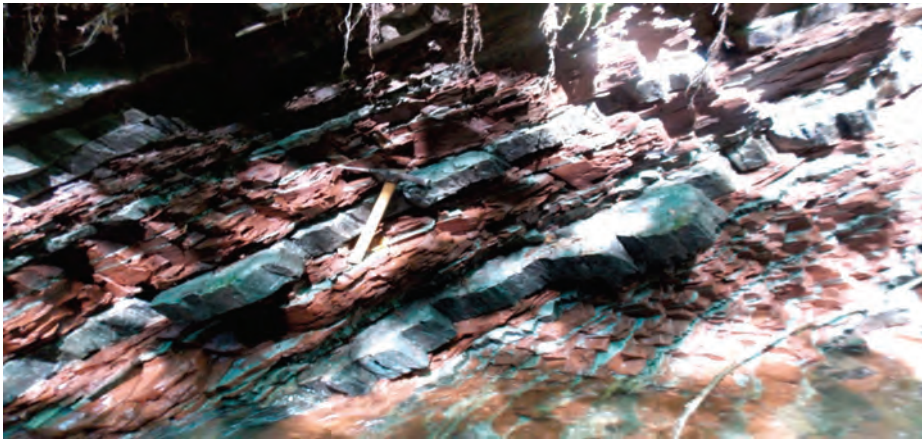


Рис. 2. Корінні виходи строкатоколірних порід манявської світи по правому борту потоку Святославчик басейну р. Опір (Львівська обл., Стрийський р-н, північно-східна околиця с. Гребенів)

Fig. 2. Native outcrops of variegated rocks of the Manyava suite on the right bank of the Sviatoslavchik stream of the Opir river basin (Lviv region, Stryi district, northeastern outskirts of the village of Hrebeniv)

За седиментологічними даними, які отримані попередниками та нами (Генералова, Степанов, 2015; Генералова та ін., 2022), у зазначених верхньокрейдово-нижньоеоценових відкладах діагностуються геміпелагіти та пелагіти (вишнево-червоні, зеленкувато-сірі аргіліти строкатоколірних горизонтів), різнозернисті дистальні турбідити з текстурами Боума та грейнити з прошарками дебритів (масивні ямненські пісковики). Відповідно до класифікацій літодинамічних (генетичних) типів утворень позашельфових океанічних областей турбідити та грейнити є продуктами дії гравітаційних підводних епізодичних схлизових потоків; геміпелагіти та пелагіти (рис. 3) належать до утворень постійно діючих повільних вертикальних седиментаційних потоків типу «частинка за частинкою». Серед геміпелагітів іноді трапляються малопотужні шари халцедонолітів (рис. 4). Геміпелагіти та пелагіти

розглядаються як фонові фації; вони значною мірою представлені матеріалом пелітової розмірності, який своїм складом головно характеризує хімізм басейну седиментації.

На підставі мікропалеонтологічного та седиментологічного вивчення верхньокрейдово-нижньоеоценових породних комплексів встановлено, що в цей час у басейні седиментації домінувала глибоководна (близько CCD – Calcite Compensation Depth) гравітитова (переважно турбідитна) седиментація. Вона періодично змінювалась (гемі)пелагічним осадженням. Власне ямненські пісковики дослідники розглядають як комплекси каналів стоку, тонкозернисті дистальні турбідити та строкатоколірні геміпелагіти (яремчанський горизонт та ін.) відповідають міжрусловим відкладам (Гнилко та ін., 2021). Саме геміпелагіти (та пелагіти) ідентифікуються як фонові утворення.



Рис. 3. Дистальні турбідити та геміпелагіти. Манявська світа. Лівий борт потоку Кам'янка, басейн р. Опір (Львівська обл., Стрийський р-н, північна околиця с. Кам'янка)

Fig. 3. Distal turbidites and hemipelagites. Manyava suite. The left side of the Kamyanka stream, the Opir river basin (Lviv region, Stryi district, northern outskirts of Kamyanka village)



Рис. 4. Зеленкувато-сірі аргіліти (геміпелагіти) та халцедоноліти (пелагіти). Манявська світа. Потік Гребеновець, права притока р. Опір (Львівська обл., Стрийський р-н, південна околиця с. Гребенів)

Fig. 4. Greenish-gray mudstones (hemipelagites) and chalcidolites (pelagites). Manyava suite. Hrebenovets stream, right tributary of the Opir river (Lviv region, Stryi district, southern outskirts of the village of Hrebeniv)

Отримані результати

За відомими методичними прийомами петрохімічні параметри осадових пелітових порід дозволяють систематизувати їх мінеральні типи, закономірності послідовних змін та особливості палеогеодинамічної еволюції. Для систематики мінеральних типів верхньокрейдово-нижньоеоценових зеленкувато-сірих аргілітів (геміпелагітів) Скибового та Бориславсько-Покутського покривів використано діаграму кореляції модулів нормованої лужності (НКМ) та фемічності (ФМ): $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, де $\text{FeO}^* = (0,9 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ (Маслов и др., 2015; Юдович, Кетрис, 2000).

Розрахований нами модуль нормованої лужності (НКМ = $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$) для геміпелагітів стрийської світи визначено за даними робіт (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985). Він характеризується від мінімальних значень (0,16) до максимальних (0,38). При цьому середня величина НКМ = 0,22 є типовою для мінерального типу поля IV діаграми, якому притаманна стандартна двокомпонентна суміш хлорит-гідрослюда. Модуль фемічності аргілітів стрийської світи (ФМ = $(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$) має широкі варіації значень від мінімального (0,01) до максимального (0,28). Середнє значення ФМ = 0,22 є типовим для мінеральних типів із домінуванням монтморилоніту за наявності гідрослюди (іліту).

На діаграмі НКМ-ФМ (рис. 5) фігуративні точки складу аргілітів стрийської світи (склад поданий в роботах (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985)) утворюють сукупність в полі II,

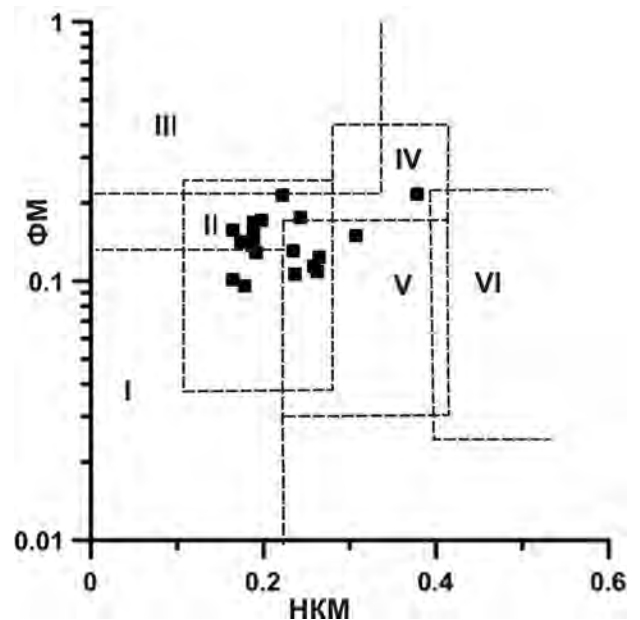


Рис. 5. Класифікаційна діаграма для систематизації аргілітів стрийської світи. Мінеральні типи глинистих фракцій на діаграмі НКМ-ФМ утворюють поля: I – з переважанням каолініту; II – здебільшого смектитові (монтморилонітові) з домішками каолініту та гідрослюди; III – головню хлоритові з домішками Fe-гідрослюди; IV – хлорит-гідрослюдиного складу; V – хлорит-смектит (монтморилоніт)-гідрослюдиного складу; VI – гідрослюдиного складу зі значною кількістю дисперсних частинок польових шпатів. НКМ = $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$. ФМ = $(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, де $\text{FeO}^* = (0,9 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$. Петрохімічний склад аргілітів стрийської світи позначений чорними квадратами

Fig. 5. Classification diagram for the systematization of mudstones of the Stryi suite. Conventional designations: mineral types of clay fractions on the NCM-FM diagram form the fields: I – with the predominance of kaolinite; II – mainly smectite (montmorillonite) with admixtures of kaolinite and hydromica; III – mainly chlorite with Fe-hydromica impurities; IV – chlorite-hydromica composition; V – chlorite-smectite (montmorillonite)-hydromica composition; VI – of hydromica composition with a significant amount of dispersed particles of feldspars. NCM = $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$. FM = $(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$, where $\text{FeO}^* = (0,9 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$. The petrochemical composition of mudstones of the Stryi suite is indicated by black squares

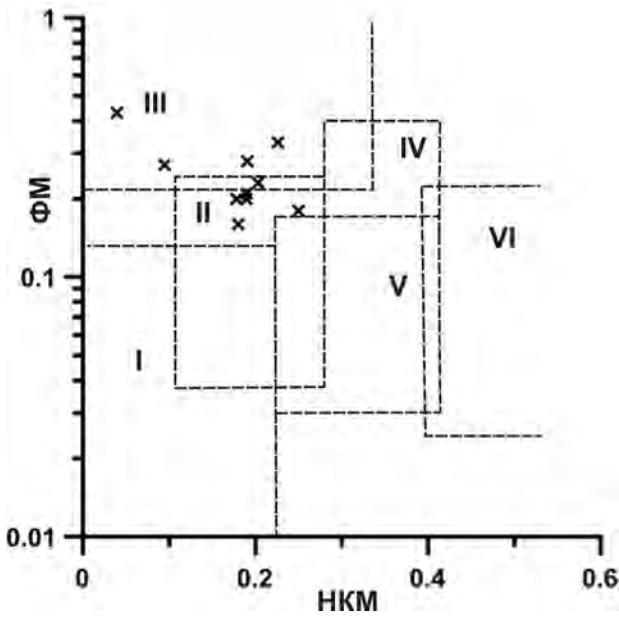


Рис. 6. Класифікаційна діаграма для систематизації аргілітів ямненської світи. Умовні позначення див. рис. 5. Петрохімічний склад аргілітів ямненської світи позначений зірочками

Fig. 6. Classification diagram for the systematization of mudstones of the Yamna suite. Conventional designations see Fig. 5. The petrochemical composition of mudstones of the Yamna suite is indicated by asterisks

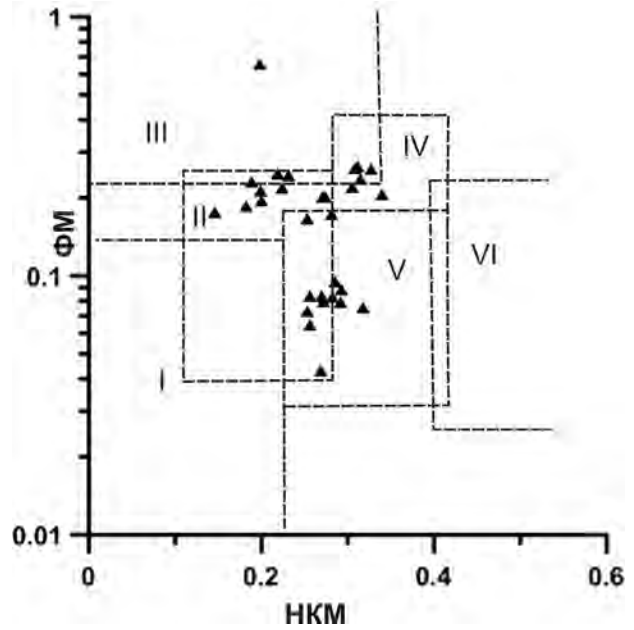


Рис. 7. Класифікаційна діаграма для систематизації аргілітів манявської світи. Умовні позначення див. рис. 5. Петрохімічний склад аргілітів манявської світи позначений чорними трикутниками

Fig. 7. Classification diagram for the systematization of mudstones of the Manyava suite. Conventional designations see Fig. 5. The petrochemical composition of mudstones of the Manyava suite is indicated by black triangles

яке вирізняється переважанням монтморилоніту (сметкиту) з домішками гідрослюда та каолініту. Воно частково перекривається полем V, що являє собою мінеральний тип стандартної трикомпонентної суміші хлорит+монтморилоніт (сметкит)+гідрослюда (іліт). Це змішаношаруваті мінерали ряду монтморилоніт-гідрослюда (іліт) та ряду хлорит-гідрослюда.

Нами розрахований модуль нормованої лужності (НКМ) для аргілітів ямненської світи (та яремчанського горизонту) за аналізами, наведеними в роботах (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гавришків та ін., 2007). Він має значення в межах 0,16–0,33. Модуль фемічності аргілітів (ФМ) змінюється від мінімального 0,04 до максимального 0,25. За винятком одного показника всі ФМ є вище за 0,10, що притаманне асоціаціям із значним вмістом вулканокластичного матеріалу.

На діаграмі НКМ–ФМ (рис. 6) фігуративні точки складу фонових аргілітів ямненської світи (склад узятий з робіт (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гавришків та ін., 2007)) потрапляють у поле II. Воно відповідає мінеральному типу, якому притаманне домінування сметкиту (монтморилоніту), з підпорядкованою кількістю каолініту та гідрослюда (іліту).

Глинисті мінерали асоціації, типової для поля II, утворюються при звітрюванні вулканічного попелу (Юдович, Кетрис, 2000). Співвідношення модулів ФМ та НКМ аргілітів яремчанського горизонту та ямненської світи свідчать, що вони могли бути результатом гальміролізу апопелового монтморилоніту. Крім поля II фігуративні точки складів аргілітів даної світи трапляються в полі III, що характеризується переважанням вмісту хлориту з підпорядкованою кількістю залізистих гідрослюд (іліту).

Для глинистих порід манявської світи модуль нормованої лужності (НКМ) коливається від 0,18 до 0,34 (склад узятий з робіт (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Генералова, Степанов, 2015)). Середнє значення досягає величини 0,26, яка відповідає глинистій речовині з домінуванням хлориту (Юдович, Кетрис, 2000). Мінімальне значення модуля фемічності сягає 0,04, максимальне – 0,26. Середнє значення модуля фемічності (ФМ, 0,19) є вищим за 0,10, що властиве вулканокластичним утворенням.

На діаграмі НКМ–ФМ (рис. 7) фігуративні точки складу аргілітів манявської світи (склад поданий за роботами (Габинет и др., 1976; Афанасьєва, 1983; Габинет, 1985; Гаєвська, 2009; Генералова,

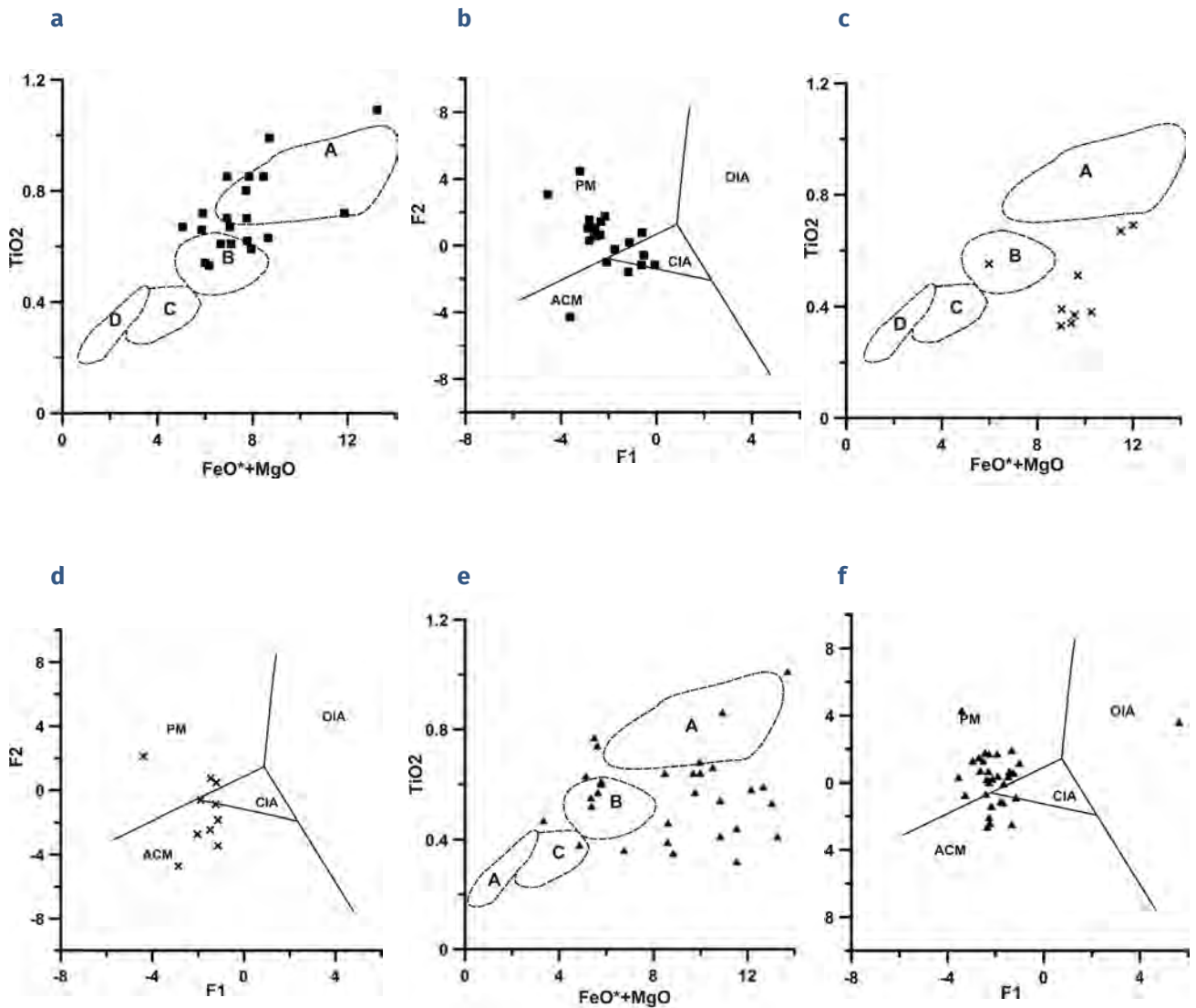


Рис. 8. Положення фігуративних точок складу аргілітів стрийської світи, ямненської світи (і яремчанського горизонту) та манявської світи Скибового та Бориславсько-Покутського покривів на дискримінантних палеогеодинамічних діаграмах $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ (Bhatia, 1983) та F1-F2 (Bhatia, 1983). Умовні позначення для діаграми $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ (8a – стрийська світа; 8c – ямненська світа; 8e – манявська світа). Поля, що характеризують петрохімічні асоціації різних геодинамічних обстановок: A – океанічні острівні дуги; B – континентальні острівні дуги; C – активна континентальна окраїна; D – пасивна континентальна окраїна. Умовні позначення для діаграми F1-F2 (8b – стрийська світа; 8d – ямненська світа; 8f – манявська світа). Поля, що характеризують петрохімічні асоціації геодинамічних обстановок: PM – пасивна континентальна окраїна; ACM – активна континентальна окраїна; CIA – континентальна вулканічна дуга; OIA – океанічна острівна (вулканічна) дуга.

$$F_1 = 0,303 - 0,0447 \times \text{SiO}_2 - 0,972 \times \text{TiO}_2 + 0,008 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,267 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,208 \times \text{FeO} - 3,082 \times \text{MnO} + 0,14 \times \text{MgO} + 0,195 \times \text{CaO} + 0,719 \times \text{Na}_2\text{O} - 0,032 \times \text{K}_2\text{O} + 7,51 \times \text{P}_2\text{O}_5$$

$$F_2 = 43,53 - 0,421 \times \text{SiO}_2 + 1,988 \times \text{TiO}_2 - 0,526 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,551 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,61 \times \text{FeO} + 2,72 \times \text{MnO} + 0,881 \times \text{MgO} - 0,907 \times \text{CaO} - 0,177 \times \text{Na}_2\text{O} - 1,84 \times \text{K}_2\text{O} + 7,244 \times \text{P}_2\text{O}_5$$

8a – дискримінантна діаграма $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ для аргілітів стрийської світи; 8b – дискримінантна діаграма F1-F2 для аргілітів стрийської світи; 8c – дискримінантна діаграма $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ для аргілітів ямненської світи; 8d – дискримінантна діаграма F1-F2 для аргілітів ямненської світи; 8e – дискримінантна діаграма $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ для аргілітів манявської світи; 8f – дискримінантна діаграма F1-F2 для аргілітів манявської світи

Fig. 8. The position of figurative points of the composition of mudstones of the Stryi suite, Yamna suite (including the Yaremche horizon) and Manyava suite of the Skyba and the Boryslav-Pokuttya nappes on the discriminating paleogeodynamic diagrams $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ (Bhatia, 1983) and F1-F2 (Bhatia, 1983). Notations for the diagram $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ (8a – the Stryi suite; 8c – the Yamna suite; 8e – the Manyava suite). Fields characterizing the petrochemical associations of different geodynamic settings: A – oceanic island arcs, B – continental island arcs, C – active continental margin, D – passive continental margin. Notations for diagram F1-F2 (8b – the Stryi suite; 8d – the Yamna suite; 8f – the Manyava suite). Fields characterizing the petrochemical associations of different geodynamic settings: PM – passive continental margin, ACM – active continental margin, CIA – continental island arcs, OIA – oceanic island (volcanic) arc.

$$F_1 = 0,303 - 0,0447 \times \text{SiO}_2 - 0,972 \times \text{TiO}_2 + 0,008 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,267 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,208 \times \text{FeO} - 3,082 \times \text{MnO} + 0,14 \times \text{MgO} + 0,195 \times \text{CaO} + 0,719 \times \text{Na}_2\text{O} - 0,032 \times \text{K}_2\text{O} + 7,51 \times \text{P}_2\text{O}_5$$

$$F_2 = 43,53 - 0,421 \times \text{SiO}_2 + 1,988 \times \text{TiO}_2 - 0,526 \times \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,551 \times \text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,61 \times \text{FeO} + 2,72 \times \text{MnO} + 0,881 \times \text{MgO} - 0,907 \times \text{CaO} - 0,177 \times \text{Na}_2\text{O} - 1,84 \times \text{K}_2\text{O} + 7,244 \times \text{P}_2\text{O}_5$$

8a – discriminating diagram $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ for mudstones of the Stryi suite; 8b – discriminating diagram F1-F2 for mudstones of the Stryi suite; 8c – discriminating diagram $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ for mudstones of the Yamna suite; 8d – discriminating diagram F1-F2 for mudstones of the Yamna suite; 8e – discriminating diagram $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ for mudstones of the Manyava suite; 8f – discriminating diagram F1-F2 for mudstones of the Manyava suite

Степанов, 2015)) потрапляють у поле II на межі з полями III–V. Поле II відповідає мінеральним типам глинистих асоціацій, яким притаманне панування монтморилоніту (сметкиту) за наявності незначної кількості каолініту та гідрослюди (іліту). Глинисті асоціації поля III належать до мінерального типу, який характеризується переважанням хлориту з домішками Fe-гідрослюди (іліту). Глинисті асоціації поля IV представлені двокомпонентним хлорит-гідрослюдистим мінеральним типом. Асоціації поля V репрезентовані так званим стандартним мінеральним глинистим типом хлорит+сметтит (монтморилоніт)+гідрослюда (іліт).

На діаграмі НКМ–ФМ (див. рис. 5–7) поля фігуративних точок складів верхньокрейдово-нижньоеоценових зеленкувато-сірих аргілітів вкладаються у чотири поля (II–V), зміщуючись в область збільшення модуля нормованої лужності (натрій-калійового модуля) та зменшення модуля фемічності. Проте сукупність фігуративних точок складу аргілітів тяжіє до стійкої мінеральної асоціація в полі II, представленій переважно монтморилонітом. Цей мінеральний тип має тенденцію до поступового переходу в поле V, що є стандартною трикомпонентною сумішшю хлорит+монтморилоніт+гідрослюда. Перехід може бути інтерпретовано нами як дуже поступова трансформація геодинамічних умов, яка реалізувалась у речовинному складі фонових пелітів та експонує зміни від суттєво монтморилонітових (сметкитових) аргілітів до трикомпонентної суміші хлорит+монтморилоніт+гідрослюда.

Для типізації палеогеодинамічних обстановок осадоагромадження Зовнішньокарпатського басейну використано модульні діаграми (FeO*+MgO)–TiO₂ та F1–F2 (Bhatia, 1983; Маслов, 2014; Маслов и др., 2015).

На бінарній діаграмі (FeO*+MgO)–TiO₂ (рис. 8, а, с, е) фігуративні точки складу аргілітів верхньокрейдово-нижньоеоценових утворень локалізовані в полі В, яке відповідає геодинамічним обстановкам континентальних острівних дуг та локаціям поблизу від нього. Частина точок тяжіє до класифікаційної області океанічних острівних дуг (А) та її окраїн. Такий же характер розміщення фігуративних точок складу аргілітів стрийської, ямненської та манявської світ спостерігаємо на діаграмі Бхатія (FeO*+MgO)–Al₂O₃/SiO₂ (Bhatia, 1983). Аналіз даних свідчить, що на петрохімічний склад верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів могло вплинути надходження матеріалу як

основного-середнього, так і кислого ендегенних джерел. Вірогідно, такі геодинамічні умови пов'язані з островодужними процесами. Вони реалізуються завдяки впливу субдукції за суттєвої тектонічної перебудови басейну розривами із зсувною складовою (Гнилко, 2011, 2016, 2023).

На мультикомпонентній дискримінантній діаграмі F1–F2 (див. рис. 8, b, d, f)) фігуративні точки складу верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів головно розміщуються в полях пасивних континентальних окраїн (PM) та континентальних вулканічних дуг (CIA) (стрийська світа), активних континентальних окраїн (ACM) та CIA (ямненська світа), PM та ACM (манявська світа), формуючи субвертикальний тренд в інтервалі значень F1 = 1,14...–1,90.

Подібний розподіл мінеральних асоціацій аргілітів спостерігається для крейдово-олігоценових (?) пелагічних аргілітів Сицилійського домену Альпійського складчастого поясу. Ці утворення відігравали роль фонових відкладів у басейні з турбідитною седиментацією, ініційованою субдукційно-колізійними процесами зближення Європейської та Адріатичної плит за акреції домену з Апенінською складчастою спорудою. На палеодинамічних дискримінаційних діаграмах фігуративні точки аргілітів Сицилійського домену формують субмеридіональний тренд розподілу від активних до пасивних окраїн басейну седиментації із суттєво помітною мірою концентрації їх в полі пасивної окраїни (Barbera et al., 2009; Маслов и др., 2015).

Близький або майже ідентичний мінеральний склад мають ранньонеопротерозойські (верхній рифей–венд) синорогенні глинисті утворення Єнісейського пасма. Вони на діаграмі F1–F2 розташовані в області пасивної окраїни та частково активної окраїни, формуючи субвертикальний вектор, який, очевидно, демонструє синорогенні палеогеодинамічні обстановки басейну осадоагромадження (Маслов и др., 2015).

Обговорення

Літостратиграфічна характеристика стратонів верхньої крейди–нижнього еоцену дозволяє підкреслити значну роль у їх будові аргілітів. Вони утворюють угруповання, зокрема строкатоколірні горизонти, що за седиментологічними ознаками належать гомогенним і горизонтально ламінованим аргілітам та є літодинамічними типами геміпелагітів. Ми відносимо їх до утворень фонові седиментації. Серед детально досліджених строкатоколірних горизонтів виділяють яремчанський та над'ямненський.

Комплексні результати дослідження речовинного складу зеленкувато-сірих аргілітів попередниками та нами показують, що до складу порід входять гідрослюда (іліт), змішаношаруваті мінерали іліт-монтморилоніт та хлорит-монтморилоніт, хлорит. У вільній фазі наявні монтморилоніт, хлорит, Fe-монтморилоніт. Для стрийської та яменської світ фіксується каолініт. Нерівномірно розсіяний уламковий матеріал алевропсамітової розмірності, складений кварцом, польовими шпатами, літоїдами, займає до 15 % об'єму аргілітів.

Верхньокрейдово-нижньоеоценові аргіліти району робіт мають високий ступінь концентрації глинистої речовини. Цей показник, за сучасними океанографічними спостереженнями, може бути обумовлений відсутністю розбавляючого впливу теригенної седиментації на глибинах, які близькі до CCD в умовах низької біологічної продуктивності вод та низьких швидкостей седиментації (Осадконакопление..., 1979). Це глибини, на яких слабо проявлялося або не проявляється привнесення теригенного матеріалу. Такі глибини притаманні відкритому океану, звільненому від основної маси теригенної зависі.

Вивчення мінеральних типів зеленкувато-сірих фонових аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів за петрохімічними даними свідчить, що серед них є глинисті асоціації з домінуванням монтморилоніту (смактиту), вірогідно, із значною мірою залістим різновидом монтморилоніту (Білоніжка, Матковський, 2010) та трикомпонентна асоціація хлорит+монтморилоніт+гідрослюда.

Наявність аргілітів мінерального типу з переважанням монтморилоніту може контролюватися певними причинами. Серед них слід розглянути умови його надходження на деякі ділянки басейну осадонакопичення, за яких кількісно пригнічуються всі інші складові осаду і відбувається так звана «пасивна» концентрація глинистих мінералів і, зокрема, монтморилоніту.

За результатами вивчення сучасних океанів (Осадконакопление..., 1979; Тимофеев и др., 1983) встановлено, що монтморилоніт є різного походження: теригенний монтморилоніт, який принесений з суходолу; аутигенний Fe-монтморилоніт з областей розвитку металоносних осадів (Тихого, Атлантичного, Індійського океанів) та поблизу крупних розломів; монтморилоніт, що розвивався внаслідок гальміролізу пірокластичних і лавових основних порід; добре окристалізований монтморилоніт, що утворюється по фонових осадах

під впливом гідротерм. У Червоному морі виявлено декілька модифікацій смактиту (монтморилоніту): гідротермальний Fe-монтморилоніт, який утворюється аутигенно з розсолів і пов'язаний з металоносними осадами; змішаношаруватий монтморилоніт-хлоритовий тип, котрий утворюється при підводному звітрюванні базальтового скла; нормальний бейделітовий монтморилоніт, що має еолове походження, бейделітовий тип монтморилоніту, який утворився за підводного звітрювання вулканічного скла, вірогідно, частково транспортованого тропосферою (Осадконакопление..., 1979). Дослідники зазначають (Осадконакопление..., 1979; Тимофеев и др., 1983; Гуревич, 1998), що Fe-монтморилоніт (Fe-смактит) є головним породоутворювальним глинистим мінералом металоносних осадів.

Розглянемо ймовірні джерела формування монтморилоніту в районі досліджень. Як зазначено вище, зеленкувато-сірі аргіліти в стратиграфічних розрізах покривів є складовими строкатоколірних горизонтів. При вивченні розрізів строкатоколірних горизонтів ми звернули увагу на те, що з ними у просторовій і генетичній асоціаціях знаходяться пласти утворень залізної і манганової мінералізації та глибоководних сульфідів. Геохімічне вивчення залізо-манганової мінералізації та вмісних порід над'яменського строкатоколірного горизонту виявило підвищені вмісти оксидів Fe та Mn (Огар та ін., 2018; Генералова та ін., 2022) та рудних елементів Co, Ni, Zn, Cu (Генералова та ін., 2022). Наведені у згаданих працях дані дають підстави стверджувати, що вміст мангану у зелених, червоних аргілітах та залізо-манганових утвореннях горизонту змінюється від 0,12 до 12 %, заліза – від 1,4 до 11,5 %. В досліджених штуфних пробах сума рудних елементів Cu, Ni, Zn варіює від 0,022 до 1,2 %. Відношення Fe/Mn коливається від 0,2 до 40,0. Коефіцієнт Mn/Fe має дисперсію від 0,20 до 3,16. Виявлені особливості не виключають впливу гідротермального процесу на утворення порід та на просторову приуроченість їх до виходів на дно палеоакваторії (Генералова та ін., 2022). Наведені геохімічні характеристики також свідчать про те, що зеленкувато-сірі аргіліти, які входять до складу строкатоколірних горизонтів, мають значні межі коливань вмісту компонентів, що може вказувати на їхню дисипацію з віддаленням від гідротермального джерела. В той же час звертає увагу вміст заліза понад 10 % в абіогенній частині досліджуваних порід. Деякі дослідники

океанів (Гуревич, 1998) такий вміст заліза в породах беруть за критерій, що дозволяє відносити їх до металоносних осадів океанів. Власне вишнево-червоні аргіліти строкатоколірних горизонтів є аналогами сучасних металоносних шарів. Вишнево-червоні аргіліти мають незначну кількість теригенних уламків, малий відсоток органічної речовини, проте характеризуються підвищеним вмістом валового заліза та мангану, відносною концентрацією Co, Ni, Zn, Cu та інших елементів, що може свідчити про періоди посилення магматичної діяльності. Утворення залізо-манганової мінералізації, досліджені нами (Генералова та ін., 2022) для над'ямненського горизонту, збагачені манганом ($Mn/Fe = 2,3-3,1$) або залізом за суми кольорових металів 0,115–1,2 %. Вивчення розподілу вмісту елементів в утвореннях залізо-манганової мінералізації з використанням діаграми $Fe-Mn-10 \times (Ni+Co+Cu)$ (Bonatti, 1981) дозволило з'ясувати, що вони потрапляють у поле гідротермальних Fe-Mn утворень Західно-Тихоокеанського регіону або в поле Серединно-Атлантичного хребта. Наявність гідротермальних джерел заліза та мангану на дні крейдового Карпатського океанічного домену західного Тетису виявили дослідники (Вак М. et al., 2015; Вак К. et al., 2018).

Гідротерми, які сприяли формуванню тіл залізної, манганової та іншої мінералізації, могли бути задіяні у кристалізації Fe-монтморилоніту та сприяти гальміролітичним перетворенням порід субстрату басейну та принесеного пірокластичного матеріалу. Відомо, що при активних гідротермах вихідні породи перетворюються на монтморилоніт, не залишаючи реліктів.

На загальну тектоно-магматичну активність Зовнішньокарпатського палеобасейну вказують знахідки в аргілітах Флішевих Карпат склоподібних частинок, які за даними мінералого-петрографічних робіт діагностуються як титан-марганець-залізо-силікатні сферули і гіалокластичні матеріал за величиною уламків найчастіше характеризується попеловою (пелітовою, алевритовою, псамітовою) структурою. Епізодично трапляються уламки дрібнопсефітової розмірності (до 5 мм за довгою віссю), які за формою щодо обкатування є гострокутними, без слідів механічної обробки. На думку дослідників (Яценко та ін., 2012, 2015), ця обставина може розглядатися як свідчення про надходження гіалокластичного матеріалу з близьких магматичних джерел завдячуючи механізмам дроблення (десквамацій) та/або розпи-

лення (пульверизацій та гідроексплозій). Отже, вивчення сферул та гіалокластитів свідчить, що у пізньокрейдово-палеогеновий час фонові седиментація Зовнішньокарпатського басейну розвивалась на тлі активізації тектоно-магматичного режиму, зокрема із проникненням мантійної речовини (Яценко та ін., 2012, 2015), яка могла бути пов'язана навіть з плюмами (Лукин, 2013).

Значний вміст монтморилоніту в аргілітах Скибового та Бориславсько-Покутського покривів може пояснюватись його надходженням у Зовнішньокарпатський басейн седиментації з деяких джерел. Серед них слід відмітити: аутигенний Fe-монтморилоніт гідротермального походження; монтморилоніт, який розвивається по пірокластичному матеріалу (зокрема, вулканічному склу); змішаношаруватий монтморилоніт – хлоритовий тип, що утворюється при підводному звітрюванні базальтів, фрагментів (суб)океанічної кори, в умовах критично низьких швидкостей осадоагромадження; монтморилоніт, який виникає при гідротермальній взаємодії на осади басейну та їх зміни.

Палеогеодинамічна історія геологічного розвитку Зовнішніх Карпат розглядається як формування акреційної призми, що утворилась при зближенні терейнів Алькапа та Тисія-Дакія з Євразією та субдукції під ці терейни основи Карпатського басейну (Nemcok et al., 1998; Csontos, Vörös, 2004; Golonka et al., 2006; Oszczyrko, 2006; Schmid et al., 2008, 2020; Гнилко, 2012, 2016; Третьак та ін. 2015; Kováč et al., 2016, 2017).

В крейді в області терейну Тисія-Дакія локалізувалась субдукційна магматична дуга Апусені-Банат-Тимок-Середньогір'я (АБТС), яка проявляла високу активність в період 92–67 млн років тому (Gallhofer et al., 2015). Проте її ендегенна діяльність не припинилась в кайнозой (палеогені-неогені), а продовжувалась з дещо меншою інтенсивністю (Gallhofer et al., 2015). Сучасні роботи відмічають для центральних та західних сегментів дуги щільний просторовий зв'язок між магматизмом, седиментацією та крупномасштабними зсувними переміщеннями і вказують на омолодження магматизму до заходу та півдня дуги АБТС.

В акреційній призмі, утвореній перед фронтом Тисії-Дакії (Кам'янопотоцький, Рахівський, Буркутський флішеві покриви), наявні невеликі дуплекси юрсько-неокомських базальтоїдів (Krobicki et al., 2014), зрідка габро та ультрабазитів, які за петрогеохімічними параметрами (Ляшкевич и др., 1995; Генералова та ін., 2013; Ступка, 2013) відносяться до фрагментів офіолітів

океанічної та субокеанічної літосфери. Наявність порід магматичної дуги та дуплексів фрагментів (суб)океанічної кори свідчить про активний геодинамічний режим Альпійського Тетису, який відповідав геодинамічним обстановкам спредингу, островодужним системам, субдукційно-колізійним процесам. Тобто протягом крейди у Зовнішньокарпатському басейні та на його окраїнах спостерігалася ендегенна активність, яка, очевидно, супроводжувалась різними проявами магматизму (гідротермами, ексгаляціями тощо).

Сліди магматичної активності також виявлені в еоценовому фліші (сушманецька світа) Монастирцького покриву, розміщеного між террейнами Алькапа і Тися-Дакія (див. рис. 1) (Генералова, Степанов, 2015).

Інформативним матеріалом для реконструкції джерел зеленкувато-сірих аргілітів є дискримінантна діаграма FAK O. Предовського (Предовський, 1970). За петрохімічними коефіцієнтами діаграми FAK фігуративні точки петрохімічного складу зеленкувато-сірих аргілітів нижнього еоценової сушманецької світи разом з аргілітами манявської світи потрапляють у поля продуктів глибокого гальміролітичного звітрювання переважно основних порід (Генералова, Степанов, 2015). Ми схилиємось до думки, що магматична діяльність у Монастирцькому басейні розвивалась синхронно з процесами седиментогенезу.

Виконані нами дослідження петрохімічних параметрів фонових аргілітів Скибового та Бориславо-Покутського покривів дають підстави говорити про те, що прояви магматичної діяльності закарбовані в їх мінеральних і породних парагенезисах. Серед мінеральних типів верхньокрейдково-нижнього еоценових зеленкувато-сірих аргілітів впевнено домінують асоціації, виявлені за результатами опрацювання петрохімічних даних за допомогою класифікаційної діаграми кореляції модулів нормованої лужності (НКМ) та фемічності (ФМ). Це асоціація II з переважанням монтморилоніту (сметиту) та трикомпонентна асоціація V – хлорит+монтморилоніт+гідрослюда. На присутність ендегенних джерел (гідротермальних розчинів, магматичних флюїдів, ексгаляцій) речовини в басейні може вказувати розвиток власне некарбонатних аргілітів, які формують строкатоколірні горизонти (з пластами залізо-манганової мінералізації і проявами глибоководних сульфідів), кременистий цемент алевролітів і псамітів (що належать турбідитам, які перешаровуються з геміпелагітами (аргіліта-

ми)), лінзи та прошарки силіцитів (манявська світа), мінеральні асоціації аргілітів та псамітів, до яких входять монтморилоніт, хлорит, глауконіт, цеоліти, опал, халцедон. Важливе значення має наявність у фонових аргілітах сферул та уламкового пірокластичного матеріалу. Сучасна геодинамічна інтерпретація подій у Зовнішньокарпатському басейні, фрагментами якого у сучасній структурі є Скибовий і Бориславсько-Покутський покриви, не суперечить отриманим результатам.

Наукова новизна. Вперше проаналізовано петрохімічні параметри зеленкувато-сірих аргілітів верхньокрейдково-нижнього еоценових утворень в межах Скибового та Бориславсько-Покутського покривів за допомогою класифікаційної діаграми кореляції модулів нормованої лужності (НКМ) та фемічності (ФМ). Це дозволило виділити домінантні мінеральні типи аргілітів, а саме: тип II – з переважанням монтморилоніту (сметиту) та тип V – трикомпонентна асоціація хлорит+монтморилоніт+гідрослюда. За седиментологічними даними підтверджено, що зеленкувато-сірі аргіліти є геміпелагітами; вони перешаровуються з вишнево-червоними аргілітами (пелагітами) і дозволяють охарактеризувати фонові фації. Вперше використано дискримінантні діаграми $(\text{FeO}^* + \text{MgO}) - \text{TiO}_2$ та F1-F2, які за петрохімічними характеристиками фонових утворень орієнтовані на реконструкцію палеогеодинамічних обстановок Зовнішньокарпатського басейну седиментації. Наявність у мінеральних типах фонових аргілітів монтморилоніту та хлориту сприяє кращому розумінню генетичної природи та умов формування фонових глинистих утворень. Ці мінеральні типи утворюються за участі ендегенного магматичного матеріалу головно основного складу. Магматичний матеріал під час проявів вулканічної і гідротермальної (залізистий монтморилоніт) активності постачався в басейн синхронно із седиментацією; вулканічний попел міг потрапляти тропосферним шляхом.

Практичне значення. Виконане дослідження сприятиме розширенню відомостей про ймовірну продуктивну металогенічну спеціалізацію верхньокрейдково-нижнього еоценових утворень Скибового та Бориславсько-Покутського покривів.

Подальше вивчення петрогеохімічних параметрів верхньокрейдково-нижнього еоценових глинистих утворень Скибового та Бориславсько-Покутського покривів слугуватиме деталізації їх літодинамічної (генетичної) належності, уточненню складу порід, з'ясуванню залежності складу відкладів від магматизму для реконструкції палео-

географічних і палеогеодинамічних обставин Зовнішньокарпатського басейну.

Висновки

Методами петрохімічного аналізу досліджено вмісти верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів, які за даними седиментологічного вивчення належать до геміпелагітів скибової та бориславсько-покутської частин Зовнішньокарпатського басейну.

- На класифікаційній модульній діаграмі $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$ фігуративні точки петрохімічного складу верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів стрийської, яменської, манявської світ Скибового та Бориславсько-Покутського покривів головно потрапляють у поля, які відповідають мінеральним типам: з переважанням монтморилоніту (смектиту) (тип II) та хлорит+(монтморилоніт)смектит+гідрослюдистого (ілітового) складу (тип V). За петрохімічними даними простежується поступова зміна кислотно-лужних умов середовища осадоагромадження, які послідовно зміщувались в поля збільшення модуля нормованої лужності та зменшення фемічного модуля від пізньої крейди (стрийська світ) до раннього еоцену (манявська світ).
- Виявлені в аргілітах верхньої крейди-нижнього еоцену Бориславсько-Покутського і Скибового покривів мінеральні асоціації типові для асоціацій глибоководних глинистих осадів сучасних океанів.
- На палеодинамічних дискримінантних діаграмах $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ та F1-F2 фігуративні точки верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів формують тренди розподілу, які охоплюють петрохімічні поля геодинамічних обставин від пасивних до активних окраїн басейну седиментації. Подібні тренди розподілу петрохімічних складів пелітових порід описані для крейдово-олігоценних аргілітів Сицилійського домену та ранньонеопротерозойських (верхній рифей-венд) глинистих утворень Єнісейського пасма.
- Наявність монтморилоніту та хлориту у вивчених фонових аргілітах верхньої крейди-нижнього еоцену Скибового та Бориславсько-Покутського покривів вказує на високу вірогідність внеску у фоновий петрофонд басейну седиментації фемічної магматичної складової. Fe-монтморилоніт є індикатором гідротермальних

процесів, що супроводжують формування металоносних осадів сучасних океанів.

- Магматогенний матеріал, по якому розвивався монтморилоніт (і частково хлорит) у вивчених фонових аргілітах, імовірно, походив з різних джерел. Ендогенні джерела магматичного матеріалу ініційовані обставинкою розтягу Зовнішньокарпатського басейну седиментації та реалізовані як прояви вулканічної (ексгальційної, експлозивної) та гідротермальної активності в розривних зонах. Не виключається, що магматогенний матеріал частково був конседиментаційного походження. Магматичні продукти могли потрапляти в басейн седиментації завдячуючи субдукційній дузі Апусені-Банат-Тимок-Середньогір'я (АБТС). Ознаки магматичної активності наявні в аргілітах Монастирецького «міжтерейнового» флішевого басейну.
- Екзогенними джерелами магматичного матеріалу могли бути: перенесення вулканічного матеріалу тропосферним шляхом, транспортування магматичного матеріалу з областей зносу; утворення монтморилоніту (і хлориту) в результаті вторинних змін едафогенних уламкових океанічних осадів перехідної літосфери, особливо за дії гідротермального метаморфізму (вважається, що при активних гідротермах вихідні породи перетворюються на монтморилоніт, не залишаючи протолітів).
- Вірогідно, режим конвергенції при утворенні Карпатської акреційної призми ініціював рифтогенне розкриття Зовнішньокарпатського басейну, де могло відбутись проникнення ендогенного магматичного матеріалу головно основного складу. Цей первинний матеріал частково слугував субстратом, по якому розвивався монтморилоніт зеленкувато-сірих верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів (геміпелагітів) Скибового та Бориславсько-Покутського покривів. На ділянках седиментаційного басейну з розвитком літосферної кори океанічного та субокеанічного типів під дією гідротерм могло відбуватись гальміролітичне перетворення її порід. У розрізах аргілітів, які не містять залізного монтморилоніту, висока вірогідність, що магматогенний матеріал потрапив при перенесенні з районів вулканізму та/або зносу із суходолу.

Подяки. Автори висловлюють щиросердну вдячність рецензентам за конструктивні зауваження і поради, які суттєво покращили роботу.

Досліджено мінеральні типи верхньокрейдово-нижньоеоценових зеленкувато-сірих аргілітів Скибового та Бориславсько-Покутського покривів Зовнішніх Карпат. За седиментологічними ознаками ці аргіліти належать до геміпелагітів і містять відомості про умови фонові седиментації глибоководного океанічного басейну. Метою роботи є уточнення палеогеодинамічних особливостей басейну за результатами вивчення речовинного складу верхньокрейдово-нижньоеоценових фонових аргілітів, які, зокрема, входять до строкатоколірних горизонтів. Методами досліджень були: геологічне картування, седиментологічний, літостратиграфічний, рентгеноструктурний, петрогеохімічний, палеогеодинамічний аналізи.

На класифікаційній модульній діаграмі $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{FeO}^*+\text{MnO}+\text{MgO})/\text{SiO}_2$ фігуративні точки вмісту верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів стрийської, ямненської, манявської світ потрапляють у поля, які відповідають двом мінеральним типам: суміші з переважанням монтморилоніту та трикомпонентної суміші хлорит+монтморилоніт+гідрослюдистого складу. За отриманими даними простежується поступова зміна умов середовища осадоагромадження від пізньої крейди до раннього еоцену з послідовним збільшенням модуля нормованої лужності та зменшення фемічного модуля. На палеогеодинамічних дискримінантних діаграмах $(\text{FeO}^*+\text{MgO})-\text{TiO}_2$ та F1–F2 фігуративні точки верхньокрейдово-нижньоеоценових аргілітів формують петрохімічні тренди розподілу, які охоплюють поля геодинамічних обстановок від пасивних до активних окраїн басейну седиментації. Близький розподіл петрохімічних компонентів мають крейдово-палеоенові пелагічні аргіліти Сицилійського домену Альпійського поясу. Виявлені в аргілітах Скибового та Бориславсько-Покутського покривів мінеральні асоціації типові для глибоководних глинистих осадів сучасних океанів. Наявність монтморилоніту та хлориту у фонових аргілітах вказує на високу вірогідність внеску у фоновий петрофонд басейну седиментації фемічної магматичної складової ендегенного походження, реалізованої як прояви вулканічної і гідротермальної активності, синхронної з седиментогенезом. Екзогенним джерелом міг слугувати перенесений або змінений процесами гальміролізу несинхронний осадоагромадженню магматичний матеріал. Пізньокрейдово-ранньоеоценові геодинамічні події Зовнішньокарпатського басейну седиментації розвивались перед терейнами Алькапа і Тися-Дакія Альпійського Тетису. Конвергенція, яка спричинила формування акреційної призми перед терейнами, могла сприяти рифтогенному (?) розкриттю, поглибленню Зовнішньокарпатського басейну, де відбувалося проникнення синседиментогенного ендегенного матеріалу, головно основного складу. Цей матеріал міг бути породотворювальною вихідною субстрату басейну, по якому формувались мінеральні асоціації фонових геміпелагічних аргілітів.

Список літератури

- Андреева-Григорович А.С., Вялов О.С., Гавура С.П., Грузман А.Д., Дабагян Н.В., Даныш В.В., Иваник М.М., Кульчицкий Я.О., Лозыняк П.Ю., Маслун Н.В., Петрашкевич М.И., Пономарева Л.Д., Портнягина Л.А., Смирнов С.Е., Совчик Я.В. Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме палеогеновых отложений Украинских Карпат. Киев, 1984. 50 с. (Препр. / Ин-т геол. наук АН УССР; № 84–19).
- Андреева-Григорович А., Маслун Н., Гнилко С., Гнилко О. Про вік і умови седиментації горизонтів строкатих аргілітів у палеоцен-еоценових відкладах Українських Карпат. *Проблеми геології фанерозою України*: матеріали V Всеукр. наук. конф. (8–14 жовт. 2014 р.). Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2014. С. 3–6.
- Афанасьева И.М. Литогенез и геохимия флишевой формации северного склона Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1983. 183 с.
- Білоніжка П., Матковський О. Сметити в геологічних утвореннях Українських Карпат. *Мінерал. зб.* 2010. № 60, вип. 2. С. 3–14.
- Вялов О.С., Гавура С.П., Даныш В.В., Лещух Р.И., Пономарева Л.Д., Романив А.М., Смирнов С.С., Царненко П.Н., Лемішко О.Д., Циж И.Т. Стратотипы меловых и палеогеновых отложений Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1988. 204 с.
- Вялов О.С., Андреева-Григорович А.С., Гавура С.П., Дабагян Н.В., Даныш В.В., Кульчицкий Я.О., Лещух Р.И., Лозыняк П.Ю., Петрашкевич М.И., Пономарева Л.Д., Романив А.М., Царненко П.Н. Объяснительная записка к региональной стратиграфической схеме меловых отложений Украинских Карпат. Львов, 1989. 51 с. (Препр. / Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых АН УССР; № 89-5).
- Габинет М.П. Постседиментационные преобразования флиша Украинских Карпат. Киев: Наукова думка, 1985. 148 с.
- Габинет М.П., Кульчицкий Я.О., Матковский О.И. Геология и полезные ископаемые Украинских Карпат. Львов, 1976. Т. 1. 200 с.
- Гавришків Г., Гаєвська Ю., Жуков С., Попп І. Глинисті мінерали палеоцен-еоценових теригенних порід Скибової зони Українських Карпат (за даними дифрактометричного аналізу). *Мінерал. зб.* 2007. № 57, вип. 1. С. 93–101.
- Гаєвська Ю. Про мінералогію глинистої фракції теригенних порід еоцену Скибової зони Українських Карпат. *Мінерал. зб.* 2009. № 59, вип. 4. С. 105–115.
- Генералова Л., Степанов В. Мінералого-петрохімічні особливості порід еоценових строкатоколірних горизонтів Українських Карпат (на прикладі сушманецької та манявської світ). *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2015. Вип. 29. С. 107–116.
- Генералова Л., Степанов В., Хом'як Л., Костюк О., Генералов А. Залізо-манганова мінералізація в еоценових відкладах скиби Парашка (Скибовий покрив, Українські Карпати). *Вісн. Харків. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. Сер. Геологія. Географія. Екологія.* 2022. № 56. С. 49–66. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-03>
- Генералова Л.В., Пашенко В.Г., Степанов В.Б. Деякі особливості хімізму вулканітів тростянецького комплексу мезозою (Українські Карпати). *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол.* 2013. Вип. 27. С. 104–115.
- Гнилко О. Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки. Ч. 2. Флішові Карпати – давня акреційна призма. *Геодинаміка.* 2012. № 1 (12). С. 67–78. <https://doi.org/10.23939/jgd2012.01.067>
- Гнилко О., Андреева-Григорович А., Гнилко С. Вік та умови нагромадження палеогенових відкладів Скибового покриву Карпат на основі мікропалеонтологічних та седиментологічних даних. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2022. № 1–2 (187–188). С. 36–47. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.036>
- Гнилко О., Гнилко С., Кулянда М., Марченко Р. Тектоно-седиментаційна еволюція передової частини насувної споруди Українських Карпат. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2021. № 1–2 (183–184). С. 45–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.045>
- Гнилко О.М. Геологічна будова та еволюція Українських Карпат: автореф. дис. ... д-ра геол. наук: спец. 04.00.01 «загальна та регіональна геологія». Львів, 2016. 46 с.
- Гнилко О.М. Геологічні плитно-тектонічні умови формування терейну Тися-Дакія, Українські Карпати. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2023. № 3–4 (191–192). С. 61–73. <https://doi.org/10.15407/ggcm2023.191-192.061>
- Гнилко О.М. Про зсувну зону в західній частині Українських Карпат. *Геологія і геохімія горючих копалин.* 2011. № 3–4. С. 68–80.
- Гнилко О.М. Про седиментаційні процеси формування флішевих відкладів Українських Карпат. *Зб. наук. пр. Ін-ту геол. наук НАН України.* Київ, 2010. Вип. 3. С. 32–37.

- Гнилко С.Р., Гнилко О.М., Супрун І.С., Наварівська К.О., Генералова Л.В. Стратиграфія верхньокрейдових відкладів з океанічними червоноколірними верствами (CORBs), Українські Карпати. *Геол. журн.* 2023. № 3 (384). С. 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067>
- Гуревич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. Москва: Научный мир, 1998. 340 с.
- Ляшкевич З.М., Медведев А.П., Крупский Ю.З., Варичев А.С., Тимошук В.Р., Ступка О.О. Тектоно-магматическая эволюция Карпат. Киев: Наукова думка, 1995. 132 с.
- Лукин А.Е. Минеральные сферы – индикаторы специфического флюидного режима рудообразования и нефтидогенеза. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35, № 6. С. 10–53.
- Маслов А.В. Литохимический облик отложений ашинской серии венда западного склона Южного Урала. *Литосфера.* 2014. № 1. С. 13–32.
- Маслов А.В., Мизенс Г.А., Подковыров В.Н., Ножкин А.Д., Сокур Т.М., Малиновский А.И., Сорокин А.А., Смирнова Ю.Н., Гареев Э.З., Дмитриева Н.В., Крупенин М.Т., Летникова Е.Ф. Синорогенные глинистые породы: особенности валового химического состава и палеотектоника. *Геохимия.* 2015. № 6. С. 512–538. doi:10.7868/S0016752515060072
- Огар В.В., Савенок С.П., Андреев О.В. Мінерали мангану у палеогеновому фліші Зовнішніх Карпат. *Геологія і корисні копалини України: 36. тез наук. конф. Ін-ту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (Київ, 2–4 жовт. 2018 р.)*. Київ, 2018. С. 170–171. https://igmof.org.ua/sites/default/files/abstracts_100_nas_ukr_2018_0.pdf
- Осадконакопление и магматизм. Т. 1. В кн. Геология океана. Сер. Океанология. П.Л. Безруков (ред.). Москва: Наука, 1979. 416 с.
- Предовский А.А. Геохимическая реконструкция первичного состава метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований докембрия. Апатиты: Изд-во АН СССР, 1970. 114 с.
- Сеньковський Ю., Григорчук К., Гнідець В., Колтун Ю. Геологічна палеоокеанографія океану Тетіс. Київ: Наукова думка, 2004. 172 с.
- Сеньковський Ю.М., Григорчук К.Г., Колтун Ю.В., Гнідець В.П. Літогенез осадкових комплексів океану Тетіс: Карпато-Чорноморський сегмент. Київ: Наукова думка, 2018. 158 с. ISBN 966-00-1625-5.
- Сокур Т.М. Реконструкція умов формування аргілітів верхнього венда і нижнього кембрія на юго-західній окраїні Східно-Європейської платформи петрохімічними методами. *Тектоніка і стратиграфія.* 2013. Вип. 40. С. 91–101.
- Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України: у 2-х т. Т. 1: Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України: Гожик П.Ф. (гол. ред.). Київ: Логос, 2013. 637 с.
- Ступка О.О. Офіоліти Українських Карпат: геохімія і мінералогія: автореф. дис. ... канд. геол. наук. Львів, 2013. 20 с.
- Тимофеев П.П., Ратеев М.А., Ренгартен Н.В., Боголюбова Л.И., Варенцов И.М., Гречин В.И., Копорулин В.И., Золоторев Б.П., Еремеев В.В. Проблемы литологии Мирового океана. Литология и геохимия Тихого океана. Москва: Наука, 1983. 216 с. (Тр. ГИН; Вып. 387).
- Третяк К.Р., Максимчук В.Ю., Кутас Р.І., Рокитянський І.І., Гнилко О.М., Кендзера О.В., Пронишин Р.С., Климович Т.А., Кузнєцова В.Г., Марченко Д.О., Смирнова О.М., Серант О.В., Бабак В.І., Вовк А.І., Романюк В.В., Терешин А.В. Сучасна геодинаміка і геофізичні поля Карпат та суміжних територій. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. 420 с.
- Хмельевський В.О. Особливості стадіального аналізу літогенезу. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. 140 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. С.-Петербург: Наука, 2000. 479 с.
- Яценко І.Г., Яценко Г.М., Бекеша С.М., Білик Н.Т. Ендогенні Ti-Mn-Fe-силікатні сфери з експлозивних структур та вулканогенно-осадочних формацій України. *Мінерал. зб.* 2012. № 62, вип. 1. С. 83–101.
- Яценко Г., Бекеша С., Гайовський О., Яценко І. Флюїдизація-експлозивний рудогенез і мінералогія окраїни Східноєвропейської платформи в межах України. *Мінерал. зб.* 2015. № 65, вип. 2. С. 55–61.
- Bąk K., Kowalczyk J., Wolska A., Bąk M., Natkaniec-Nowak L. Iron and silica enrichments in the middle Albian neptunian dykes from the High-Tatric Unit, Central Western Carpathians: an indication of hydrothermal activity for an extensional tectonic regime. *Geological Magazine.* 2018. Vol. 155, iss. 1. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756815001132>
- Bąk M., Bąk K., Górny Z., Stożek B. Evidence of bacteriogenic iron and manganese oxyhydroxides in Albian–Cenomanian marine sediments of the Carpathian realm (Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae.* 2015. Vol. 85, No. 2. P. 371–385. DOI: <https://doi.org/10.14241/asgp.2015.013>
- Barbera G., Giudice A.L., Mazzoleni P., Pappalardo A. Combined statistical and petrological analysis of provenance and diagenetic history of mudrocks: Application to Alpine Tethydes shales (Sicily, Italy). *Sed. Geol.* 2009. Vol. 213. P. 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2008.11.002>
- Bhatia M.R. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone. *The Journal of Geology.* 1983. Vol. 91. P. 611–627. <http://dx.doi.org/10.1086/628815>
- Bonatti E. Metal deposits in the oceanic lithosphere. In: The Sea, 7, *The oceanic lithosphere* (Emiliane C., ed). New York, Wiley. 1981. P. 639–686.
- Csontos L., Vörös A. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* Elsevier, 2004. Iss. 210 (1). P. 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.033>
- Einsele G. Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget. Berlin: Springer Verlag, 1992. 615 p.
- Gallhofer D., Quadt A., Peytcheva I., Schmid S.M., Heinrich C.A. Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Late Cretaceous arc in the Carpathian-Balkan orogeny. *Tectonics.* 2015. Vol. 34, iss. 9. P. 1813–1836. <https://doi.org/10.1002/2015TC003834>
- Golonka J., Gahagan L., Krobicki M., Marko F., Oszczytko N., Ślaczka A. Plate tectonic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region. *AAPG. Memoir.* 2006. Spec. vol. 84. P. 11–46. <https://doi.org/10.1306/985606m843066>
- Hower J., Eslinger E., Hower M.E., Perry E.A. Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediments. 1. Mineralogical and chemical evidence. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1976. Vol. 87. P. 725–737.
- Hnylko O. Tectono-sedimentary evolution of the junction area between the Western and Eastern Carpathian nappe systems (Ukrainian Carpathians). In M. Krobicki (Ed.), *Second Symposium of the International Geosciences IGCP 710 Project Western Tethys meets Eastern Tethys.* (Geotourism/Geoturystyka). 2023. Vol. 20. No. 1–2 (72–73). P. 25–26. <https://journals.agh.edu.pl/geotour/article/view/5792>
- Kováč M., Plašienka D., Soták J., Vojtko R., Oszczytko N., Less G., Čosović V., Fügenschuh B., Králiková S. Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change.* 2016. Iss. 140. P. 9–27. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.03.007>
- Kováč M., Márton E., Oszczytko N., Vojtko R., Hók J., Králiková S., Plašienka D., Klučiar T., Hudáčková N., Oszczytko-Clowes M. Neogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change.* 2017. Spec. iss. 155. P. 133–154. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.07.004>
- Krobicki M., Hnylko O., Feldman-Olszewska A., Iwanczuk J. Tectono-Stratigraphic Position of the Kaminnyi Potik Unit in the Ukrainian Carpathians and Volcanogenic Rocks of Mt Chyvychn. In: Roch R. et al. (Eds.), *STRATI 2013.* Springer Geology. 2014. P. 533–537. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04364-7_102

- Nemcok M., Pospisil L., Lexa J., Donelick R.A. Tertiary subduction and slab break-off model of the Carpathian-Pannonian region. *Tectonophysics*. 1998. Vol. 295, No. 3–4. P. 307–340. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00092-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00092-4)
- Oszczypko N. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geological Quarterly*. 2006. Vol. 50, No. 1. P. 169–194.
- Posamentier H.W., Walker R.G. Deep-Water Turbidites and Submarine Fans Facies Models Revisited. *SEPM Special Publication*. 2006. No. 84. 122 p. <https://doi.org/10.2110/pec.06.84>
- Schmid S., Bernoulli D., Fugenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewsk K. The Alpine-Carpathian-Dinaric orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*. 2008. Vol. 101. P. 139–183. <https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- Schmid S.M., Fügenschuh B., Kounov A., Matenco L., Nievergelt P., Oberhansli R., Pleuger J., Schefer S., Schuster R., Tomljenovic B., Ustaszewski K., van Hinsbergen D.J.J. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*. 2020. Vol. 78. P. 308–374. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.005>
- Sperner B., Ratschbacher L., Nemcok M. Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: Tectonics of the Western Carpathians. *Tectonics*. 2002. Vol. 21, iss. 6. P. 1-1–1-24. [doi:10.1029/2001TC901028](https://doi.org/10.1029/2001TC901028)

References

- Andreeva-Grigorovich A.S., Vyalov O.S., Gavura S.P., Gruzman A.D., Dabagyan N.V., Danysh V.V., Ivanik M.M., Kulchitsky Ya.O., Lozynyak P.Yu., Maslun N.V., Petrashkevich M.Y., Ponomareva L.D., Portnyagina L.A., Smirnov S.E., Sovchik Y.V. 1984. Explanatory note to the regional stratigraphic scheme of Paleogene deposits of the Ukrainian Carpathians. Kyiv. (Preprint / Institute of Geological Sciences of the Ukrainian SSR Academy of Sciences; No. 84-19) (in Russian).
- Andreeva-Grigorovich A., Maslun N., Hnylko S., Hnylko O. 2014. About the age and sedimentation of horizons of striatal argillites in the Paleocene-Eocene deposits of the Ukrainian Carpathians. *Problems of geology in the Phanerozoic of Ukraine: materials of the V All-Ukrainian Sci. Conference* (August 8–14, 2014). Lviv: LNU named after Ivan Franko, pp. 3–6 (in Russian).
- Afanasyeva I.M. 1983. Lithogenesis and geochemistry of the flysch formation of the northern slope of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Bilonizhka P., Matkovskiy O. 2010. Smectite in the geological formations of the Ukrainian Carpathians. *Mineralohichnyi zbirnyk*, 60 (2): 3–14 (in Ukrainian).
- Bąk K., Kowalczyk J., Wolska A., Bąk M., Natkaniec-Nowak L. 2018. Iron and silica enrichments in the middle Albianneptunian dykes from the High-Tatric Unit, Central Western Carpathians: an indication of hydrothermal activity for an extensional tectonic regime. *Geological Magazine*, 155 (1): 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756815001132>
- Bąk M., Bąk K., Górny Z., Stożek B. 2015. Evidence of bacteriogenic iron and manganese oxyhydroxides in Albian–Cenomanian marine sediments of the Carpathian realm (Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85 (2): 371–385. DOI: <https://doi.org/10.14241/asgp.2015.013>
- Barbera G., Giudice A.L., Mazzoleni P., Pappalardo A. 2009. Combined statistical and petrological analysis of provenance and diagenetic history of mudrocks: Application to Alpine Tethydes shales (Sicily, Italy). *Sed. Geol.*, 213: 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2008.11.002>
- Bhatia M.R. 1983. Plate Tectonics and Geochemical Composition of Sandstone. *The Journal of Geology*, 91: 611–627. [http://dx.doi.org/10.1086/628815](https://doi.org/10.1086/628815)
- Bonatti E. 1981. Metal deposits in the oceanic lithosphere. In: The Sea, 7. *The oceanic lithosphere* (Emiliane C., ed.). New York, Wiley, pp. 639–686.

- Csontos L., Vörös A. 2004. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Elsevier, 210 (1): 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.033>
- Einsele G. 1992. Sedimentary Basins: evolution, facies and sediment budget. Berlin: Springer Verlag, 615 p.
- Golonka J., Gahagan L., Krobicki M., Marko F., Oszczypko N., Ślaczka A. 2006. Plate tectonic evolution and paleogeography of the circum-Carpathian region. *AAPG. Memoir*, 84: 11–46. <https://doi.org/10.1306/985606m843066>
- Habinet M.P., Kulchitsky Ya.O., Matkovskiy O.I. 1976. Geology and minerals of the Ukrainian Carpathians. Lvov. Vol. 1 (in Russian).
- Habinet M.P. 1985. Postsedimentation transformations of flysch of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Haevska Yu. 2009. On the mineralogy of the clay fraction of terrigenous rocks of the Eocene of the Skybova zone of the Ukrainian Carpathians. *Mineralohichnyi zbirnyk*, 59 (4): 105–115 (in Ukrainian).
- Havryshkiv H., Haievska Yu., Zhukov S., Popp I. 2007. Clay minerals of the Paleocene-Eocene terrigenous rocks of the Skybova zone of the Ukrainian Carpathians (according to diffractometric analysis). *Mineralohichnyi zbirnyk*, 57 (1): 93–101 (in Ukrainian).
- Heneralova L., Stepanov V. 2015. Mineralogical and petrochemical features of rocks of the Eocene strocacolor horizons of the Ukrainian Carpathians (on the example of the Sushmanetska and Maniavska suites). *Visnyk Lvivskoho unyversytetu. Seriya heolohichna*, 29: 107–116 (in Ukrainian).
- Heneralova L., Stepanov V., Khomiak L., Kostyuk O., Heneralov A. 2022. Iron-manganese mineralization in Eocene deposits of Parashka skyba (Skybova nappe, Ukrainian Carpathians). *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho unyversytetu imeni V.N. Karazina. Seriya "Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia"*, 56: 49–66. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-03> (in Ukrainian).
- Heneralova L.V., Pashchenko V.H., Stepanov V.B., 2013. Some peculiarities of the chemistry of volcanics of the Trostyanets complex of the Mesozoic (Ukrainian Carpathians). *Visnyk Lvivskoho unyversytetu. Seriya heolohichna*, 27: 104–115 (in Ukrainian).
- Hnylko O. 2023. Plate-tectonic geodynamics of the Tisza–Dacia terrain, Ukrainian Carpathians. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn*, 3–4 (191–192): 61–73. <https://doi.org/10.15407/ggcm2023.191-192.061> (in Ukrainian).
- Hnylko O. 2023. Tectono-sedimentary evolution of the junction area between the Western and Eastern Carpathian nappe systems (Ukrainian Carpathians). In M. Krobicki (Ed.), *Second Symposium of the International Geosciences IGCP 710 Project Western Tethys meets Eastern Tethys*. (Geotourism/Geoturystyka), 20, 1–2 (72–73): 25–26. <https://journals.agh.edu.pl/geotour/article/view/5792>
- Hnylko O. 2016. *Heolohichna budova ta evoliutsiia Ukrainykykh Karpat* [Geological structure and evolution of the Ukrainian Carpathians]. Extended abstract of Doctor's thesis. Lvivskiy natsionalnyi unyversytet imeni Ivana Franka. Lviv (in Ukrainian).
- Hnylko O.M. 2011. About the shear zone in the western part of the Ukrainian Carpathians. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn*, 3–4: 67–80 (in Ukrainian).
- Hnylko O.M. 2012. Tectonic zoning of the Carpathians in terms of the terrane tectonics. Article 2. The Flysch Carpathian – ancient accretionary prism. *Heodynamika*, 1 (12): 67–78. <https://doi.org/10.23939/jgd2012.01.067> (in Ukrainian).
- Hnylko O.M. 2010. About sedimentation processes in the formation of flysch deposits of the Ukrainian Carpathians. *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3: 32–37 (in Ukrainian).
- Hnylko O., Andreeva-Grigorovich A., Hnylko S. 2022. Age and sedimentary environments of the Paleocene deposits in the Carpathian Skybova Nappe based on micropaleontological and sedimentological data. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh*

- kopalyn*, 1–2 (187–188): 36–47. <https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.036> (in Ukrainian).
- Hnylko O., Hnylko S., Kulyanda M., Marchenko R. 2021. Tectonic-sedimentary evolution of the frontal part of the Ukrainian Carpathian nappe structure. *Heolohiia i heokhimiia horiuchykh kopalyn*, 1–2 (183–184): 45–59. <https://doi.org/10.15407/ggcm2021.01-02.045> (in Ukrainian).
- Hnylko S.R., Hnylko O.M., Suprun I.S., Navarivska K.O., Heneralova L.V. 2023. Stratigraphy of the Upper Cretaceous deposits with oceanic red-colored rocks (CORBs), Ukrainian Carpathians. *Geologičnij žurnal*, 3 (384): 79–107. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.3.281067>
- Hower J., Eslinger E., Hower M.E., Perry E.A. 1976. Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediments. 1. Mineralogical and chemical evidence. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87: 725–737.
- Hurevych E.G. 1998. Metalliferous sediments of the World Ocean. Moscow: Nauchny Mir (in Russian).
- Khmelevskiy V.O. 2015. Peculiarities of stage analysis of lithogenesis. Lviv: LNU imeni Ivana Franka (in Ukrainian).
- Kováč M., Plašienka D., Soták J., Vojtko R., Oszczytko N., Less G., Čosovič V., Fügenschuh B., Králiková S. 2016. Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 140: 9–27. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.03.007>
- Kováč M., Márton E., Oszczytko N., Vojtko R., Hók J., Králiková S., Plašienka D., Klučiar T., Hudáčková N., Oszczytko-Clowes M. 2017. Neogene palaeogeography and basine volution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. 2017. *Global and Planetary Change*, 155: 133–154. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.07.004>
- Krobicki M., Hnylko O., Feldman-Olszewska A., Iwanczuk J. 2014. Tectono–Stratigraphic Position of the Kaminnyi Potik Unit in the Ukrainian Carpathians and Volcanogenic Rocks of Mt Chyvchyn. In: Roch R. et al. (Eds.), *STRATI 2013*. Springer Geology, pp. 533–537. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04364-7_102
- Liashekevych Z.M., Medvedev A.P., Krupskiy Yu.Z., Varychev A.S., Tymoshchuk V.R., Stupka O.O. 1995. Tectono-magmatic evolution of the Carpathians. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Lukin A.E. 2013. Mineral spherules are indicators of a specific fluid regime of ore formation and naphthidogenesis. *Geophysical Journal*, 6 (35): 10–53 (in Russian).
- Maslov A.V. 2014. Lithochemical appearance of sediments of the Asha Group of the Vendian on the western slope of the Southern Urals. *Lithosphere*, 1: 13–32 (in Russian).
- Maslov A.V., Misens G.A., Podkovyrov V.N., Nozhkin A.D., Sokur T.M., Malinovsky A.I., Sorokin A.A., Smirnova Yu.N., Gareev E.Z., Dmitrieva N.V., Krupenin M.T., Letnikova E.F. 2015. Synorogenic clayey rocks: features of bulk chemical composition and paleotectonics. *Geochemistry*, 6: 512–538. [doi.10.7868/S0016752515060072](https://doi.org/10.7868/S0016752515060072) (in Russian).
- Nemcok M., Pospisil L., Lexa J., Donelick R.A. 1998. Tertiary subduction and slab break-off model of the Carpathian–Pannonian region. *Tectonophysics*, 295 (3–4): 307–340. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00092-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00092-4)
- Ohar V.V., Savenok S.P., Andreiev O.V. 2018. Manganese minerals in the Paleogene flysch of the Outer Carpathians. *Heolohiia i korysni kopalyny Ukrainy*: zb. tez nauk. konf. In-t heokhimiia, mineralohii ta rudoutvorennia im. M.P. Semenena NAN Ukrainy (Kyiv, 2–4 zhovtnia 2018 r.). Kyiv, pp. 170–171 https://igmof.org.ua/sites/default/files/abstracts_100_nas_ukr_2018_0.pdf (in Ukrainian)
- Oszczytko N. 2006. Late Jurassic–Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geological Quarterly*, 50 (1): 169–194.
- Posamentier H.W., Walker R.G. 2006. Deep-Water Turbidites and Submarine Fans Facies Models Revisited. *SEPM Special Publication*, 84: 122. <https://doi.org/10.2110/pec.06.84>
- Predovskiy A.A. 1970. Geochemical reconstruction of the primary composition of metamorphosed volcanic-sedimentary formations of the Precambrian. Apatity: Publishing House of the Academy of Sciences (in Russian).
- Schmid S., Bernoulli D., Fügenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewsk K. 2008. The Alpine–Carpathian–Dinaric orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101: 139–183. <https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- Schmid S.M., Fügenschuh B., Kounov A., Matenco L., Niev-ergelt P., Oberhansli R., Pleuger J., Schefer S., Schuster R., Tomljenovic B., Ustaszewski K., van Hinsbergen D.J.J. 2020. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Research*, 78: 308–374. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.005>
- Sedimentation and magmatism. Vol. 1. 1979. In the book. Ocean Geology. Oceanology Series. P. L. Bezrukov (ed.). Moscow: Nauka (in Russian).
- Senkovskiy Yu., Grigorchuk K., Gnidec V., Koltun Yu. 2004. Geological paleoceanography of the Tethys Ocean. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Senkovskiy Yu.M., Hryhorchuk K.H., Koltun Yu.V., Hnidets V.P. 2018. Lithogenesis of sedimentary complexes of the Tethys-ocean: Carpatho-Black Sea segment. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Sokur T.M. 2013. Reconstruction of the conditions for the formation of Upper Vendian and Lower Cambrian mudstones on the southwestern margin of the East European Platform using petrochemical methods. *Tectonics and stratigraphy*, 40: 91–101 (in Russian).
- Sperner B., Ratschbacher L., Nemečok M. 2002. Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: Tectonics of the Western Carpathians. *Tectonics*, 21 (6): 1–1–1–24. [doi:10.1029/2001TC901028](https://doi.org/10.1029/2001TC901028)
- Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine: 2 volumes. Vol. 1: Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine. (Ed. Gozhik P.F.). 2013. Kyiv: Logos (in Ukrainian).
- Stupka O.O. 2013. Ophiolites of the Ukrainian Carpathians: geochemistry and mineralogy. (Extended abstract of Doctor's thesis). Lviv (in Ukrainian).
- Tretyak K.R., Maksymchuk V.Yu., Kutas R.I., Rokytyanskyi I.I., Hnylko O.M., Kendzera O.V., Pronyshyn R.S., Klimkovych, T.A., Kuznetsova V.G., Marchenko D.O., Smirnova O.M., Serant O.V., Babak V.I., Vovk A.I., Romanyuk V.V., Tereshyn A.V. 2015. Modern geodynamics and geophysical fields of the Carpathians and adjacent territories. Lviv: View of Lviv. polytechnics (in Ukrainian).
- Timofeev P.P., Rateev M.A., Rengarten N.V., Bogolyubova L.I., Varentsov I.M., Grechin V.I., Koporulin V.I., Zolotorev B.P., Ere-meev V.V. 1983. Problems of lithology of the World Ocean. Lithology and geochemistry of the Pacific Ocean. Moscow: Nauka. (Ttudi of GIN; Iss. 387) (in Russian).
- Yatsenko I.H., Yatsenko H.M., Bekesha S.M., Bilyk N.T. 2012. Endogenous Ti–Mn–Fe–silicate spherules from explosive structures and volcanic-sedimentary formations of Ukraine. *Mineralohichnyi zbirnyk*, 62 (1): 83–101 (in Ukrainian).
- Yatsenko H., Bekesha S., Haiovskiy O., Yatsenko I. 2015. Fluid-explosive ore genesis and mineralization of the margin of the Converging European Platform within Ukraine. *Mineralohichnyi zbirnyk*, 65 (2): 55–61 (in Ukrainian).
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. 2000. Fundamentals of lithochemistry. St.-Petersburg: Nauka (in Russian).