

# ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.24 (477.8)

О. М. ГНИЛКО

Інститут геології і геохімії НАН України, вул. Наукова, 3-а, Львів, 79060, Україна, e-mail: ohnilko@yahoo.com

## СТРУКТУРИ ЛАТЕРАЛЬНОГО ВИТИСКАННЯ В КАРПАТАХ

<https://doi.org/10.23939/jgd2017.01.018>

**Мета.** Метою роботи є виявлення структурних форм латерального витискання у західній частині Українських Карпат і розроблення попередньої концептуальної моделі їх утворення. **Методика.** Застосовано методи геологічного картування та структурний аналіз. Важливу роль, особливо для діагностики зсувних зон, відігравали аналіз природних складок, інших деформацій (зокрема меланжів), реставрація стандартним методом полів напружень за спряженими тріщинами, дешифрування космоснімків. Виявлені структурні форми порівнювались з діагностичними структурними рисунками, характерними для зон латерального витискання. **Результати.** Вперше у західній частині Українських Карпат виявлено структурні ансамблі, вірогідно, утворені під час латерального витискання. До них належать, по-перше: видовжені блоки – західні частини Буркутської і Свидовецької тектонічних одиниць Східних Зовнішніх Карпат, які обмежені на флангах попутними зсувами, а на язикоподібних західних закінченнях – дугоподібними поперечними структурами; по-друге: більш крупна структура – клиноподібний тектонічний блок флішових утворень, обмежений з північного сходу Латорицько-Стрийською правосторонньою зсувною зоною, а з південного заходу – лівосторонніми зсувами, розвиненими вздовж Пенінської зони. **Наукова новизна.** Запропонована концептуальна модель утворення цих структурних форм: горизонтальне витискання флішових мас Зовнішніх Карпат із сильно стисненої області (перед терейном Тися-Дакія) до північного заходу в менш стиснену область (перед терейном Алькапа). **Практична значущість.** Виявлені в долині р. Пиня (поблизу джерел мінеральних вод) зсувні зони і тектонічні меланжі, які приурочені до границь між блоками Східних і Західних Зовнішніх Карпат, можуть мати глибоке проникнення та виводити на поверхню вуглекислі мінеральні води, породжуючи відомі родовища типу “Поляни Квасової”. Картування цих утворень підвищить ефективність пошуків мінеральних вод.

*Ключові слова:* Карпати; латеральне витискання; зсувні зони; тектоніка; покрив; акреційна призма.

### *Вступ*

Маси гірських порід у зонах зближення літосферних плит можуть або поглинатись у субдукційні зони, або витискатись вгору, формуючи покривно-складчасті споруди. Проте, починаючи ще з робіт Еміля Аргана (1935), розглядається ще один механізм відтоку мас із зони зближення жорстких блоків: латеральне (горизонтальне) витискання (екструзія) вздовж орогену (англ. lateral extrusion; escape) від сильно стиснених до менш стиснених ділянок. Таке витискання формує низку характерних структурних ансамблів різного масштабу, найважливішими елементами яких є спряжені зсувні та насувні зони ([Копп, 1997; Латеральные..., 2013] та ін.).

З кінця минулого століття концепцію латеральної екструзії продуктивно застосовують в Карпатах: описують проградацію в міоцені великих блоків (Алькапа та Тися-Дакія), обмежених з флангів крупними зсувами, в сучасне положення ([Ratschbacher et al., 1991] та ін.) (рис. 1).

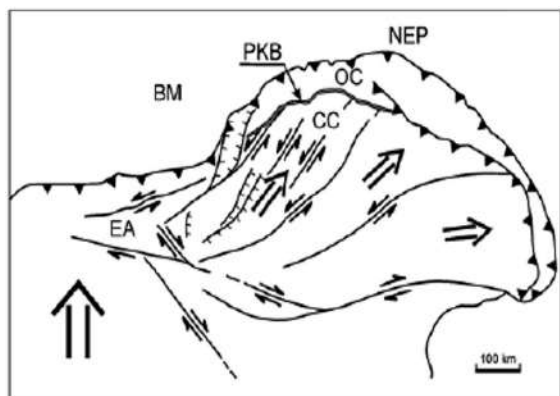
Дослідники [Ratschbacher et al., 1991; Marko, 2015] звернули увагу на подібність міоценової

плито-тектонічної ситуації Альпійсько-Карпатського регіону з теперішньою ситуацією Анатолійсько-Егейського регіону (рис. 2). В обидвох випадках крупні клиноподібні блоки (відповідно в першому – Алькапа (чи Північно-Панонський) і в другому – Анатолійський) витискаються з зони інтенсивної конвергенції в зону меншого стику (чи розтягу), на фланзі якої відбуваються процеси відступаючої субдукції.

В Українських Карпатах спеціально не описувались структури, які могли б бути пов'язані з латеральним витисканням, зокрема, зсувні зони. Геологічні зсуви у флішевих утвореннях показані на більшості наявних карт як невеликі, розміщені субперпендикулярно (поперечно) до простягання Карпат розриви, які дещо зміщують головні поверхні насування тектонічних покривів.

### *Мета*

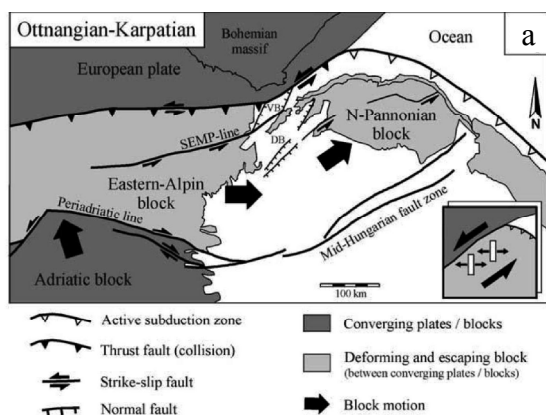
Метою роботи є виявлення структурних форм латерального витискання в західній частині Українських Карпат і розроблення попередньої концептуальної моделі їхнього утворення.



**Рис. 1.** Латеральна екструзія в Карпатах [Ratschbacher et al., 1991; Marko, 2015]

BM – Богемський масив; CC – Центральні Західні Карпати; EA – Східні Альпи; NEP – Північно (Західно)-Європейська платорма; OC – Зовнішні Західні Карпати; PKB – Пенінська зона.

**Fig. 1.** Lateral extrusion in the Carpathians [Ratschbacher et al., 1991; Marko F., 2015]  
BM – Bohemian Massif; CC – Central Western Carpathians; EA – Eastern Alps; NEP – North (Western) European Platform; OC – Outer Western Carpathians; PKB – Pieniny Klippen Belt



**Рис. 2.** Латеральна екструзія і відступаюча субдукція в Альпійсько-Карпатському і Егейсько-Анатолійському регіонах [Sperner et al., 2002].

VB – Віденський басейн; DB – Дунайський басейн

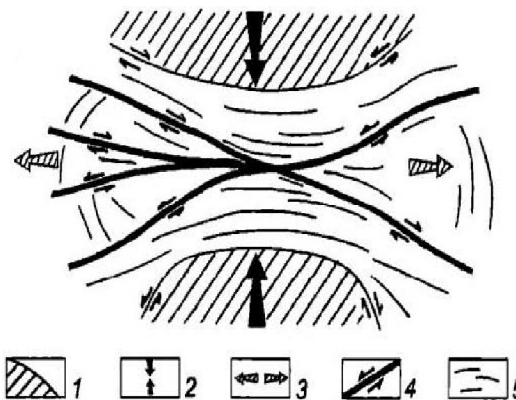
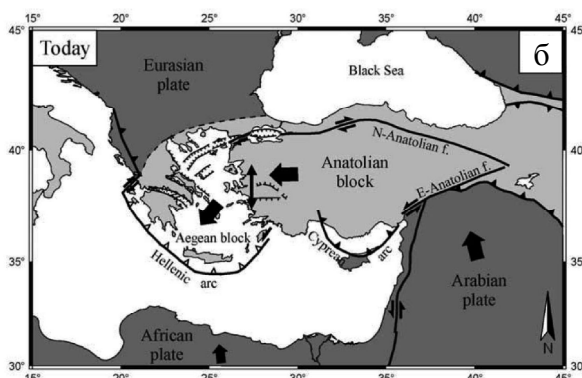
**Fig. 2.** Lateral extrusion and subduction retreat in the Alpine-Carpathian and the Aegean-Anatolian region [Sperner et al., 2002].

VB – Vienna Basin; DB – Danube Basin

**Методика**

Робота переважно ґрунтується на результатах геолого-картувальних робіт, проведених як у межах підготовки до видання Держгеолкарти-200, так і під час спеціалізованих досліджень спільно з науковцями Львівського національного університету імені Івана Франка. Нові геокартувальні роботи зумовлювались необхідністю адекватного відображення тектонічних меланжів та зсувних зон, які широко розвинені в західній частині Українських Карпат, проте не зображені на наявних геологічних картах. Важливу роль, особливо під час діагностики зсувних зон, відігравали аналіз прирозривних складок, інших деформацій (зокрема меланжів), реставрація стандартним методом [Гинтов, 2005] полів напружень за спряженими тріщинами, дешифрування космознімків.

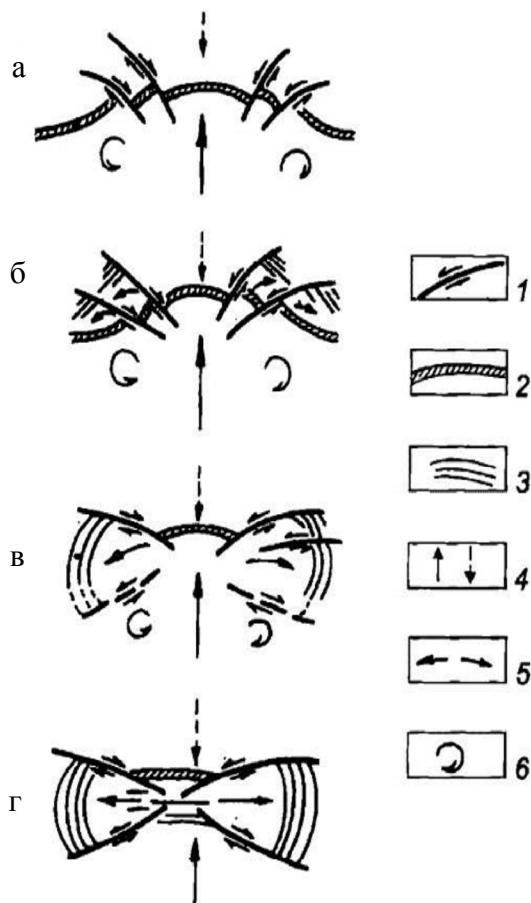
Виявлені структурні форми порівнювались з діагностичними структурними рисунками, характерними для зон латерального витискання. Принципова схема витискання тіл із зони між двома інденторами (жорсткими блоками, англ. “indent” – зубець, виступ) показана на рис. 3.



**Рис. 3.** Деформації горизонтального витискання (план)

1 – індентори; 2 – напрямок головного горизонтального стиску; 3 – напрямок латерального витискання мас; 4 – зсуви; 5 – структури стиску (складки, насуви) [Копп, 1997]

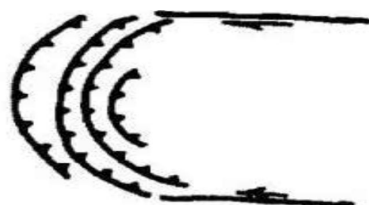
**Fig. 3.** Lateral extrusion deformation (map)  
1 – indentor; 2 – the main compressional direction; 3 – the direction of the lateral extrusion; 4 – strike-slip fault; 5 – structure of the compression (fold, thrust) [Kopp, 1997]



**Рис. 4.** Залежність структурного рисунку від видовження орогену (план) [Копп, 1997]  
 1 – зсуви; 2 – дозсувний маркер; первинно розташований повздовжньо до простягання орогену; 3 – спряжені з зсувами структури стиску; 4 – напрямки горизонтального стиску; 5 – напрямки латерального витискання; 6 – напрямки розворотів флангів ороклінів

**Fig. 4.** The dependence of the structural picture from the elongation of the orogen (map) [Kopp, 1997]

1 – strike-slip fault; 2 – pre-strike-slip marker originally positioned longitudinally to the orogen; 3 – structure conjugated with the compression; 4 – lateral compressional direction; 5 – direction of lateral extrusion; 6 – direction of the orocline turn



**Рис. 5.** Одна з типових форм фронтальної частини витисненого тектонічного клину [Копп, 1997]

**Fig. 5.** One of of the typical form of the tectonic orocline front [Kopp, 1997]

Тут необхідно зауважити, що спряжені розриви (зсувного типу) і тріщини сколювання (сколи Андерсона) формуються під кутом переважно менш ніж  $45^\circ$  до напрямку головного стиску, проте вони можуть з часом, упродовж деформаційного процесу розвертатись у бік осі розтягу, обмежуючи клини, що латерально витискаються (рис. 4).

Витиснені тектонічні клини (орокліни) рухаються до менш стиснених ділянок колізійного поясу. Вони з флангів обмежені зсувами, а з фронту – насувами (рис. 5) (подібно до льодовикових глетчерів), причому зсуви іноді представлені доволі широкими зонами деформацій [Копп, 1997].

**Геологічне положення та риси будови регіону**

Карпати формують покривно-складчасту дугоподібну споруду, вони поділяються на Внутрішні (Центральні) і Зовнішні (Флішові). Головними елементами Внутрішніх Карпат є метаморфічні (кристалічні) масиви, фундамент яких складений доальпійськими метаморфітами, а чохол – верхньопалеозойськими і мезозойсько-кайнозойськими відкладами. В Україні розвинені частини двох масивів – Мармароського масиву Центральних Східних Карпат і масиву Центральних Західних Карпат, зануреного під неогенові моласи Закарпатського прогину. Дослідники ([Csontos, Vögös, 2004; Schmid et al., 2008] та ін.) виділяють у Внутрішніх Карпатах та в донеогеновій основі Панонсько-Трансильванської системи осадових неогенових басейнів декілька блоків (мікроконтинентальних терейнів), які розділені шовними (сутурними) зонами або крупними розломами зсувного типу. Основу цих блоків становлять доальпійські метаморфіти, що виходять на поверхню у вигляді згаданих кристалічних масивів та ховаються під неогеновими утвореннями. Виділяють два крупних мегаблоки, перший з яких, що представлений у Західних Внутрішніх Карпатах та у Східних Альпах, має назву Алькапа (скорочення від Альпи–Карпати–Панонія), а другий, який виступає у Внутрішніх Східних (Мармароський масив) і Південних Карпатах, горах Апусені, названий Тися-Дакія. Зовнішні Карпати складені повністю зірваним зі своєї седиментаційної основи крейдово-міоценовим флішем, і, частково, неогеновою моласою. Вони формують крупне алохтонне тіло, розділене на ряд покривів (структурно-фаціальних одиниць), насунених на неогеновий передовий прогин [Oszczypko, 2006].

Українські Карпати є вузловою областю зчленування терейнів Алькапа, Тися-Дакія та акреційно-колізійних палеоприм, утворених перед рухомими фронтами цих терейнів. Виділені дві внутрішні крейдово-палеогенові та зовнішня неогенова призма. Перед фронтом Тисії-Дакії (Мармароський кристалічний масив та зона Мармароських скель Центральних Східних Карпат) розвивалась перша з призм, складена внутрішніми флішовими покривами Зовнішніх Східних Карпат

(Кам'янопотоцький, Рахівський, Буркутський, Красношорський, Свидовецький, Черногорський покриви). Перед чолом Алькапи (масив Центральних Західних Карпат) зростала друга призма, представлена Пенінською зоною та внутрішніми флішовими покривами Зовнішніх Західних Карпат (Магурський, Дуклянський покриви). Третя, зовнішня неогенова акреційно-колізійна призма, складена зовнішніми флішово-моласовими покривами Флішових Карпат та Внутрішньою зоною Передкарпатського прогину (Сілезький покрив з двома субпокривами – Соїменським внутрішнім та Турківським зовнішнім, Скибовий, Бориславсько-Покутський та Самбірський покриви), зростала перед фронтом обох уже спряжених на той час терейнів (рис. 6).

Внутрішні палеопризми розділені Латорицько-Стрийською зсувною зоною, яка фіксується також і в зовнішній призмі [Гнилко, 2012]. Зсувна зона має субмеридіональне (до Пн-Пн-Зх) простягання і простежується у західній частині Українських Карпат складнобудованою смугою від Оашського розлому на півдні до Перемишльської сигмоїди на півночі.

Становлення орогену Карпат пов'язане зі зближенням та колізією терейнів між собою та з Євразією і насуванням палеопризм на неогеновий Передкарпатський прогин, закладений на структурах краю платформи [Сучасна..., 2015; Neogene..., 2002; The Carpathian-Pannonian..., 2006].

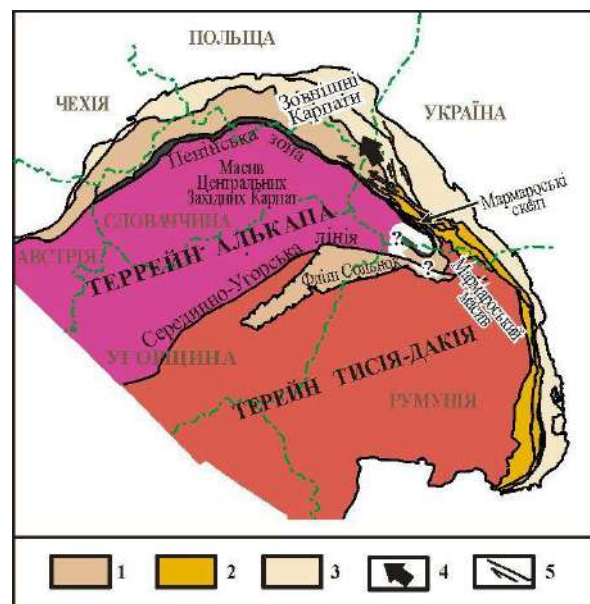
### Результати досліджень

**Структурні форми західної частини Українських Карпат.** Важливий структурний елемент цього району – Латорицько-Стрийська зсувна зона, виявлений нами раніше у зовнішній акреційній палеопризмі в структурах південно-східного закінчення Сілезького покриву [Гнилко, 2011]. У поданій статті його характеристика дещо доповнена. В утвореннях Соїменського субпокриву Сілезького покриву зсувна зона має ширину до 10–12 км і добре прасується від фронтальної межі Свидовецького покриву внутрішньої призми (район м. Воловця і с. Абранка в басейні р. Латориці, Закарпатська обл.) до границі з Турківським субпокривом поблизу с. Борині (басейн р. Стрий, Львівська обл.) (рис. 7). Тут характерними її ознаками є наявність зсувних дуплексів стиску, розміром до перших км, субмеридіональних вертикальних розривів і природних складок з субвертикальними шарнірами, а також широкий розвиток тектонічних брекчій і меланжів. Природні складки, S-подібна форма дуплексів стиску, а також розворот за годинникову стрілку одного з таких дуплексів (так званої “Сможівської структури”) [Гнилко, Гнилко, 2010; Гнилко, 2011] вказують на правосторонність переміщень уздовж Латорицько-Стрийської зони.

У Турківському субпокриві також проявляється серія зсувних дуплексів стиску в басейні верх-

ньої течії р. Опір (див. рис. 7), очевидно приурочених до східного (північно-східного) флангу Латорицько-Стрийської зони. До півночі описані структурні форми зсувної зони (зокрема субмеридіональні розломи і дуплекси) поступово змінюються флексурними вигинами без значних розривів. Вірогідно, одним з таких вигинів є і Перемишльська сигмоїда.

Латорицько-Стрийська зсувна зона чітко фіксується у верхів'ях рік Стрия і Латориці при дешифруванні матеріалів космічних знімків за зміною орієнтації хребтів і річкових долин з субкарпатської на субширотну. Дешифруються дуплекси та великі складки з субвертикальними шарнірами, виражені сигмоїдальними вигинами хребтів, а також структури типу “кінський хвіст” на північному загасанні зсувної зони (рис. 8).

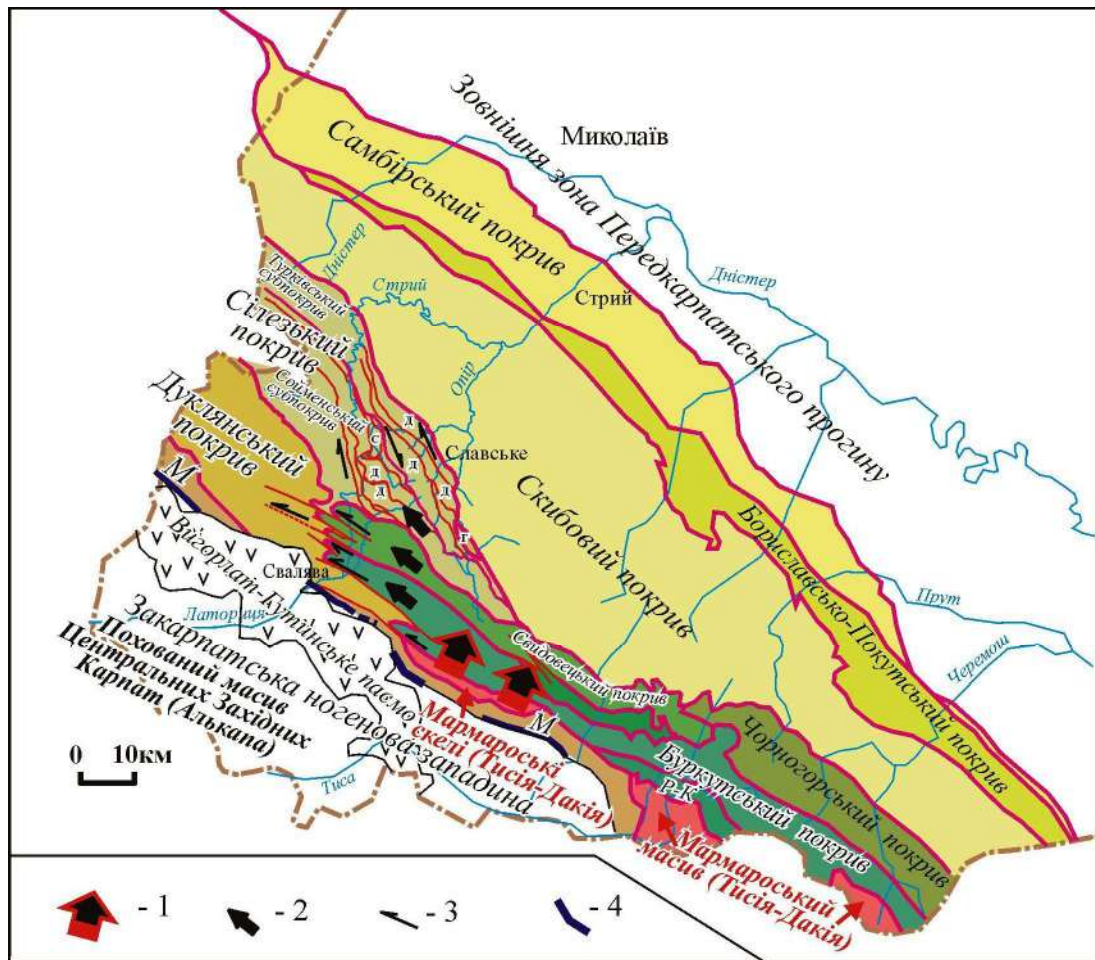


**Рис. 6.** Головні тектонічні елементи Карпат (за [Csontos, Vörös, 2004] та ін.)

1 – Західні Флішові Карпати; внутрішні покриви (Перед-Алькапа акреційна призма); 2 – Східні Флішові Карпати; внутрішні покриви (Перед-мармароська акреційна призма); 3 – Флішові Карпати; зовнішні покриви; 4 – напрямок витискання тектонічного клину; обмеженого Латорицько-Стрийською зсувною зоною та субпаралельними до Пенінської зони зсувами; 5 – кінематика зсувів

**Fig. 6.** Main Tectonic units of the Carpathians (after [Csontos., Vörös, 2004] and others)

1 – Western Flysch Carpathians; inner nappes (Fore-Alcapan accretionary wedge); 2 – Eastern Flysch Carpathians; inner nappes (Fore-Marmarosh accretionary wedge); 3 – Flysch Carpathians; outer nappes; 4 – lateral extrusion of the orocline bounded by Latoritsa-Stryi strike-slip Zone and strike-slip faults of the Pieniny Klippen Belt; 5 – kinematics of the strike-slip faults



**Рис. 7.** Головні тектонічні елементи Українських Карпат ([Гнилко, 2012]

зі змінами і доповненнями) та схема латерального витискання

М – Магурсько-Монастирський покрив; Р-К – Рахівський і Кам'янопотоцький покриви; Д – дуплекси; Г – Голятинська структура; С – структура Сможе; 1 – напрямок тиску Тисії-Дакії (індентора); 2 – напрям латерального витискання; 3 – напрямок зсувів; 4 – Пенінська зона

**Fig. 7.** Main tectonic units of the Ukrainian Carpathians ([Hnylko, 2012] modified) and scheme of the lateral extrusion

M – Magura-Monastirets Nappe; P-K – Rakhiv and Kamyanyi Potik nappes; Д – duplexes; Г – Golyatyn Structure; С – Smozhe Structure; 1 – direction of the Tysza-Dacia (indenter) compress; 2 – direction of the lateral extrusion; 3 – the strike-slip direction; 4 – Pieniny Klippen Belt

Дуже складною є будова Латорицько-Стрийської зони на південь від Сілезького покриву у вузловій області латерального зчленування двох систем внутрішніх покривів – Східних і Західних Зовнішніх Карпат (двох внутрішніх акреційних палеопризм). Раніше допускалось, що внутрішні палеопризми зчленовуються вздовж порівняно прямого відрізка субмеридіональної зсувної зони [Сучасна..., 2015]. Проте, польові геокартувальні роботи в цій вузловій області в долині р. Пиня (басейн р. Латориці на північ від м. Сваліява), проведені в 2016 р. спільно з Л. Генераловою і О. Дворжак, дали змогу виявити серію субвертикальних лівих і правих зсувів субкарпатського (північно-західного) простягання, які значно ускладнюють будову Латорицько-Стрийської зони [Гнилко ін., 2016].

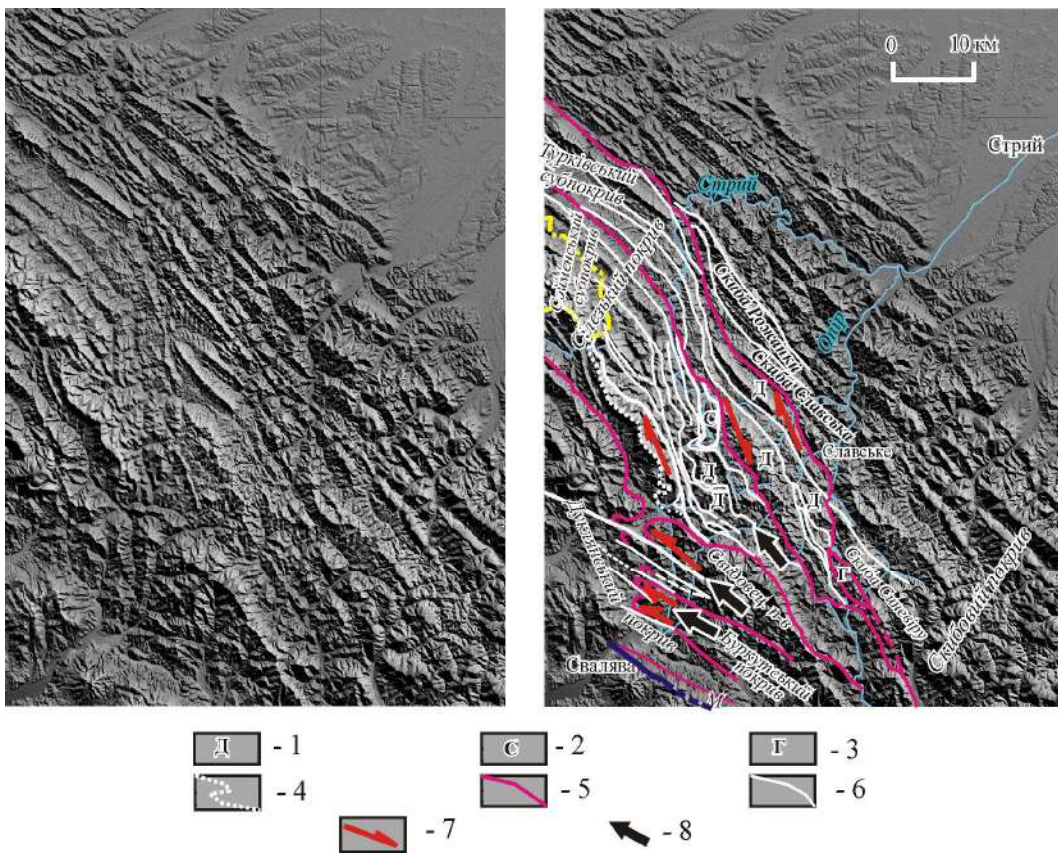
Субкарпатські зсуви обмежують видовжені тіла (блоки клиноподібної чи язикоподібної форми, розміром до 10 і більше км). Одні з цих блоків тягнуться з північного заходу, вони є латеральними закінченнями Дуклянського покриву Західних Карпат і виклинюються на лівобережжі рік Пиня і Мала Пиня. Інші тягнуться з південного сходу і є продовженням структур Буркутського та Свидовецького покривів Східних Карпат. Останні закінчуються на правому борті рік Пиня і Мала Пиня. Видовжені блоки Східних і Західних Карпат чергуються між собою в меридіональному напрямку вздовж долин рік Пиня і Мала Пиня. Часто між ними фіксуються потужні зони меланжів, розвинених по флішових утвореннях.

Найзахідніші частини Буркутської і Свидовецької тектонічних одиниць, які формують вище-

згадані видовжені блоки, характеризуються тим, що вони обмежені на довгих ділянках попутними поздовжніми зсувами (правими на північному обмеженні та лівими – на південному), а на короткій ділянці їх західного закінчення – дугоподібними поперечними структурами стиску (див. рис. 7), а також загальною поздовжньою до Карпат орієнтацією. Ознаки вказують на ймовірну приналежність цих блоків до структур латерального витискання, що переміщувались до північного заходу вздовж генерального простягання орогену (див. рис. 3, 5, 7).

На південь від описаної вузлової області поєднання внутрішніх флішових покривів Зовнішніх Карпат (південніше м. Свалява) розташовані Монастирський покрив (продовження Магурського)

і Пенінська зона. Остання є сутурою, що обмежує мікроконтинентальний терейн Алькапа, а в міоцені проявилась як крупна транспресивна зсувна зона, причому, переважно правостороння, а на останніх етапах розвитку (сармат) – лівостороння [Kovac, Marton, 1998]. Розглядаючи лівосторонню зсувну Пенінську зону, правосторонню Латорицько-Стрийську зону та клиноподібний тектонічний блок, обмежений цими зсувними зонами і спрямований гострим кутом до південного сходу, як єдиний структурний ансамбль (див. рис. 6, 7, 8), можна констатувати схожість такого ансамблю до структур латерального витискання (див. рис. 2–4). У такому разі цей клиноподібний блок міг у сарматський час латерально витискатись до північного заходу (див. рис. 6).



**Рис. 8.** Схема дешифрування зсувних зон та структур латерального витискання  
 1 – дуплекси; 2 – структура Сможе; 3 – Голятинська структура; 4 – складки з субвертикальними шарнірами; 5 – границі покривів; субпокривів; 6 – розломи; 7 – напрям зсувних рухів; 8 – напрям латерального витискання

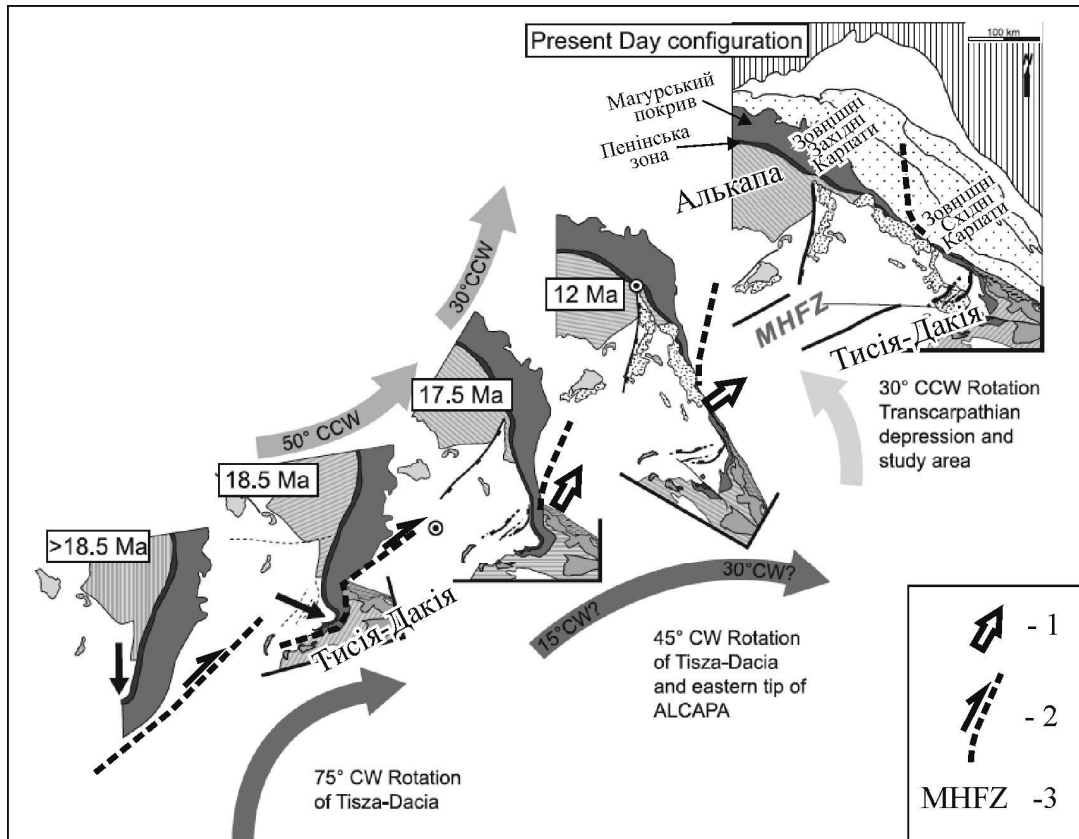
**Fig. 8.** Space images of the strike-slip zones and the lateral extrusion structures  
 1 – duplexes; 2 – Smozhe Structure; 3 – Golyatyn Structure; 4 – subvertical fold bends; 5 – the (sub)nappe boundaries; 6 – faults; 7 – direction of the strike-slip movements; 8 – direction of the lateral extrusion

**Модель формування структур.** Форма і будова виявлених двох структурних ансамблів, а саме: (а) видовжених блоків найзахідніших частин Буркутської і Свидовецької тектонічних одиниць та б) крупного тектонічного блоку, обмеженого зсувами Латорицько-Стрийської та Пенінської зон

вказує, що вони могли формуватись під час латерального (горизонтального) витискання флішових мас до північного заходу. Витискання відбувається з стисненіших ділянок орогену в менш стиснені. Така більш стиснена ділянка повинна була існувати приблизно в серединній і східній

частині Українських Флішових Карпат (перед фронтом Тисії-Дакії), звідки витискалися флішові маси до північного заходу, де допускаємо наявність менш стисненої області Флішових Карпат

(перед чолом Алькапи). Логічно допустити, що нерівномірний стиск флішової призми зумовлювався неодинаковою швидкістю переміщень Тисії-Дакії і Алькапи в напрямку цієї призми.



**Рис. 9.** Переміщення терейнів Алькапа та Тисія–Дакія у вузловій області їх зчленування за реконструкціями [Márton et al., 2007] та власними доповненнями (положення Латорицько-Стрийської зони, напрямки тиску індентора)

1 – напрямок тиску індентора (північний край Тисії–Дакії); 2 – Латорицько-Стрийська зсувна зона; 3 – Серединно-Угорська розломна зона

**Fig. 9.** Movements of the Alcapa and Tisza-Dacia terranes in its junction area according to [Márton et al., 2007] with authors additions (position of the Latorytsa-Stryi Zone, direction of the indenter compress)

1 – direction of the indenter (northern tip of the Tisza-Dacia) compress; 2 – Latorytsa-Stryi strike-slip Zone; 3 – Mid Hungarian Fault Zone

Відповідно до наявної, обґрунтованої геологічними, палеомагнітними та іншими даними моделі [Márton et al., 2007], в міоцені Алькапа і Тисія–Дакія у вузловій області їх зчленування розвертались у різні сторони – відповідно “проти” і “за” годинниковою стрілкою. Причому, приблизно з 17 млн р. швидкість руху північного краю Тисії–Дакії випереджала швидкість переміщення Алькапи (рис. 9), що зумовило більше стиснення флішових мас перед її фронтом та їх витискання в менш стиснену область, що існувала перед фронтом Алькапи. Цей північний край Тисії–Дакії в сучасній структурі Карпат виражений зоною Мармароських скель, перед якою розташована область, складена звуженими та редукова-

ними, внаслідок латерального витискання, внутрішніми тектонічними покриттями Східних Карпат (див. рис. 6, 7).

Необхідно зауважити, що описані структури латерального витискання почали формуватись, за наявними реконструкціями (рис. 9), в кінці раннього – середнього міоцену, тобто вже після утворення крейдово-палеогенових і ранньоміоценових акреційних призм, а також після формування Латорицько-Стрийської зсувної зони між автономно рухомими внутрішніми призмами. Очевидно, Латорицько-Стрийська зона сама зазнала значних деформацій у середньому міоцені під час процесів латерального витискання (див. рис. 7–9).

**Наукова новизна**

У західній частині Українських Карпат вперше виявлені структурні ансамблі, вірогідно, утворені в процесі латерального витискання. До них належать, по-перше: видовжені тектонічні блоки – найзахідніші частини Буркутської і Свидовецької тектонічних одиниць Східних Карпат, які вклинені між утвореннями Дуклянського покриву Західних Карпат. Вони обмежені на флангах попутними зсувами, а на язикоподібних західних закінченнях – дугоподібними поперечними структурами. По-друге – це клиноподібний тектонічний блок, спрямований гострим кутом до південного сходу і обмежений з північного сходу Латорицько-Стрийською правосторонньою зсувною зоною, а з південного заходу – лівосторонніми зсувами, розвиненими вздовж Пенінської зони (див. рис. 6, 7).

**Практична значущість**

Виявлені в долині р. Пиня (зокрема поблизу джерел мінеральних вод) зсувні зони і тектонічні меланжі, які приурочені до границь між блоками Східних і Західних Карпат, можуть мати глибоке проникнення та виводити на поверхню вуглекислі мінеральні води, породжуючи відомі родовища вод типу “Поляни Квасової”. Подальше картування цих утворень підвищить ефективність пошуків мінеральних вод.

**Висновки**

Аналіз форми і характеру структурних ансамблів Латорицько-Стрийської зсувної зони та сусідніх структур Східних Карпат дав змогу запропонувати концептуальну модель їх формування: горизонтальне витискання флішових мас до північного заходу вздовж простягання орогену із сильно стисненої області, розміщеної перед індентором (північно-західним краєм Тисії-Дакії) у менш стиснену область, що розташована перед терейном Алькапа. Різний ступінь стиску флішових утворень перед терейнами міг бути зумовлений різною швидкістю руху терейнів у бік флішового поясу.

**Список літератури**

- Арган Э. Тектоника Азии. – М.: ОНТИ, 1935. – 192 с.
- Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. – Киев : Феникс, 2005. – 572 с.
- Гнилко О. М. Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки. Стаття 2. Флішові Карпати – давня акреції на призма // Геодинаміка. – 2012. – № 1(12). – С. 67–78.
- Гнилко О., Дворжак О., Генералова Л. Зсувні структури в області зчленування Східних і Західних Флішових Карпат (геокартувальний і тектонофізичний аспекти) // Геофізичні дослідження та моделювання фізичних полів Землі: матеріали третьої наук. конф., 13–15 жовтня 2016 р. – Львів, 2016. – С. 102–105.
- Гнилко О., Гнилко С. Про геологічну будову Сможівської структури Кросненського покриву Українських Карпат // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – № 3–4 (152–153). – С. 57–72.
- Гнилко О. Про зсувну зону в західній частині Українських Карпат // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – № 3–4 (156–157). – С. 68–80.
- Копп М. Л. Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе. – М. : Научный Мир, 1997. – 340 с. (Тр. ГИН РАН, вып. 552).
- Латеральные тектонические потоки в литосфере Земли / Отв. ред. М. Г. Леонов. – М. : ГЕОС, 2013. – 318 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 604).
- Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат та суміжних територій / 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., Смірнова О. М., Серант О. В., Бабак В. І., Вовк А. І., Романюк В. В., Терешин А. В. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 420 с.
- Csontos L. & Vörös A. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2004. – Vol. 210. – P. 1–56.
- Kovac M., Marton E. To rotate or not rotate: Palinspastic reconstruction of the Carpatho-Pannonian area during the Miocene // Slovak Geol. Mag. – 1998. – Vol. 4, No. 2. – P. 169–194.
- Marko F. Do we need the orogen-parallel dextral strike-slips during the Miocene tectonic evolution of the Western Carpathians? // Mineralia Slovaca. – 2015. – No. 47. – P. 91–96.
- Márton E., Tischler M., Csontos L., Fügenschuh B. & Schmid S. M. The contact zone between the ALCAPA and Tisza-Dacia megatectonic units of Northern Romania in the light of new paleomagnetic data // Swiss Journal of Geosciences. – 2007. – No. 100. – P. 109–124.
- Neogene evolution of the Carpatho-Pannonian region: an interplay of subduction and back-arc diapiric uprising in the mantle / V. Konečný, M. Kováč, J. Lexa, J. Šefara // Stefan Mueller Special Publication Series. – 2002. – N. 1. – P. 105–123.
- Oszczypko N. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its fore-deep basin (Western Carpathians, Poland) // Geological Quarterly. – 2006. – V. 50(1). – P. 169–194.
- Ratschbacher L., Frisch W., Linzer H.G.L. & Merle G. Lateral extrusion in the Eastern Alps. Part II: Structural analysis // Tectonics. – 1991. – No. 10. – P. 257–271.
- Schmid S., Bernoulli D., Fügenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewski K. The Alpine-Carpathian-Dinaric orogenic system: correlation and evolution of tectonic



- units // Swiss Journal of Geosciences. – 2008. – No. 101. – P. 139–183.
- Sperner B., Ratschbacher L., Nemcok M. Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: Tectonics of the Western Carpathians // Tectonics. – 2002. – Vol. 21, No. 6. – P. 1–24.
- The Carpathian-Pannonian Region: A Review of Mesozoic-Cenozoic Stratigraphy and Tectonics. Vol. 1. Stratigraphy. Vol. 2. Geophysics, Tectonics, Facies, Paleogeography / Eds: F. Horvath, A. Galacz. – Budapest: Hantken Press, 2006. – 625 p.

О. М. ГНИЛКО

Институт геологии и геохимии НАН Украины, ул. Наукова, 3-а, Львов, 79060, Украина, e-mail: ohnilko@yahoo.com

#### СТРУКТУРЫ ЛАТЕРАЛЬНОГО ВЫЖИМАНИЯ В КАРПАТАХ

**Цель.** Целью работы является выявление структурных форм латерального выжимания в западной части Украинских Карпат и разработка предварительной концептуальной модели их образования. **Методика.** Применялись методы геологического картирования и структурный анализ. Важную роль, в особенности при диагностике сдвиговых зон, играл анализ приразрывных складок, других деформаций (в т.ч. меланжа), реставрация стандартным методом полей напряжений по сопряженным трещинам, дешифрирование космоснимков. Выявленные структурные формы сравнивались с диагностическими структурными рисунками, характерными для зон латерального выжимания. **Результаты.** Впервые в западной части Украинских Карпат обнаружены структурные ансамбли, вероятно, образованные в процессе латерального выжимания. К ним относятся, во-первых: удлиненные блоки – западные части Буркутской и Свидовецкой тектонических единиц Восточных Внешних Карпат, которые ограничены на флангах попутными сдвигами, а на языкообразных западных окончаниях – дугообразными поперечными структурами; во-вторых (более крупная структура): клиновидный тектонический блок флишевых образований, ограничен с северо-востока Латорицко-Стрыйской правосторонней сдвиговой зоной, а с юго-запада – левосторонними сдвигами, развитыми вдоль Пенинский зоны. **Научная новизна.** Предложена концептуальная модель образования этих структурных форм: горизонтальное выжимание флишевых масс Внешних Карпат с сильно сжатой области (перед террейном Тиссия-Дакия) к северо-западу в менее сжатую область (перед террейном Алькапа). **Практическая значимость.** Обнаруженные в долине р. Пыня (вблизи источников минеральных вод) сдвиговые зоны и тектонические меланжи, которые приурочены к границам между блоками Восточных и Западных Внешних Карпат, могут иметь глубокое проникновение и выводить на поверхность углекислые минеральные воды, порождая известные месторождения типа “Поляна Квасова”. Картирование этих образований повысит эффективность поисков минеральных вод.

**Ключевые слова:** Карпаты; латеральное выжимание; сдвиговые зоны; тектоника; покров; аккреционная призма.

О. HNYLKO

Institute of Geology and Geochemistry of NAS of Ukraine, 3 a, Naukova Str., Lviv, Ukraine, 79060, e-mail: ohnilko@yahoo.com

#### STRUCTURE OF THE LATERAL EXTRUSION IN THE CARPATHIANS

**Purpose.** The aim is to identify the structural forms of the lateral extrusion in the Western Ukrainian Carpathians and to create the preliminary conceptual model of its forming. **Methodology.** Methods of the geological mapping and structural analysis were used. The analysis of the fault-related folds and others deformations including melange, restoration of the stress fields by the standart method using the conjugate shear fractures and decryption of the satellite imagery played an important role especially in the diagnosis of the strike-slip zones. The identified structural forms were compared with the diagnostic structural pictures specific to the lateral extrusion zones. **Results.** Structural assemblages that were likely formed in the process of the lateral extrusion were identified for the first time in the west part of the Ukrainian Carpathians. These ones are *firstly*: elongated blocks □ western parts of the Burkut and Svydovets tectonic units of the Eastern Carpathians, which are limited on the flanks by the compatible strike-slips and bounded on the western arch-like terminals by transversal arcuately structures and *secondly* (larger structure): tectonic wedge-shaped block of the flysch formations bounded on the northeast by the dextral Latorytsa-Stryi strike-slip Zone and on the southwest by the left lateral strike-slip faults developed along the Pieniny Klppen Belt. **Originality.** Conceptual model of formation of these structural assemblages include features such as a lateral extrusion of the Outer Carpathian flysch masses in the northwest direction from the strongly compressed area (ahead the Tisza-Dacia Terrane) to a less compressed region (ahead the Alkapa Terrane). **Practical significance.** Shear strike-slip zones and tectonic melanges, which are identified in the Pynya valley (near mineral springs) and marked the boundaries between the blocks of the Eastern and Western Outer Carpathians, can have deep penetration and bring to the surface of

carbon dioxide mineral water forming a well-known field of “Polyana Kvasova”. Geological mapping of these strike-slips and melange zones make it possible improve the efficiency in the search of mineral water.

*Key words:* Carpathians; lateral extrusion; strike-slip zone; tectonics; nappe; accretionary wedge.

## REFERENCES

- Argan E. *Tektonika Azii* [Tectonics of Asia], Moskow, Izd-vo ONTI [ONTI Publ.], 1935, 192 p. (in Russian).
- Gintov O. B. *Polevaya tektonofizika i yeye primeneniye pri izuchenii deformatsiy zemnoy kory Ukrainy* [Field tectonophysics and its application in the study of crustal deformation in Ukraine], Kyiv, Izd-vo “Fenix” [“Fenix” Publ.], 2005, 572 p. (in Russian).
- Hnylko O. M. *Tektonichne rayonuvannya Karpat u svitli tereynovoyi tektoniky. Statyya 2. Flishovi Karpaty – davnya akreysiyna pryzma* [Tectonic subdivision of the Carpathians in terms of the terrane tectonics. Article 2. The Flysch Carpathian – ancient accretionary prism]. *Geodynamics*, 2012, no. 1(12), pp. 67–78 (in Ukrainian).
- Hnylko O., Dvorzhak O., Heneralova L. *Zsuvni struktury v oblasti zchlenuvannya Skhidnykh i Zakhidnykh Flishovykh Karpat (heokartoval’nyy i tektonofizychnyy aspekty)* [Strike-slip structure in the area of the joint of the Eastern and Western Flysch Carpathians (geomapping and tectonophysics aspects)]. *Heofizychni doslidzhennya ta modelyuvannya fizychnykh poliv Zemli: materialy tret’oyi nauk. konf., 13-15 zhovtnya 2016 r.* [Geophysical studies and modeling of the physical fields of the Earth, materials of the Third Sciences Conf.], 13-15 October 2016, Lviv, 2016, pp. 102–105 (in Ukrainian).
- Hnylko O., Hnylko S. *Pro heolohichnu budovu Smozhivs’koyi struktury Krosnens’koho pokryvu Ukrayins’kykh Karpat* [On geological composition of the Smozhe Structure from the Silesian (Krosno) Nappe of the Ukrainian Carpathians]. *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn*. 2010, no. 3–4 (152–153), pp. 57–72. (in Ukrainian).
- Hnylko O. *Pro zsvnu zonu v zakhidny chastyi Ukrayins’kykh Karpat* [On the shear zone in the western part of the Ukrainian Carpathians], *Heolohiya i heokhimiya horyuchykh kopalyn* [Geology and Geochemistry of Combustible Minerals], 2011, no. 3-4 (156–157), pp. 68–80 (in Ukrainian).
- Kopp M. L. *Struktury lateral’nogo vyzhimaniya v Al’pijsko-Gimalajskom kollizionnom pojase* [Structure of the lateral extrusion in the Alpine-Himalayan collision belt], Moskow, Izd-vo “Nauchnyj Mir” [“Scientific World” Publ.], 1997, 340 p. (Tr. GIS RAN, Is. 552) (in Russian).
- Lateral’nye tektonicheskie potoki v litosfere Zemli* [Lateral tectonic flows in the lithosphere of the Earth], Ed. M. G. Leonov, Moskow, Izd-vo “GEOS” [“GEOS” Publ.], 2013, 318 p. (Tr. GIS RAN, Is. 604) (in Russian).
- Tretyak K. R., Maksymchuk V. Yu., Kutas R. I., Rokytyans’kyy I. I., Hnylko O. M., Kendzera O. V., Pronyshyn R. S., Klymkovych T. A., Kuznyetsova V. H., Marchenko D. O., Smirnova O. M., Serant O. V., Babak V. I., Vovk A. I., Romanyuk V. V., Tereshyn A. V. *Suchasna heodynamika i heofizychni polya Karpat ta sumizhnykh terytoriy* [Modern geodynamics and geophysical fields of the Carpathians and the adjacent territories]. Lviv, *Vyd-vo L’vivs’koyi politekhniki* [Lviv Polytechnic Publishing House], 2015, 420 p. (in Ukrainian).
- Csontos L. & Vörös A. Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004, vol. 210, pp. 1–56.
- Kovac M., Marton E. To rotate or not rotate: Palinspastic reconstruction of the Carpatho-Pannonian area during the Miocene. *Slovak Geol. Mag.*, 1998, vol. 4, no. 2, pp. 169–194.
- Marko F. Do we need the orogen-parallel dextral strike-slips during the Miocene tectonic evolution of the Western Carpathians? *Mineralia Slovaca*, 2015, no. 47, pp. 9–96.
- Márton E., Tischler M., Csontos L., Fügenschuh B. & Schmid S. M. The contact zone between the ALCAPA and Tisza-Dacia megatectonic units of Northern Romania in the light of new paleomagnetic data. *Swiss Journal of Geosciences*, 2007, no. 100, pp. 109–124.
- Konečný V., Kováč M., Lexa J., Šefara J. Neogene evolution of the Carpatho-Pannonian region: an interplay of subduction and back-arc diapiric uprising in the mantle. *Stefan Mueller Special Publication Series*, 2002, no. 1, pp. 105–123.
- 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(1), pp. 169–194.
- Ratschbacher L., Frisch W., Linzer H. G. L. & Merle G. Lateral extrusion in the Eastern Alps. Part II: Structural analysis. *Tectonics*, 1991, no. 10, pp. 257–271.
- Schmid S., Bernoulli D., Fügenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewski K. The Alpine-Carpathian-Dinaric orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 2008, no. 101, pp. 139–183.
- Sperner B., Ratschbacher L., Nemcok M. Interplay between subduction retreat and lateral extrusion: Tectonics of the Western Carpathians. *Tectonics*, 2002, Vol. 21, no. 6, pp. 1–24.
- The Carpathian-Pannonian Region: A Review of Mesozoic-Cenozoic Stratigraphy and Tectonics. Vol. 1. Stratigraphy. Vol. 2. Geophysics, Tectonics, Facies, Paleogeography. Eds: F. Horvath, A. Galacz. Budapest: Hantken Press, 2006, 625 p.