https://doi.org/10.15407/ggcm2022.01-02.048

УДК 551.242(477.8)

**Мілена БОГДАНОВА**

Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів, Україна,
e-mail: milena_bogdanova@ukr.net

# ДЕФОРМАЦІЇ ЗОНИ НАСУВУ МІЖ СКИБАМИ ЗЕЛЕМ'ЯНКА І ПАРАШКА СКИБОВОГО ПОКРИВУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ (Гребенівський кар'єр)

У статті на основі власних польових спостережень висвітлені дислокаційні структури зони насуву скиби Зелем'янка на скибу Парашка Скибового покриву Українських Карпат, які відслонені в Гребенівському кар'єрі в басейні р. Опір (Львівська обл., Сколівський р-н). Розріз Гребенівського кар'єру представлений тектонічно дезінтегрованою товщею стрийської світи, що характеризується розвитком жорстких блоків пісковиків (утворених переважно внаслідок будинування), розміщених у відносно пластичному глинистому матриксі. Ці утворення пропонують вважати «брокен-формаціями» (зруйнованими утвореннями, *англ*. broken formation), які є сильнотектонізованими, проте зберігають свою літологічну і стратиграфічну ідентичність і є перехідним елементом від слабкодеформованих товщ до тектонічних меланжів. Структурні ознаки свідчать, що деформації в описаних утвореннях мали крихкий характер. Насувні процеси супроводжувалися формуванням дуплексів, зокрема антиформних стогоподібних дуплексів, які також добре виражені в кар'єрі.

*Ключові слова*: Українські Карпати, Скибовий покрив, брокен-формація, зона насуву, деформації, дуплекси.

**Вступ**. Гребенівський полігон є традиційним районом проходження навчальних геологічних практик, екскурсій, проведення польових турів Всеукраїнських студентських олімпіад. Його обрали для проведення студентської практики з геологічного картування за ініціативи професорів Львівського національного університету ім. Івана Франка В. Шевчука та А. Сіворонова 1996 року. Упродовж останніх років до проходження геокартувальної практики на Гребенівському полігоні долучилися викладачі та студенти геологічних факультетів різних ВУЗів України. На території полігону є об'єкти, включені до переліку геологічних пам'яток України. До них, зокрема, належить Гребенівський кар'єр на схилах правого берега р. Зелем'янка (права притока р. Опір, Сколівський р-н Львівської обл., рис. 1) (Калінін та ін., 2006). Тут розкрита одна з насувних зон Карпат – насув скиби Зелем'янка на скибу Парашка. У чудових відслоненнях стінок кар'єру добре видно зони руйнування (аж до тектонічного меланжу) та характерні для прирозломних зон дислокаційні структури, які є об'єктами вивчення та навчання студентів і геологів.

© Мілена Богданова, 2022

Рис. 1. Локалізація Гребенівського кар'єру на схематичній геологічній карті Гребенівського полігону (околиці с. Гребенів, Сколівський р-н, Львівська обл.)

Проте ці об'єкти майже не висвітлені в публікаціях. О. Лукієнко зі співавторами (2014) назвали цей насув «Гребенівським субв'язким розломом», де розвинені зони меланжу та зони прирозломного зім'яття, причому меланж представлений тектонітами по аргілітах з лінзоподібними тілами міцних пісковиків (продуктів будинування). Тут, під керівництвом проф. В. Шевчука, були розпочаті структурні дослідження (Богданова, 2001).

**Метою статті** є опис характерних дислокаційних структур зони насуву скиби Зелем'янка на скибу Парашка, відслонених у Гребенівському кар'єрі. Розуміння природи цих структур важливе як для навчальних цілей, так і для розшифрування будови всієї Карпатської споруди. Їхнє вивчення є необхідним для побудови геологічних карт, подальшої розробки пошукових критеріїв, прогнозу небезпечних геологічних явищ. Методика дослідження ґрунтується на елементах структурного аналізу, описаного в роботах (Fossen, 2016; McClay, 1992; McClay & Insley, 1986; Starzec et al., 2015).

**Геологічна позиція**. Гребенівський кар'єр розташований у Зовнішніх (Флішових) Карпатах – системі тектонічних покривів, складених крейдово-міоценовим флішем, повністю зірваним зі своєї седиментаційної основи і насуненим на міоценовий Передкарпатський прогин. Структура Флішових Карпат аналогічна до споруд типу акреційних призм (Астахов, 1989; Гнилко, 2012; Schmid et al., 2020 et references therein). Скибовий покрив, у межах якого розташований Гребенівський кар'єр, є передовим елементом насувної

споруди Зовнішніх Карпат. Внутрішня будова покриву відповідає структурі систем лускуватого віяла (*imbricate fan* – за Boyer & Elliott, 1982). Лускуваті віяла складені серією лусок, пов'язаних насувом підошви (детачменту). Насуви лусок є лістричними, причленовуються до детачменту і розщеплюються догори як розкрите віяло. Луски відповідають відомим скибам Скибового покриву (Берегова, Орівська, Скольська, Парашки, Зелем'янки та ін.). Зміщувачі великих розривних порушень являють собою не абстрактні площини, як це зображено на більшості геологічних карт, а зони деформації і тектонічної дезінтеграції порід. При насуво- та покривоутворенні переміщення алохтону супроводжується інтенсивним руйнуванням його фронтальної частини, утворенням меланжевих зон та специфічних структур, деякі приклади яких описані нижче.

**Опис структур**. У Гребенівському кар'єрі розкрита фронтальна частина насуву скиби Зелем'янка на скибу Парашка (див. рис. 1, рис. 2). Вона досягає в перетині кар'єру триста п'ятдесят метрів і простежується серед сірого верхньокрейдово-палеоценового флішу стрийської світи, яким складений алохтон (скиба Зелем'янка). Паравтохтон (скиба Парашка) заповнений олігоценовими відкладами верецької світи (перехідний стратон від менілітової до кросненської літофації), які простежуються далі на схід за межами кар'єру по руслу річки Зелем'янка догори проти течії.

Значна частина відслонених утворень складена сильно переробленими і дезінтегрованими породами, які близькі до тектонічного меланжу. Проте, на відміну від типового меланжу (де жорсткі блоки розташовані в пластичному матриксі тектонітів і первинна структура повністю зруйнована), тут загалом зберігається первинна форма товщі. У цих утвореннях тектонічна фрагментація відбувається без сильного перемішування і характеризується перехідною структурою – від шаруватої до інтенсивно порушеної товщі. Подібні перехідні від слабкодеформованих товщ до меланжевих утворень були виокремлені в т. зв. «зруйновані утворення», або «брокен-формації» (від англійського терміна "broken formation", див.: Festa et al., 2019; Starzec et al., 2015).

Рис. 2. Панорама Гребенівського кар'єру (темно-сірим до чорного кольором виокремлюються тектоніти «брокен-формації»)

Брокен-формація, утворена при насувоутворенні внаслідок тектонізації однотипного флішу стрийської світи, складає на цій ділянці лінзоподібне тіло видимою потужністю до 350 м і простеженою протяжністю до 1500 м. Матричний тектоніт розвинений по некомпетентних глинисто-аргілітових шарах різної потужності, що катаклазовані та розсланцьовані. Кластоліти (брили в матриксі) – це переважно продукти будинажу шарів дрібно- та середньозернистих пісковиків. Брили і матрикс часто несуть чітко виражені ознаки тектонічних перетворень (рис. 3, 4).

Насиченість кластолітами різна. На окремих ділянках відзначається значна скупченість великих брил, розмежованих малопотужними зонами

Рис. 3. Зони меланжування (чорний колір) у центральній частині кар'єру нижнього ярусу

Рис. 4. Структури мезорозлінзування та будинажу шарів пісковику. Південно-західна частина кар'єру, верхній уступ

матричного тектоніту. В інших випадках візуально спостерігається різке переважання матриксу (рис. 5).

Розміри кластолітів різні. Породи великих брил зазвичай менш змінені і часто зберігають свій первинний вигляд. Вони іноді, по суті, є окремими слабко тектонізованими реліктовими блоками і сягають розміру 10–30 м. Їм притаманне будинування та інтенсивна тріщинуватість пісковиків (компетентні шари), пошаровий призматичний крихкий кліваж алевролітів, пошарова механічна сланцюватість або лускуватість аргілітів (некомпетентних верств). Мережа тріщин об'єднує кілька систем тріщин різної морфології та орієнтації (рис. 6).

Багатьом площинам тріщинуватості та поверхням нашарування притаманні різноспрямовані дзеркала ковзання. Самі тріщини часто заповнені кристалічним кальцитом (рис. 7). Серед новоутворених гідротермальних мінералів також трапляються гніздоподібні скупчення дрібнокристалічної сульфідної мінералізації.

Рис. 5. Чергування шаруватої та інтенсивно порушеної структури. Північно-східна частина кар'єру, нижній ярус

Рис. 6. Тріщинуваті брили пісковику

Рис. 7. Кристалічний кальцит по площинах тріщин. Угорі праворуч – дзеркало ковзання

Дрібні кластоліти, розміром від 0,1 до 0,7 м, складені кутуватими і слабкообточеними тріщинуватими уламками пісковиків та алевролітів, що затерті в тонкорозсланцьовані (подекуди до чорної глинки тертя) аргіліти. Вони спостережені на сильно меланжованих ділянках з різким переважанням матриксу (рис. 8).

У кар'єрі серед описаних зруйнованих утворень можна спостерігати тектонічні брекчії – нагромадження в зоні розривів зцементованих, кутастих, відносно ізометричних уламків пісковиків різного розміру. Грубоуламкова частина таких брекчій представлена вигнутими, необточеними (кутастими) уривками будинованих шарів пісковику та брилами різного розміру (від 1 до 5 м) в алевро-пелітовому розтертому матриксі (рис. 9).

Рис. 8. Дрібні кластоліти, розміром від 0,1 до 0,7 м, складені тріщинуватими пісковиками, алевролітами, які «закатані» у тонкорозсланцьовані аргіліти або глинку тертя

У Гребенівському кар'єрі видно такі цікаві структури, як дуплекси (*англ.* duplex), які посідають особливе місце в будові орогенів. Дуплекси складені серією лусок, пов'язаних не лише насувом підошви (*floor thrust*), але й насувом покрівлі (*roof thrust*) (рис. 10). Такі лінзоподібні луски називають хорсами (*horse*). Вони протиставляються імбрикейтам (*imbricate*) – лускам, які складають лускувате віяло, де відсутній насув покрівлі (McClay, 1992).

Насувні системи дуплексів є різномасштабними: від таких, що охоплюють значну частину орогену, до внутрішньошаруватих. У досліджених відслоненнях дуплекси виражені в малих структурних формах, вони спостережені в різних частинах кар'єру, а найбільш представницькі – розвинені в його центральній ділянці. Тут лінзи-хорси

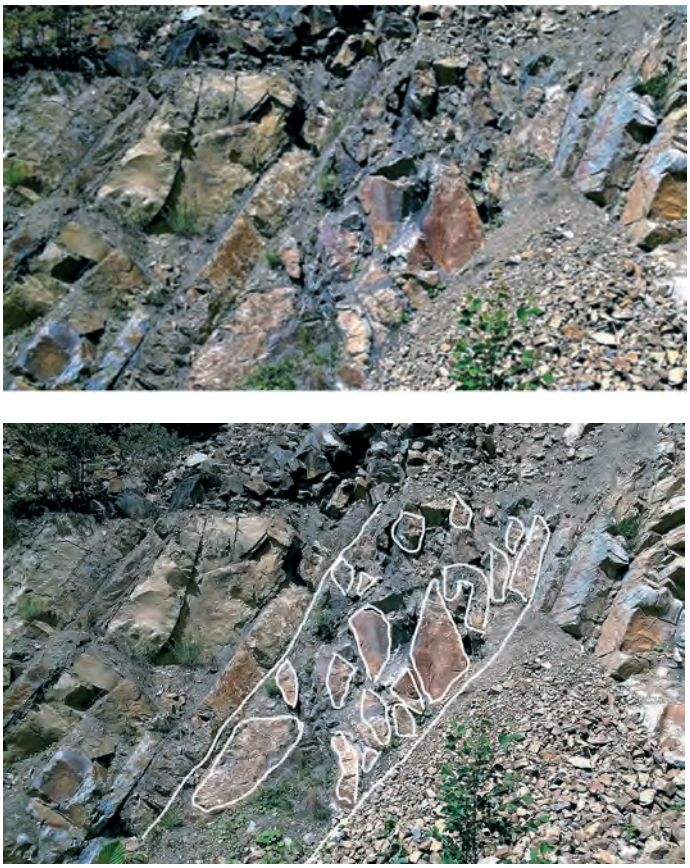

Рис. 9. Грубоуламкові тектонічні брекчії. Північно-східна ділянка Гребенівського кар'єру, нижній ярус

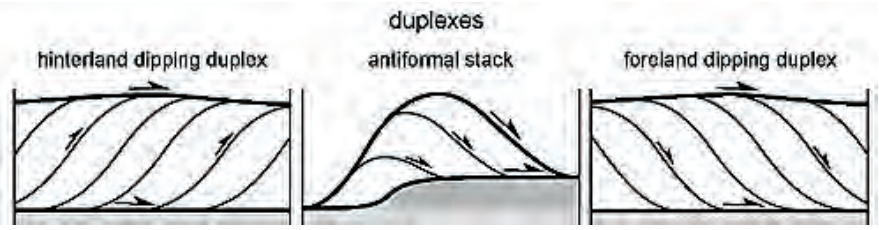


Рис. 10. Системи дуплексів за Боєром та Елліотом (Boyer & Elliott, 1982) (послідовність рисунків зліва направо): дуплекс із падінням хорсів до хінтерланду; стогоподібний дуплекс; дуплекс із падінням хорсів до форланду

характеризуються розміром від 1 до 3 м. Вони загалом субпаралельні, що узгоджується з моноклінальним заляганням, однак, унаслідок тектонічного нагнітання, іноді набувають антиформного вигляду (рис. 11).

На нашу думку, механізм формування зображеного (див. рис. 11) дуплексу такий: спочатку формується рампова антиклінаь, яка відтак, у процесі підсуву, знизу наростає лінзами і переростає в антиформний стогоподібний дуплекс.

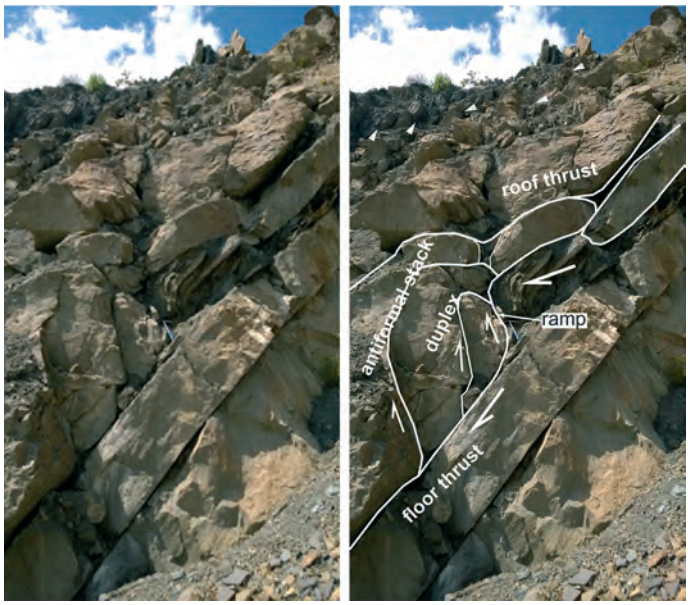


Рис. 11. Антиформний стогоподібний дуплекс. Гребенівський кар'єр

У центральній частині нижнього ярусу кар'єру спостерігається дуплекс стиснення з добре вираженими насувними поверхнями підошви і покрівлі. Інтенсивні насувні переміщення зумовили формування тут глинки тертя і тектонічних брекчій (зображено трикутниками на рис. 12).

**Висновки**. Розріз Гребенівського кар'єру, де розкрита фронтальна частина насуву скиби Зелем'янка на скибу Парашка, являє собою тектонічно дезінтегровану товщу з блоково-матричною структурою, яку пропонують відносити до т. зв. «брокен-формацій» (зруйнованих утворень, *англ*. broken formation). Брокен-формації зберігають свою літологічну і стратиграфічну ідентичність, вони є перехідним елементом від слабкодеформованих товщ

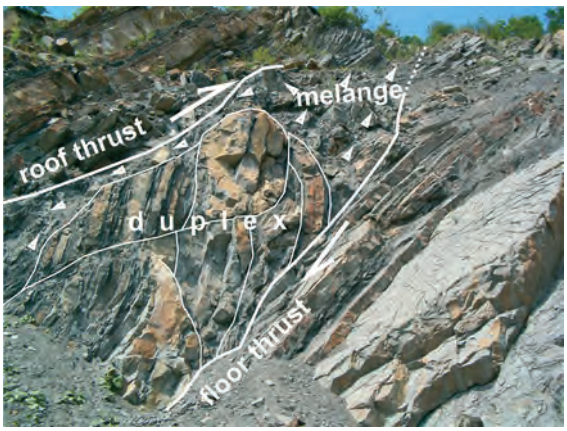


Рис. 12. Дуплекс стиснення в центральній частині Гребенівського кар'єру, нижній ярус

до тектонічних меланжів. Подібні утворення варто вирізняти і зображати на геологічних картах. Їхніми характерними ознаками є:

– лінійність зони поширення;

– суттєва мономіктовість складу, відсутність алотигенних екзотичних утворень;

– наявність інтенсивно тектонізованого матриксу з кластолітами (брилами) менш тектонізованих порід одного і того самого літостратону (світи, серії);

– наявність у тріщинах кластолітів новоутворених гідротермальних мінералів;

– верхній і нижній контакти, що обмежують брокен-формацію, мають тектонічну природу.

Структурні ознаки свідчать, що деформації в описаних утвореннях, мали крихкий характер, процесів дезінтеграції зазнавали вже повністю літифіковані породи. Спостережена зміна інтенсивності тектонізації порід у напрямку від фронту до тилу насуву скиби Зелем'янки Скибового покриву. Насувні процеси супроводжувалися формуванням дуплексів, які також добре виражені в кар'єрі.

*Автор висловлює щиру подяку докторові геологічних наук О. Гнилку за систематичні консультації і сприяння при написанні цієї статті.*

Астахов, К. П. (1989). *Альпийская геодинамика Украинских Карпат* [Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук]. Московский государственный университет. Москва.

Богданова, М. І. (2001). Особливості внутрішньої будови принасувної частини скиби Зелем'янка. *Вісник Львівського університету. Серія геологічна*, *15*, 144–151.

Гнилко, О. М. (2012). Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки. Стаття 2. Флішові Карпати – давня акреційна призма. *Геодинаміка*, *1*(12), 67–78. https://doi.org/10.23939/jgd2012.01.067

Калінін, В. І., Гурський, Д. С., & Антакова, І. В. (Ред.). (2006). *Геологічні пам'ятки України* (Т. 1). Київ: Державна геологічна служба України.

Лукієнко, О. І., Вакарчук, С. Г., & Кравченко, Д. В. (2014). *Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі): Кн. 1. Епізона*. Київ.

Boyer, S. E., & Elliott, D. (1982). Thrust systems. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, *66*(9), 1196–1230. https://doi.org/10.1306/03B5A77D-16D1-11D7-8645000102C1865D

Festa, A., Pini, G. A., Ogata, K., & Dilek, Y. (2019). Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes. *Gondwana Research*, *74*, 7–30. https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.01.003

Fossen, H. (2016). *Structural Geology* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781107415096

McClay, K. R. (1992). Glossary of thrust tectonics terms. In K. R. McClay (Ed.), *Thrust Tectonics* (pp. 419–433). London: Chapman and Hall.

McClay, K. R., & Insley, M. W. (1986). Duplex structures in the Lewis thrust sheet, Crowsnest Pass, Rocky Mountains, Alberta, Canada. *Journal of Structural Geology*, *8*(8), 911–922. https://doi.org/10.1016/0191-8141(86)90036-2

Schmid, S. M., Fügenschuh, B., Kounov, A., Maţenco, L., Nievergelt, P., Oberhänsli, R., Pleuger, J., Schefer, S., Schuster, R., Tomljenović, 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

Starzec, K., Malata, E., Wronka, A., & Malina, L. (2015). Mélanges and broken formations at the boundary zone of the Magura and Silesian nappes (Gorlice area, Polish Outer Carpathians) – a result of sedimentary and tectonic processes. *Geological Quarterly*, *59*(1), 169–178. https://doi.org/10.7306/gq.1173

Стаття надійшла:
11.05.2022 р.

**Milena BOGDANOVA**

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine,
e-mail: milena_bogdanova@ukr.net

## DEFORMATIONS IN THE THRUST ZONE BETWEEN THE ZELEMIANKA AND PARASHKA SKYBAS OF THE UKRAINIAN CARPATHIAN SKYBA NAPPE (HREBENIV QUARRY)

In the article, based on own field observations, the deformation structures into the thrust zone of the Zelemianka Skyba (=thrust-sheet) onto the Parashka Skyba (the Ukrainian Carpathian Skyba Nappe) are described. They are exposed in the Hrebeniv quarry located in the Opir River basin (Lviv Region, Skole district). The tectonically disintegrated Stryi Formation (Upper-Cretaceous–Paleocene flysch) characterized by the rigid sandstone blocks (formed mainly as a result of boudinage) placed in a ductile clay matrix is represented in the Hrebeniv quarry. This formation is proposed to be classified as a "broken formation", which is strongly tectonized, but retain their lithological and stratigraphic identity. It is a transitional element between the weakly deformed strata and tectonic mélange. Their characteristic features are: linearity of the distribution zone; significant monomictic composition and absence of exotic formations; the presence of an intensively tectonized matrix with clastolites (blocks) of less tectonized rocks of the same lithostratum (formation, series); the presence of newly formed hydrothermal minerals in clastolite cracks; the upper and lower contacts limiting the broken formation have a tectonic nature. An intensely tectonized matrix and a weakly tectonized rigid blocks belong to the same stratigraphic unit in a broken formation. The structural features suggest a brittle deformations in the studied rocks. Tectonic processes occurred in the completely lithified deposits. Thrust processes were accompanied by the formation of the duplexes, including antiformal stack duplexes, which are well expressed in the quarry. Duplexes are observed in different parts of the quarry, and the most representative ones are developed in its central section. Horses in the duplexes are characterized by a size of 1 to 3 meters here. They are generally subparallel, which is consistent with monoclinal bedding, however, they sometimes acquire an antiform appearance as a result of tectonic thrusting.

*Keywords*: Ukrainian Carpathians, Skyba Nappe, broken formation, thrust zone, deformations, duplexes.