

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ІМ. С.І. СУББОТІНА

АМАШУКЕЛІ ТЕТЯНА АРКАДІВНА



УДК 551.14+550.834

**СТРУКТУРА ЛІТОСФЕРИ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ
ОКРАЇНИ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ
ЗА НОВІТНІМИ ПРОФІЛЯМИ ГСЗ**

04.00.22 – геофізика

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ–2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України

Науковий керівник

Муровська Ганна Валеріївна,
доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна
НАН України

Офіційні опоненти:

Вижва Сергій Андрійович,
доктор геологічних наук, професор,
директор ННІ «Інститут геології»,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

Лісний Георгій Дмитрович,
доктор геологічних наук, доцент,
радник генерального директора
ТОВ «ГЕОЮНІТ»

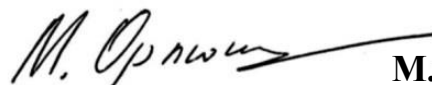
Захист відбудеться 29 вересня 2021 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01 при Інституті геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, проспект Академіка Палладіна, 32.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, проспект Академіка Палладіна, 32 та на електронному ресурсі: <http://www.igph.kiev.ua>

Автореферат розіслано 20 серпня 2021 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради Д 26.200.01
доктор геологічних наук



М.І. Орлюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Окраїна Східноєвропейської платформи (СЄП) перекрита потужними різновіковими осадовими відкладами, що виводить геофізичні методи на перший план при її вивченні. На території України південно-західну окраїну СЄП перетинають геотраверс ІІ (Соллогуб и др., 1986), профіль PANCAKE (Starostenko et al., 2013a) та, частково, профіль DOBRE-4 (Starostenko et al., 2013 b). Польові дослідження по геотраверсу ІІ виконані Інститутом геофізики НАНУ у 1968 р. (Літосфера ..., 1988), сучасні міжнародні профілі PANCAKE та DOBRE-4 – у 2008 та 2009 роках відповідно, виконані Інститутом геофізики НАНУ спільно з закордонними установами в рамках міжнародного наукового проекту. Використання при дослідженнях на цих профілях більш досконалих технологій при проведенні польових спостережень та інтерпретації одержаних даних дали змогу суттєво підвищити кількість та якість одержаної інформації стосовно будови земної кори і верхньої мантії до глибини 60–65 км. У серпні 2014 року Інститутом геофізики НАНУ разом з Інститутом геофізики Польської академії наук виконаний методом глибинного сейсмічного зондування (ГСЗ) новий профіль RomUkrSeis. Результати досліджень по цьому профілю відкрили можливості для вивчення літосфери південно-західної окраїни СЄП. Геолого-тектонічна інтерпретація даних глибинного сейсмічного зондування вздовж профілю RomUkrSeis і додаткова інтерпретація профілів ГСЗ на території України та поза її межами, що перетинають південно-західну окраїну СЄП, дозволяють отримати новий матеріал, необхідний для дослідження структури літосфери.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Результати досліджень отримано при виконанні державних бюджетних тем Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України: «Моніторинг геофізичних полів з метою зниження ризиків від небезпечних природних явищ на території України (2007–2011 рр.)» № держ. реєстрації 107U0022195; «Геофізичний моніторинг геодинамічних процесів на території України у зв'язку з вирішенням проблем екологічної та сейсмічної безпеки» (2012–2016) № держ. реєстрації 0112U003046; «Розвиток методів вивчення сейсмічності території України та оцінки параметрів сейсмічної безпеки майданчиків важливих і екологічно небезпечних об'єктів» (2016–2020) № держ. реєстрації 0116U000130; «Інформаційні технології для оцінки сейсмічної безпеки на основі нових лазерних пристроїв: обробка геофізичних даних» (2015–2016) № держ. реєстрації 0115U000882; «Геофізичні дослідження будови і динаміки геологічного середовища для зниження безпеки від загрозливих явищ ендегенного походження на території України та Росії» (2012–2016), № держ. реєстрації 0112U003451; «Сейсмічні дослідження літосфери Центрального та Північного регіонів України для оцінки перспектив нафтогазоносності (GEORIFT)» (2012–2016) № держ. реєстрації 0112U003450; «Геофізичні дослідження літосфери зони зчленування Східноєвропейської та Західноєвропейської платформ у зв'язку з перспективами нафтогазоносності» (2014–2018) № держ. реєстрації 0109U002947; «Розвиток методів вивчення сейсмічності території України та оцінки параметрів сейсмічної безпеки майданчиків важливих і екологічно небезпечних об'єктів»

(2018–2019) № держ. реєстрації 0118U001918; «Геофізичні дослідження глибинної будови, еволюції та геодинаміки зони зчленування Східноєвропейської та Західноєвропейської платформ (TESZ – Транс’європейська структурна зона) у зв’язку з прогнозом пошуків корисних копалин» (2019–2023) № держ. реєстрації 0119U000076; «Сейсмічні та геофізичні спостереження на платформній частині території України у 2014–2018 рр.» № держ. реєстрації 0114U000231; «Моніторинг геофізичних полів з метою зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій від небезпечних природних явищ» (2017–2021) № держ. реєстрації 0117U000374; «Сейсмічні та геофізичні спостереження на платформній частині території України у 2019–2023 рр.» № держ. реєстрації 0119U000078; «Оцінка сейсмічної небезпеки територій розміщення будівель і споруд значного класу відповідальності» (2021–2025) № держ. реєстрації 0121U107662; «Дослідження сейсмічності території України і параметрів сейсмічної небезпеки будівельних майданчиків» (2020–2021), № держ. реєстрації 0120U000190.

Мета і завдання дослідження.

Мета дисертаційного дослідження полягає у з’ясуванні структури літосфери південно-західної окраїни СЄП на території України за новітніми профілями глибинного сейсмічного зондування.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- прийняти участь у польових дослідженнях за профілем RomUkrSeis; зібрати та узагальнити геолого-геофізичні дані;
- побудувати узагальнений геологічний розріз за профілем для використання в якості початкової моделі у процесі моделювання сейсмічного матеріалу;
- побудувати геолого-тектонічну інтерпретаційну модель за швидкісною моделлю за профілем RomUkrSeis;
- виконати співставлення інтерпретаційної моделі за профілем RomUkrSeis із сейсмогеологічними розрізами за профілями СГТ;
- побудувати підшову літосфери за профілями RomUkrSeis та PANCAKE та порівняти структуру кори з потужністю літосфери;
- виконати порівняльний аналіз інтерпретаційної моделі за профілем RomUkrSeis з іншими профілями ГСЗ, які проходять через південно-західну окраїну СЄП на території України, Польщі та Румунії.

Об’єкт досліджень – структура літосфери південно-західної окраїни СЄП.

Предмет досліджень – швидкісні моделі глибинних розрізів земної кори, які перетинають південно-західну окраїну СЄП на території України, Польщі та Румунії.

Методи дослідження. За допомогою глибинних ширококутних сейсмічних досліджень за заломленими та відбитими хвилями отримані експериментальні дані за профілем RomUkrSeis. Метод прямого хвильового моделювання з використанням узагальненого геологічного розрізу про структуру верхніх шарів земної кори застосовано при побудові швидкісної моделі за профілем RomUkrSeis. Геолого-тектонічна інтерпретація швидкісної моделі виконувалась на основі синтезу геолого-геофізичної інформації.

Наукова новизна одержаних результатів.

1) Вперше отримано нові експериментальні дані методом глибинного сейсмічного зондування. Побудовано швидкісну модель за профілем RomUkrSeis з використанням узагальненого геологічного розрізу на основі геолого-геофізичної інформації про структуру верхніх шарів земної кори.

2) Вперше виконано геологічну інтерпретацію швидкісної моделі за профілем RomUkrSeis. Виявлено на південно-західній окраїні СЄП двошаровий осадовий прогин: верхній шар до глибини 5 км зі швидкостями повздовжніх хвиль до $\sim 4,9$ км/с є складовою частиною Карпатської покривно-насувної споруди, нижній – до глибини 15 км зі швидкостями $\sim 5,35$ км/с являє собою палеозойсько-мезозойські відклади.

3) Вперше на швидкісній моделі за профілем RomUkrSeis під осадовим прогином на окраїні СЄП (на глибині від 10 до 40 км) виявлено знижені швидкості повздовжніх хвиль (6,2–6,3 км/с), які розповсюджуються на всю потужність кори. Понижені значення швидкостей повздовжніх хвиль, геофізичні аномалії та структура кори в цій області можуть свідчити на користь її розуцільнення та розтягу.

4) Обґрунтовано глибинну природу Передкарпатського розлому (найбільш виразного розлому південно-західної окраїни СЄП) за профілями RomUkrSeis і PANCAKE та встановлено його просторовий зв'язок зі структурою розділу Мохо.

5) Підтверджено, що для швидкісних моделей за профілями ГСЗ, які перетинають південно-західну окраїну СЄП характерні наступні спільні риси: наявність осадових прогинів та зміна потужності кори на окраїні платформи; складний рельєф поверхні Мохо. Крім спільних рис на профілі RomUkrSeis виявлено наявність кіля на границі Мохо, який розділяє кору різної потужності.

Практичне значення одержаних результатів.

Дисертаційна робота доповнює сучасні уявлення про будову земної кори і верхньої мантії південно-західної окраїни СЄП на території України. Отримані результати можуть використовуватися для побудови глибинних геологічних та геотектонічних моделей, а також для пояснення геодинамічних процесів у межах регіону дослідження. Швидкісні характеристики порід та повнота знань про глибинну будову геологічного середовища і геодинамічні процеси, які в ньому відбуваються, можуть бути використані при пошукових роботах для розвитку мінерально-сировинної бази країни. Результати дисертаційної роботи застосовуються у дослідженнях Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України та можуть використовуватись при викладанні геологічних дисциплін у вищих учбових закладах.

Особистий внесок здобувача.

Вихідні сейсмічні дані по профілю RomUkrSeis були отримані при безпосередній участі дисертанта в польових дослідженнях. Із залученням геологічних карт та даних по свердловинам здобувач побудувала геологічний розріз, який було використано для вихідної моделі вздовж профілю RomUkrSeis. Геолого-тектонічна інтерпретація швидкісної моделі по профілю та підготовка до публікації результатів ГСЗ в міжнародному науковому виданні виконувалась за участю здобувача. Автор виконала розширену аргументовану інтерпретацію

отриманої швидкісної моделі з урахуванням геолого-геофізичної інформації та інших сейсмічних моделей, які були отримані в межах району досліджень. В результаті виконаного аналізу дисертантом виділено основні риси, які спостерігаються на швидкісних моделях, що перетинають південно-західну окраїну СЄП, уточнена та узагальнена структура літосфери південно-західної окраїни СЄП.

Особистий внесок здобувача в основні роботи, виконані у співавторстві, визначається наступним чином. Стаття [Кендзера и др., 2003] – систематизація та аналіз землетрусів в районі дослідження. [Кендзера та інш., 2007] – обробка сейсмічних записів землетрусу, інтерпретація отриманих результатів. [Пігулевський та інш., 2017] – систематизація геолого-геофізичної інформації в межах району дослідження, аналіз природи землетрусу. [Гинтов и др., 2015] – збір, систематизація та аналіз землетрусів зони Вранча, участь у інтерпретації отриманих результатів. [Амашукели и др., 2019] – постановка задачі, опис геологічної будови Добруджі та Переддобрудзького прогину, аналіз сейсмічності Добрудзької сейсмогенної зони. [Муровська та інш., 2019] – участь у постановці задачі, дослідження деформаційних режимів в межах Східних Карпат. [Михайлик и др., 2019] – постановка задачі, опис програмного інтерфейсу доступу до сейсмічних даних, аналіз сейсмічних даних. [Janik et al., 2020] – опис тектонічної будови південно-західної окраїни СЄП у межах профілю TTZ-South, участь у інтерпретації отриманих сейсмічних результатів по профілю. [Starostenko et al., 2020] – сейсмічні дані для цієї роботи були отримані при безпосередній участі дисертанта в польових дослідженнях, побудова узагальненого геологічного розрізу за профілем для використання в якості початкової моделі у процесі моделювання сейсмічного матеріалу, участь у геолого-тектонічній інтерпретації сейсмічної моделі по профілю. [Янік та інш., 2021] – участь у експериментальних дослідженнях, аналіз та систематизація геолого-геофізичної інформації за профілем TTZ-South, опис структури літосфери південно-західної окраїни СЄП у межах профілю.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення та результати дисертаційної роботи були представлені на міжнародних і регіональних конференціях та семінарах у формі усних та стендових доповідей: Наукова конференція до 75-річчя від Дня народження проф. Я.С.Сапужака, Львів, 4–6 жовтня 2006 р.; Всеукраїнська наукова конференція «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища», Київ, 21-24 вересня 2006 р.; Міжнародна наукова конференція «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)», Ялта, 25–28 вересня 2007 р.; XVI Міжнародна конференція «Свойства, структура, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы», Воронеж: 20–24 вересня 2010 р.; International Conference on "Geodynamical Phenomena: From Observations and Experiments to Theory and Modelling", September 20-24, 2010, Kyiv, Ukraine; 17 International SEISMIX Symposium «Seismology at the crossroads». 15–20 May 2016, Aviemore, Scotland; 18 International SEISMIX Symposium «Seismology between the Poles». 17–22 June 2018 Cracow, Poland; The General Assembly 2019 of the European

Geosciences Union (EGU), 7–12 April 2019, Vienna, Austria; XVIIIth International Conference “Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects”. 13–16 May 2019, Kyiv, Ukraine; EGU General Assembly 2020. Online 4–8 May 2020; SEISMIX 2020 – 19th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents and their Margins. 15th–20th March 2020, Perth, Australia.

Публікації.

Основні результати та висновки викладені в дисертаційній роботі, одержані автором особисто та опубліковані в журналах, які входять до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України наук про Землю, та іноземних виданнях. За темою дисертації автором опубліковано 21 наукову працю: 10 статей, із них 7 статей індексується у міжнародній наукометричній базі Web of Sciences, з яких 1 стаття – у базі SCOPUS з квартилем Q1, та 11 матеріалів та тез доповідей на міжнародних конференціях.

Обсяг і структура дисертації.

Дисертаційна робота викладена на 169 сторінках машинописного тексту, складається з анотації, вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 3 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 131 сторінки друкованого тексту. Робота ілюстрована 40 рисунками та 1 таблицею. Список використаних джерел містить 178 найменувань.

Подяки. Автор висловлює глибоку подяку науковому керівнику і наставнику доктору геол. наук Муровській Ганні Валеріївні за допомогу у постановці задачі, цінні поради, корисні та цікаві обговорення за темою дослідження. Автор щиро вдячна керівнику відділу сейсмічної небезпеки, член-кореспонденту НАН України, канд. фіз.-мат. наук Кендзері Олександровичу Володимировичу за наукові консультації та підтримку у виконанні наукових досліджень. Дисертаційна робота виконана в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, директором якого є академік НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор Старостенко Віталій Іванович, якому автор вдячна за всебічну підтримку при виконанні роботи. Здобувач висловлює подяку усім співробітникам Інституту геофізики та іноземним колегам, які брали участь в польовому експерименті методом ГСЗ за профілем RomUkrSeis.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** викладено загальну характеристику роботи, обґрунтовується вибір теми дослідження, формулюється мета та основні завдання, вказується наукова новизна отриманих результатів, їх практичне застосування та особистий внесок здобувача. Також представлена інформація щодо апробації результатів дослідження, публікацій, структури дисертації та зв'язок з науковими темами.

У **першому розділі «Геолого-геофізична вивченість південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи»** представлено стислий огляд про сучасні уявлення щодо будови літосфери південно-західної окраїни СЄП. Окраїна СЄП та пов'язана з нею зона Тейсейра-Торнквіста (ТТЗ) досліджувалась численними сучасними глибинними профілями ГСЗ (переважно на території Польщі) та профілями СГТ. Досить детально окраїна СЄП досліджена електричними методами та методом магнітотелуричного зондування. Згідно з

цими даними ТТЗ є границею літосферного рівня, яка виражена не лише в осадовому шарі, але і в корі та верхній мантії. За даними сейсмотомографії фіксуються відмінності у швидкісній структурі астеносфери і літосфери вздовж усієї ТТЗ до глибин 400 км. Окраїна СЄП та ТТЗ добре виділяється в магнітному і гравітаційному полях, розподілі теплового потоку на поверхні і рельєфі границі Мохо.

Будова окраїни СЄП в межах України змінюється з північного заходу на південний схід. На сьогоднішній день немає однозначного трактування границі окраїни СЄП та положення ТТЗ на території України. Виділення цієї зони ускладнено тим, що палеозойські і більш древні комплекси перекриті потужною товщею молодих відкладів Карпатської покривно-насувної споруди і Передкарпатського прогину та відсутністю достатньої кількості сейсмічних профілів. Проведення сучасних сейсмічних досліджень ГСЗ на території України (профіль RomUkrSeis) створили нові можливості для вивчення літосфери південно-західної окраїни СЄП.

У другому розділі «Будова літосфери південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи за сейсмічним профілем RomUkrSeis» представлені результати дослідження літосфери південно-західної окраїни СЄП за профілем RomUkrSeis (положення профілю показано на тектонічній схемі рис. 1).

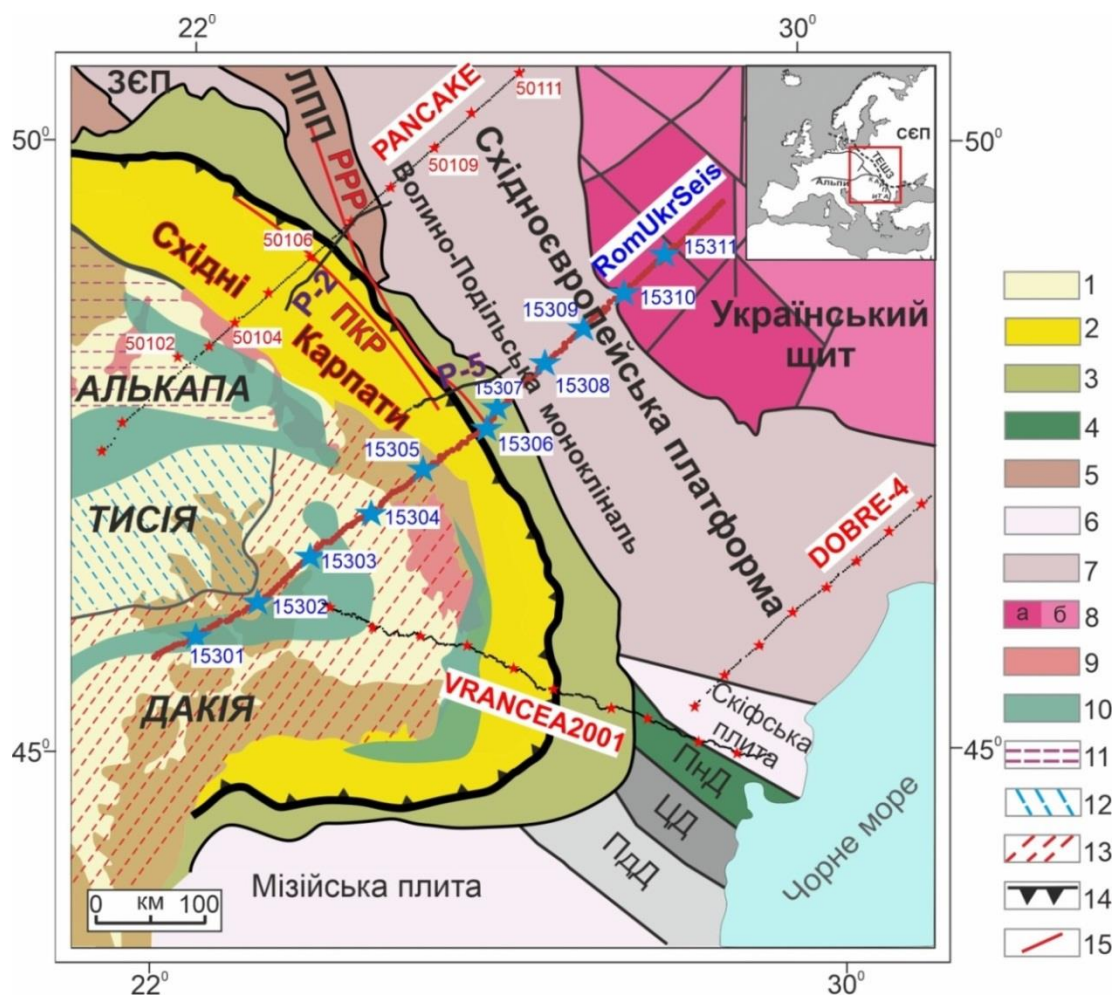


Рис. 1 Тектонічна схема району розташування профілю RomUkrSeis. Модифіковано за (Тектонічна..., 2004; Tectonic Map..., 1970).

Умовні позначення: 1 – неогеновий басейн; 2 – флішовий пояс; 3 – Передкарпатський прогин; 4 – кімерійський ороген; 5 – Львівський палеозойський прогин; 6 – палеозойська платформа; 7 – докембрійська (Східноєвропейська) платформа; 8 – Український щит (а – архей, б – палеопротерозой); 9 – зони неогенового вулканізму; 10 – офіолітові комплекси; 11–13 – мікроплити: 11 – Алькапа; 12 – Тися; 13 – Дакія; 14 – Головний Карпатський насув; 15 – розломи. Сині та червоні зірки – пункти вибуху. Скорочення: ЗЄП – Західноєвропейська платформа, ЛПП – Львівський палеозойський прогин, ПнД – Північна Добруджа, ЦД – Центральна Добруджа, ПдД – Південна Добруджа, РРР – Рава-Руський розлом, ПКР – Передкарпатський розлом, Р-2 та Р-5 – профілі СГТ (Заяц, 2013).

Профіль RomUkrSeis перетинає з північного сходу на південний схід наступні тектонічні одиниці: південно-західну частину СЄП (385–670 км за профілем), яка, в свою чергу, включає Волино-Подільську монокліналь та південно-західний сегмент Українського щита (495–670 км), зону Тейсейра-Торнквіста, яка похована під Передкарпатським прогином (360–385 км), зовнішні Східні Карпати (330–360 км), внутрішні Карпати (260–330 км), Трансильванський басейн (145–260 км) та гори Апусени (0–145 км) (рис. 1). Всі ці тектонічні одиниці віком від архею до четвертинного періоду мають різне геологічне походження, структуру літосфери та відображаються в геофізичних полях вздовж профілю (рис. 2).

Магнітне поле за профілем RomUkrSeis в межах СЄП є досить контрастним з виразними локальними аномаліями різного знаку до ± 500 нТл. На південний захід в районі Передкарпатського прогину та Карпат, накладених на окраїну платформи магнітне поле стає згладженим і досить однорідним, зі слабкими аномаліями амплітудою до ± 100 нТл, в наслідок збільшення потужності осадових порід

Гравітаційне поле характеризується контрастом між негативними значеннями (від -20 до -40 мГал) над Трансильванським басейном та позитивними значеннями (від 0 до $+10$ мГал) на СЄП. Головною особливістю гравітаційного поля за профілем є різка негативна аномалія (-120 мГал), яка виділяється у фронтальній частині Карпатської споруди та Передкарпатського прогину (рис. 2). Зміну сили тяжіння по обидві сторони від Карпатського поясу можна в значній мірі пояснити контрастом у глибині залягання кристалічного фундаменту, який виступає на Українському щиті в межах СЄП, та знаходиться на глибині приблизно 6–8 км під потужною осадовою товщею Трансильванського басейну.

За профілем RomUkrSeis з пункту вибуху SP15305 спостерігається зниження теплового потоку в сторону СЄП. На самій платформі тепловий потік дорівнює $30\text{--}50$ мВт/м², що відповідає типовим значенням для докембрійських кратонів. Високий тепловий потік (до $80\text{--}90$ мВт/м²), який спостерігається між пунктами вибуху SP15304 і SP15305 у Внутрішніх Карпатах, пов'язаний з молодою тектонікою і термічною активністю, вираженою у вигляді численних магматичних інтрузій неогенового віку (Seghedi et al., 2004; Kutas, 2015).

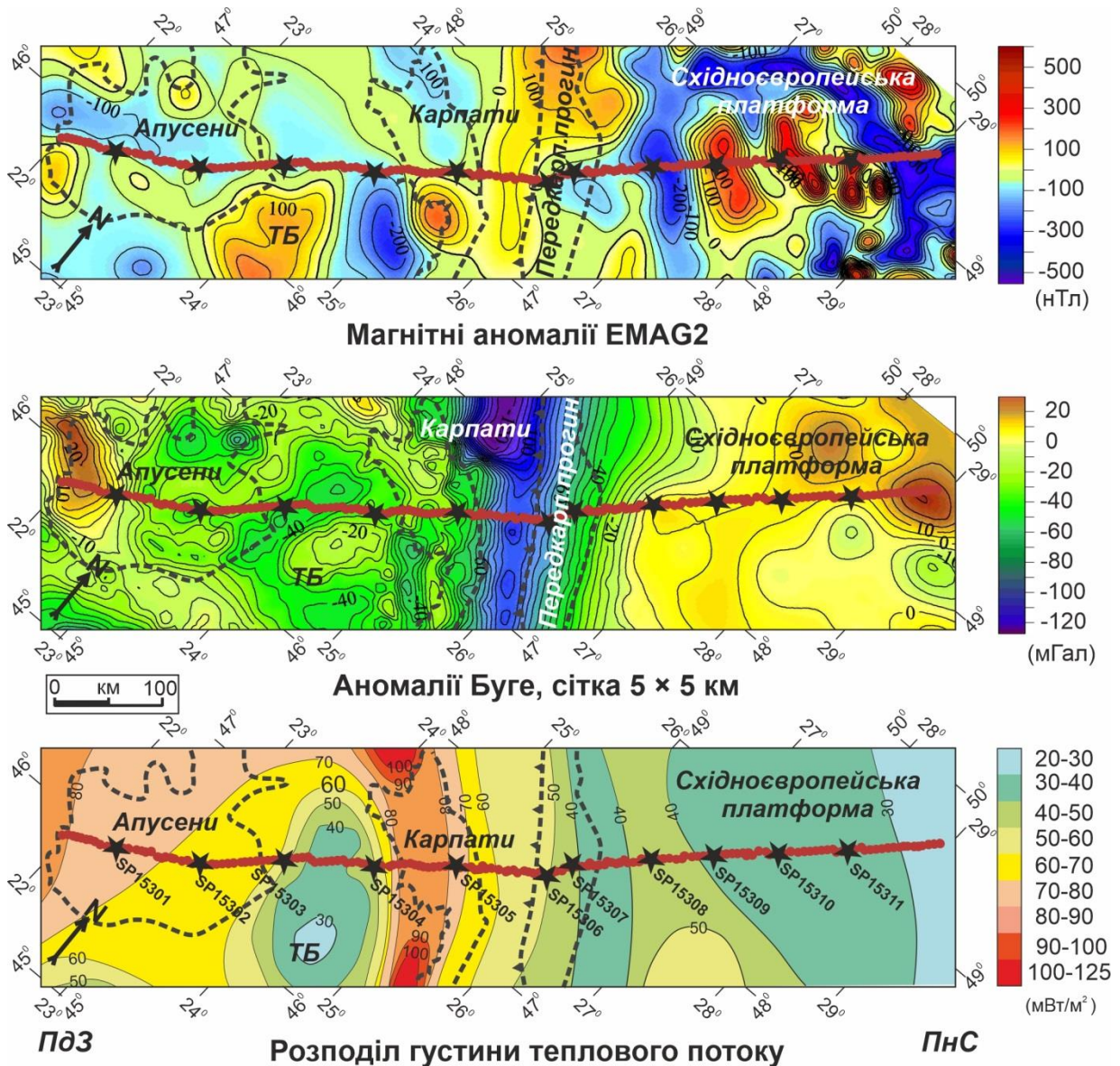


Рис. 2 Геофізичні дані в області профілю RomUkrSeis. Зверху вниз: магнітні аномалії (EMAG2, <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/emag2.html>); аномалії Буге (Wybraniec et al., 1998); розподіл густини теплового потоку (Hurtig et al., 1991; Kutas, 2015; Кутас, 2016). Пункти вибуху вздовж профілю RomUkrSeis позначені чорними зірками, чорні пунктирні лінії окреслюють основні тектонічні одиниці, що перетинаються профілем RomUkrSeis (ТБ – Трансильванський басейн).

За отриманими в результаті робіт експериментальними даними за профілем RomUkrSeis з використанням пакету SEIS83 (Červený & Pšenčík, 1984) з графічними додатками MODEL (Komminaho, 1998), ZPLOT (Zelt, 1994) та узагальненої геолого-геофізичної інформації побудовано швидкісну модель (рис. 3).

За швидкісними характеристиками і геологічними уявленнями отриману швидкісну модель можна розділи на чотири блоки. У напрямку з південного заходу на північний схід ці блоки відповідають: 1) горам Апусенам, 2) Трансильванському басейну, 3) Складчастим Карпатам і Передкарпатському прогину та 4) СЄП, в межах якої виділяються Волино-Подільська монокліналь та Український щит (рис. 3).

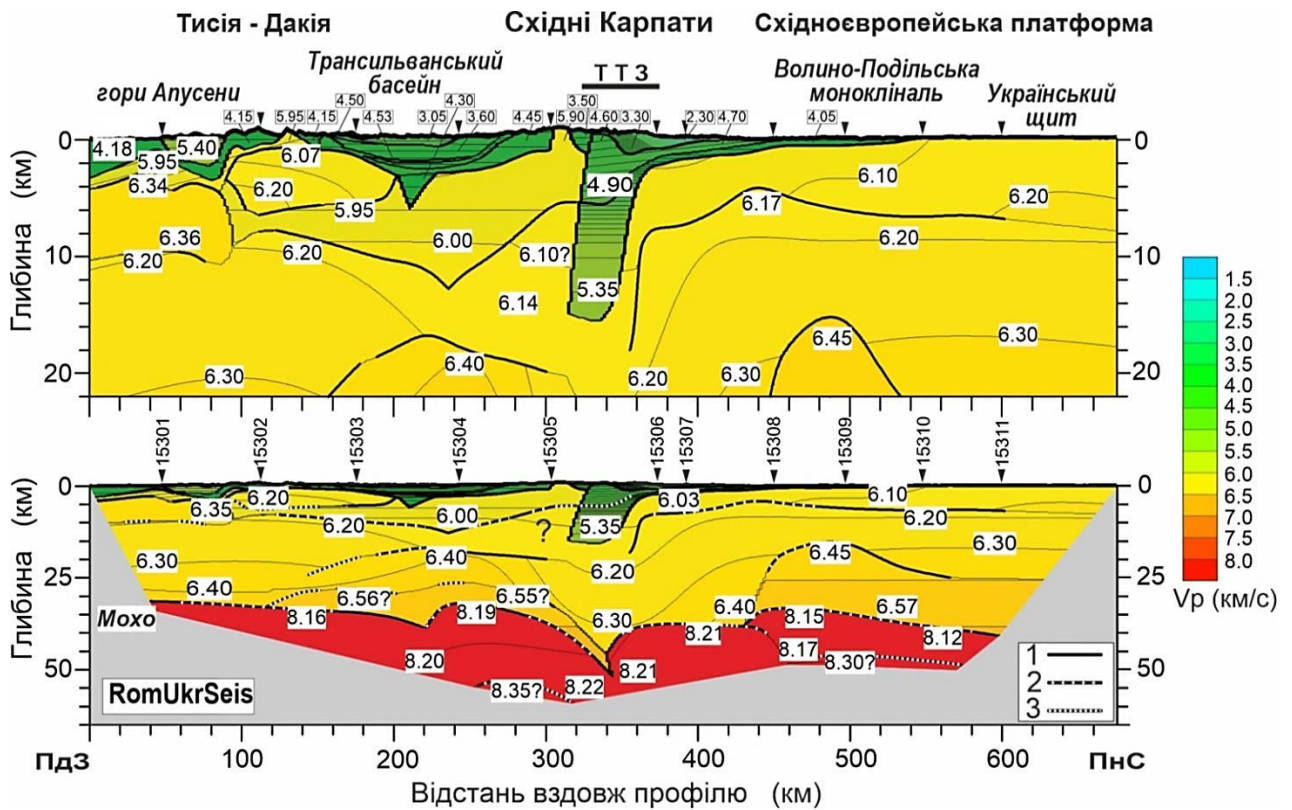


Рис. 3 Двовимірні моделі сейсмічних швидкостей Р-хвиль у корі та верхній мантії вздовж профілю RomUkrSeis, отримані з використанням SEIS83 (Červený and Pšenič, 1984). Товсті, чорні суцільні та пунктирні лінії представляють чіткі швидкісні границі. Показані швидкісні границі за відбитими або заломленими Р-хвилями: 1 – лише заломлення; 2 – заломлення і відбиття; 3 – лише відбиття. Тонші лінії представляють виведені ізолінії швидкості зі значеннями в км/с, показаними в білих прямокутниках.

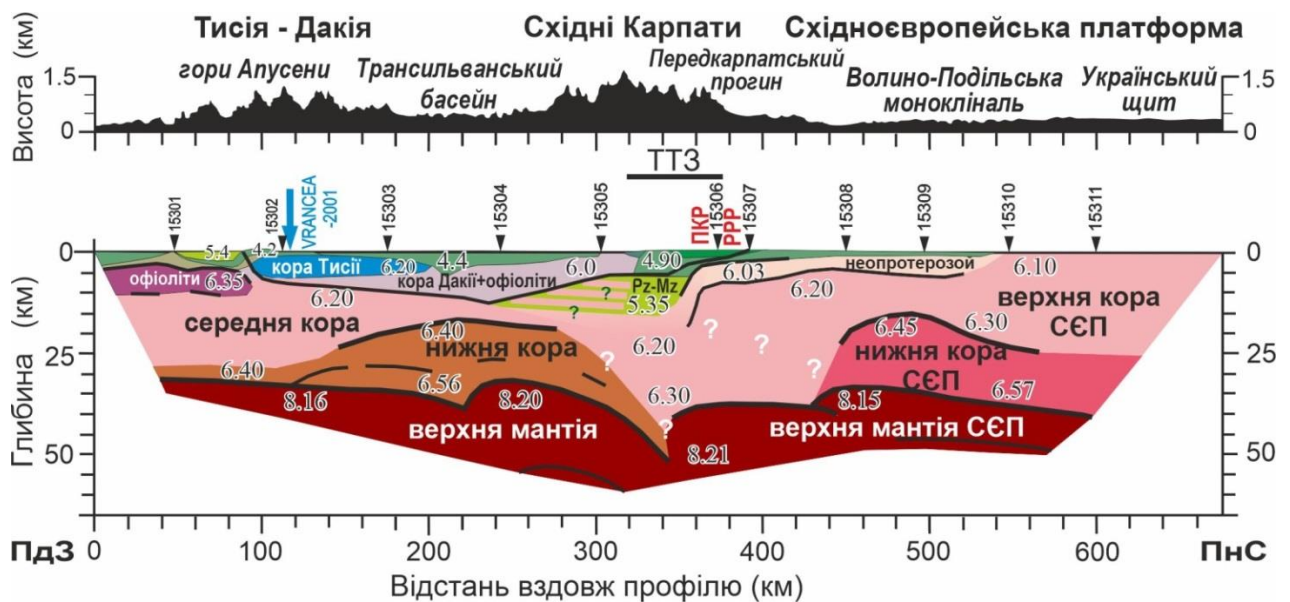


Рис. 4 Інтерпретаційна модель структури літосфери вздовж профілю RomUkrSeis. Скорочення: СЄП – Східноєвропейська платформа, ТТЗ – зона Тейсейра-Торнквіста, РРР – Рава-Руський розлом, ПКР – Передкарпатський розлом.

За швидкісною моделлю за участю дисертанта побудована геолого-тектонічна інтерпретаційна модель за профілем RomUkrSeis, яка представлена на рис. 4. Важливою особливістю земної кори (320–360 км по профілю) на окраїні СЄП є осадовий прогин, який складається з двох швидкісних шарів; верхній шар до глибини 5 км зі швидкостями ~ 4,9 км/с входить до складу Карпатської покривно-насувної споруди, нижній шар до глибини 15 км зі швидкостями ~ 5,35 км/с являє собою палеозойсько-мезозойські відклади.

Для аналізу осадового прогину на окраїні СЄП використано профіль СГТ Р-5 (Заяц, 2013) (рис. 5), який розташований субпаралельно профілю RomUkrSeis в 50 км на північний захід.

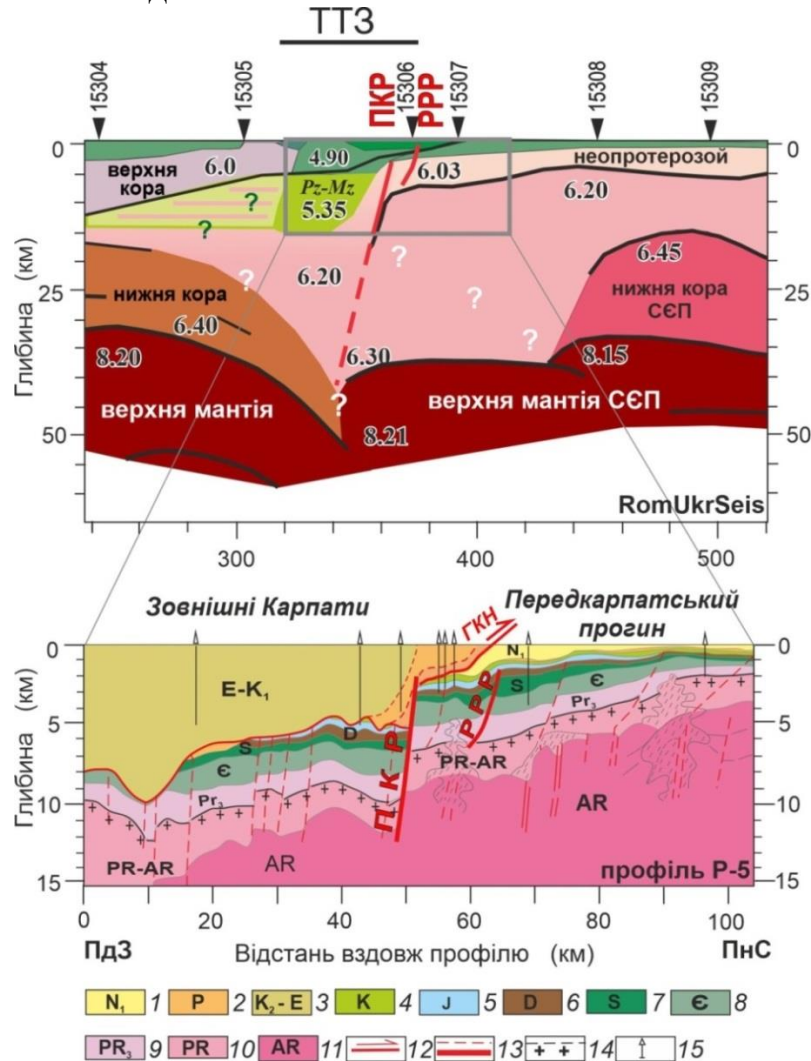


Рис. 5 Порівняння інтерпретаційної моделі за профілем RomUkrSeis з сейсмогеологічним розрізом за профілем Р-5 (Заяц, 2013). 1 – міоцен, 2 – палеоген, 3 – пізня крейда-палеоген, яка має скибову структуру, 4 – крейда, 5 – юра, 6 – девон, 7 – силур, 8 – кембрій, 9 – неопротерозой, 10 – протерозой, 11 – архей, 12 – Головний Карпатський насув, 13 – розломи, 14 – покрівля фундаменту, 15 – свердловини. Скорочення: СЄП – Східноєвропейська платформа, ТТЗ – зона Тейсейра-Торнквіста, ГКН – Головний Карпатський насув, РРР – Рава-Руський розлом, ПКР – Передкарпатський розлом. Положення профілю Р-5 показано на рис. 1.

Профіль Р-5 перетинає Покутсько-Буковинську частину Українських Карпат за напрямком Гринява–Чернівці, яка характеризується відносно неглибоким заляганням дофлішевої основи. СЄП та всі перекриваючі її осадові товщі занурюються під Карпатську споруду по системі скидів, найбільш виразним з яких є Передкарпатський розлом. Досить різкий стрибок швидкості за профілем RomUkrSeis (~ 360 км, у діапазоні глибин ~ 8–18 км), що збігається з Передкарпатським розломом, та його просторовий зв'язок зі структурою розділу Мохо, свідчать на користь глибинної природи цього розлому (рис. 5).

Під осадовим прогином на окраїні СЄП на всю потужність кори спостерігаються знижені швидкості поздовжніх хвиль (6,2–6,3 км/с на глибині від 10 до 40 км). Ізолінія швидкості 6,20 км/с стрибкоподібно поглиблюється на окраїні СЄП. На 360 кілометрі по профілю швидкість $V_p=6,3$ км/с спостерігається безпосередньо над границею Мохо. Це приблизно на 30 км глибше, ніж аналогічні швидкості на інших ділянках за профілем (рис. 3 та рис. 4). Понижені значення швидкостей поздовжніх хвиль, геофізичні аномалії (негативна гравітаційна аномалія –120 мГал; перехід від спокійного до більш диференційованого магнітного поля) та структура кори в цій області можуть свідчити на користь її розуцільнення та розтягу (рис. 2 та рис. 7а).

Швидкісна модель за профілем характеризується значною латеральною неоднорідністю, а також складним рельєфом поверхні Мохо. Характерною рисою поверхні Мохо є наявність його заглиблення до 50 км у формі кільової структури в зоні між Внутрішніми і Зовнішніми Карпатами (340 км по профілю). Кіль на границі Мохо розділяє кору різної потужності: тонша кора (32–35 км) на південному заході відповідає молодому Трансильванському басейну, а потовшена кора (до 42 км) на північному сході відноситься до СЄП.

Особливістю літосфери по профілю RomUkrSeis є нетипово низькі швидкості поздовжніх хвиль ($V_p \sim 8,15$ – $8,2$ км/с) у верхній мантії. В центральному сегменті профілю, який відповідає окраїні СЄП, в корі безпосередньо над поверхнею Мохо спостерігаються порівняно низькі швидкості, що створює контраст швидкостей на розділі Мохо більший, ніж на інших ділянках профілю. Особливістю структури підкорової мантії в центральній частині профілю (250–320 км), де відбувається зміна її потужності, є наявність на глибині 50–55 км відбиваючої границі, яка повторює форму Мохо. Вищезазначені особливості розділу Мохо та підкорової мантії свідчать на користь підсуву або субдукції літосфери, хоча і не є остаточними діагностичними ознаками.

У третьому розділі «Порівняльний аналіз сейсмічних моделей за профілями ГСЗ, які перетинають південно-західну окраїну Східноєвропейської платформи» проведено порівняння структури літосфери за профілями, що перетинають окраїну СЄП на території України, Польщі та Румунії.

За архітектурою басейну і будовою земної кори модель за профілем Р4 POLONAISE '97 (Grad et al., 2003) найбільш подібна до моделі за профілем RomUkrSeis. За профілем Р4 POLONAISE'97 (рис. 6) під осадовим комплексом Польського прогину шириною ~ 150 км і потужністю ~ 10 км виділяється зона знижених швидкостей поздовжніх хвиль (5,8 км/с) глибиною до 18 км, що

інтерпретується як глибоко поховані пласти неопротерозою–палеозою (Pharaoh et al., 2006). Як і за профілем RomUkrSeis, кора зі зниженими швидкостями поздовжніх хвиль також виділяється під прогином до глибин ~28 км.

Профіль PANCAKE (Starostenko et al., 2013a) розташований субпаралельно RomUkrSeis на північний захід на відстані приблизно 220 км. Швидкісну структуру земної кори за профілем PANCAKE в цілому можна порівняти з профілем RomUkrSeis. За профілем PANCAKE осадовий прогин на окраїні СЄП має такі ж самі швидкості, але є ширшим і глибшим (до глибини 25 км у порівнянні з 20 км за RomUkrSeis) (рис. 6). Для аналізу осадового прогину використано профіль СГТ Р-2 (Заяц, 2013), який проходить паралельно (в 10–15 км на південь) відносно профілю PANCAKE (положення профілю Р-2 показано на рис. 1). Передкарпатський розлом також, як і по профілю RomUkrSeis просторово співпадає з кільовою структурою на поверхні Мохо. В верхній корі під осадовими прогином, спостерігаються більш високі швидкості у порівнянні з RomUkrSeis, які (на відміну від останнього) відповідають типовим коровим швидкостям докембрійського кратону (рис. 6).

За профілем PANCAKE границя Мохо під СЄП спостерігається глибше ніж за RomUkrSeis (45–50 км та 35–40 км відповідно). Більш товста кора СЄП на PANCAKE, є наслідком наявності високошвидкісного нижнього шару ($V_p \sim 7\text{--}7,4$ км/с), який, ймовірно, генетично пов'язаний з палеопротерозойським Осницько-Мікашевицьким вулканоплутонічним поясом. На відміну від профілю PANCAKE, RomUkrSeis перетинає більш древній архейський Подільський блок УЩ, де відсутній високошвидкісний нижній шар (рис. 6).

Профіль VRANCEA-2001 (Hauser et al., 2007) перетинає окраїну СЄП в зоні її зчленування з герцинсько-кімерійським орогеном Північної Добруджі. Швидкісна модель за профілем VRANCEA-2001 має схожість зі швидкісними моделями за профілями RomUkrSeis та PANCAKE, особливо подібні між собою осадові прогини на окраїні СЄП (рис. 6). В центральній частині профілю VRANCEA-2001 в районі Фокшанського басейну осадовий прогин зі швидкостями V_p менше 6 км/с спостерігається до глибин 20–22 км. Данна структура зазнала тривалу історію розвитку від палеозою до кайнозою. В діапазоні глибин 10–25 км виділяють потужний рифтоподібний осадовий басейн, що лежить під молодшими осадовими товщами Фокшанського басейну і Карпатськими покривами (Panea et al. 2005). На профілі VRANCEA-2001 чітко виділяються три корові блоки з різною структурою і швидкостями поширення поздовжніх хвиль. Із заходу на схід: коровий блок мікроплити Тися-Дакія з накладеним на нього Карпатським орогеном, Мізійський блок з перекриваючим його Фокшанським басейном і Північно-Добрудзький блок, відокремлений із заходу розломом Печеніга-Камена. Розлом Печеніга-Камена вважається елементом південно-східного продовження ТТЗ на південний схід від фронту Карпатської дуги до Добруджі на південному сході Румунії (Seghedi et al., 1999; Mucuta et al., 2006; Starostenko et al., 2013b; Narkiewicz et al., 2015), [Амашукели и др., 2019].

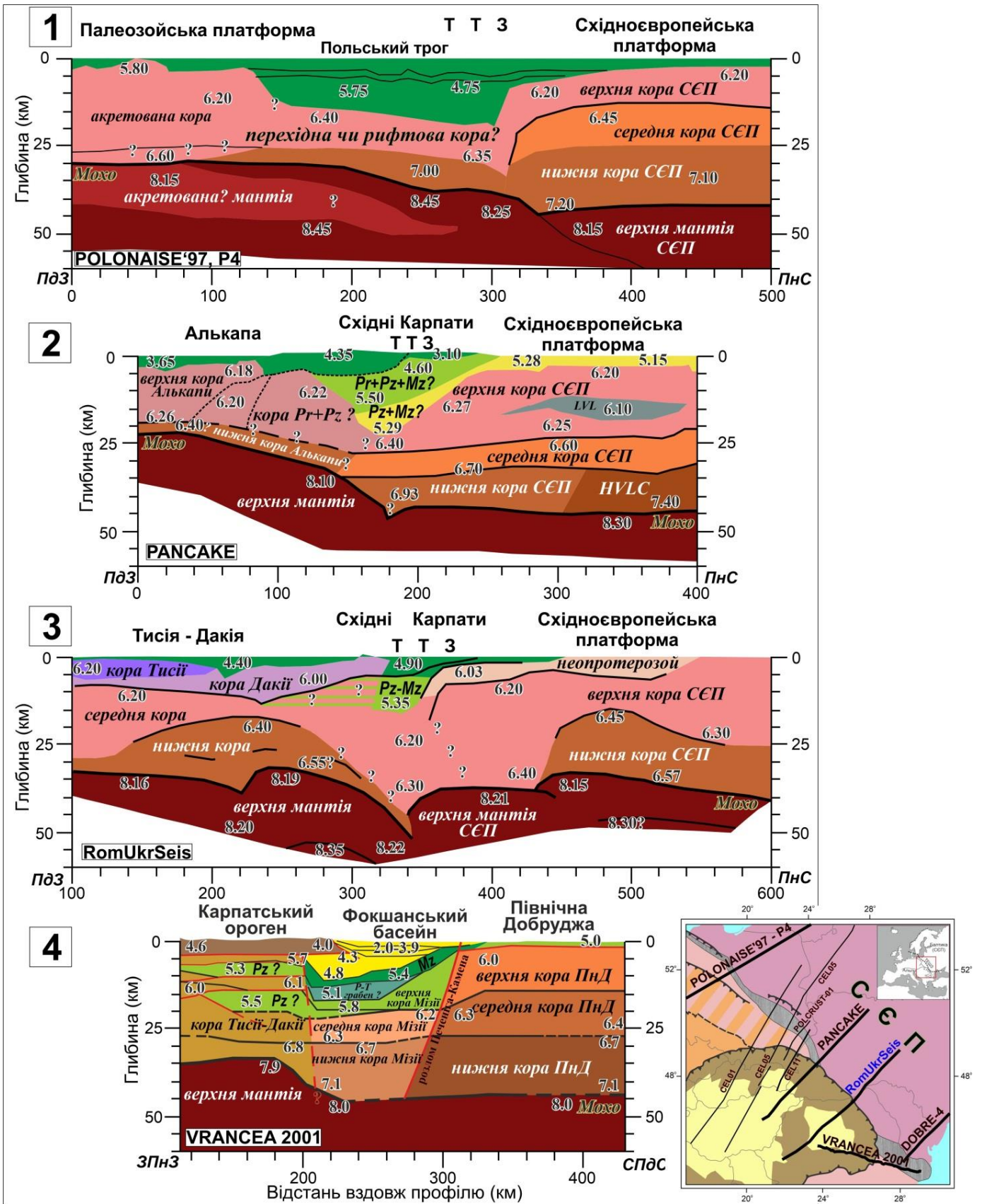


Рис. 6 Сейсмогеологічні розрізи за профілями: 1 – Polonaise'97, P4 (Grad et al., 2003); 2 – PANCAKE (Starostenko et al., 2013); 3 – RomUkrSeis [Starostenko et al., 2020]; 4 – VRANCEA-2001 (Hauser et al., 2007). Положення профілів показано знизу праворуч .

За профілем DOBRE-4, який знаходиться від RomUkrSeis на ~ 315 км на південний схід також виявлені аномально низькі значення швидкостей розповсюдження поздовжніх хвиль у корі СЄП, (відсутність нижньої кори з $V_p > 6,9$ км) як і на профілі RomUkrSeis. Таким чином, відсутність нижньої кори з «нормальною швидкістю» є характерним для відносно великої території СЄП, яка охоплює південний схід Поділля, Буковину і Молдавію аж до Добруджі в Румунії та українське узбережжя Чорного моря на південному сході.

Порівняльний аналіз сейсмічних моделей за профілями ГСЗ, які перетинають південно-західну окраїну СЄП показує, що окраїна платформи по простяганню має змінну структуру, ширину і еволюцію. При цьому виділяється ряд спільних рис в її будові: утворення осадових прогинів різного віку на окраїні платформи; переважно низькошвидкісна кора та значні зміни глибини Мохо в області ТТЗ. Спільною рисою рельєфу Мохо для усіх профілів є його заглиблення в сегменті ТТЗ від 25–35 км до більш ніж 40 км в межах СЄП. Виразна кільова структура на поверхні Мохо, яка виділяється на швидкісній моделі за профілем RomUkrSeis, зазвичай не спостерігається на інших профілях, які перетинають окраїну СЄП та ТТЗ на північ від Карпат. Проте по профілю CEL11 (Šroda, 2010; Hrubcová and Šroda, 2015) в зоні контакту Внутрішні/Зовнішні Карпати виділяється подібна ступінчата структура поверхні Мохо.

У четвертому розділі «Аналіз сейсмічності південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи» представлено просторовий розподіл вогнищ землетрусів з метою дослідження її сучасної активності. СЄП відноситься до регіонів зі слабкою сейсмічною активністю, тому довгий час не була першочерговим об'єктом для сейсмічного моніторингу. За останні роки стрімкий розвиток інструментальних спостережень показав, що давні платформи також зазнають сучасних деформацій, які є більш вираженими саме на їх окраїнах. Дані про локальні землетруси на окраїні СЄП представлено у табличному вигляді у додатку до дисертаційної роботи та винесено на карту досліджуваного регіону. Вогнища землетрусів з магнітудами 2–4 розташовані у верхній частині земної кори, і тектонічно відносяться до Волино-Подільської монокліналі.

Сейсмічність південно-західної окраїни СЄП визначається як глобальною, так і локальною тектонічною активністю. Глобальна складова пов'язана з близькістю потужного Середземноморсько-Альпійсько-Гімалайського-Трансазійського сейсмоактивного поясу. Втягнення окраїни СЄП у деформаційні процеси, які відбуваються у цьому поясі, являється однією з причин виникнення тектонічних напружень, які можуть спричинити досить потужні землетруси. Роздрібнена в наслідок тривалої історії земна кора виявляє здатність реагувати на локальні зміни напруженого стану між окремими блоками та на глобальні зміни Середземноморсько-Альпійсько-Трансазійського сейсмогенного поясу, чим і пояснюється сейсмічна активність, зокрема в межах Волино-Поділля. Локальна складова сейсмотектонічного процесу обумовлена сучасною активністю розломних зон регіонального масштабу.

Більшість корових землетрусів Добрудзької сейсмогенної зони відбувається на глибинах 10–50 км в межах Карпатського басейну, з епіцентрами вздовж північно-західної–південно-східної смуги, яка захоплює Добруджу і

Переддобрудзький прогин. Деякі землетруси, які відбулися в районі північно-західної частини Чорного моря, пов'язують із зоною зчленування СЄП зі Скіфською плитою. Практично на всій території південно-західного регіону СЄП також відчувуються потужні підкорові землетруси із сейсмоактивної зони Вранча в Румунії.

У п'ятому розділі «Основні риси тектонічного розвитку країни Східноєвропейської платформи в районі профілю RomUkrSeis» на основі отриманої моделі літосфери та із залученням геолого-геофізичної інформації представлені деякі аспекти тектонічного розвитку країни СЄП. Враховуючи складність та неоднозначність як швидкісної, так і інтерпретаційної моделей, розділ носить дискусійний характер.

Літосфера сегмента СЄП, що відображається по профілю RomUkrSeis, представляє собою континентальну країну Балтики, яка утворилася унаслідок розпаду суперконтиненту Родинії (Bogdanova et al., 2008). Згідно з висновками авторів (Nawrocki and Poprawa, 2006; Krzywiec et al., 2018) кристалічна кора Балтики в цій області розтягнена і перекрита неопротерозойськими–ранньопалеозойськими осадовими відкладами, включно з дорифтовими платформними утвореннями. Низькі швидкості поширення поздовжніх хвиль (6,2–6,3 км/с на глибині від 10 до 40 км), які спостерігаються під осадовим прогином на всю потужність кори на країні СЄП, можуть представляти розущільнену кристалічну кору і неопротерозойські–ранньопалеозойські метаосадові породи.

Антиформна структура (приблизно 430 км по профілю) на глибині 5 км та на заломлюючій границі між нижньою і верхньою корою, субпаралельний їй вигин та ускладнена форма розлілу Мохо можуть бути пов'язані з прогином земної кори на цьому сегменті СЄП у ранньому палеозої. Антиформа не відображається в структурі осадів, що свідчить на користь її більш давнього утворення.

Формування Карпатських покривів і корових комплексів під ними в кайнозої є фінальною подією, яка сформувала сучасну архітектуру літосфери за профілем RomUkrSeis. Певні особливості швидкісної моделі по профілю, такі як наявність осадового прогину у верхній корі та кільової структури на Мохо, можуть свідчити на користь скорочення літосфери під час формування Карпатського орогену. Ці ознаки узгоджуються із загальноприйнятим уявленням, що геодинаміка, яка формує Карпати, включала субдукцію літосфери Карпатського задугового басейну і його закриття з поєднанням літосфери мікроплит Алькапа та Тися–Дакія зі СЄП.

Для виявлення особливостей структури літосфери країни СЄП співставлено будову земної кори по профілю RomUkrSeis з рельєфом покривлі астеносфери за (Horváth et al., 1993, 2006) (рис. 7).

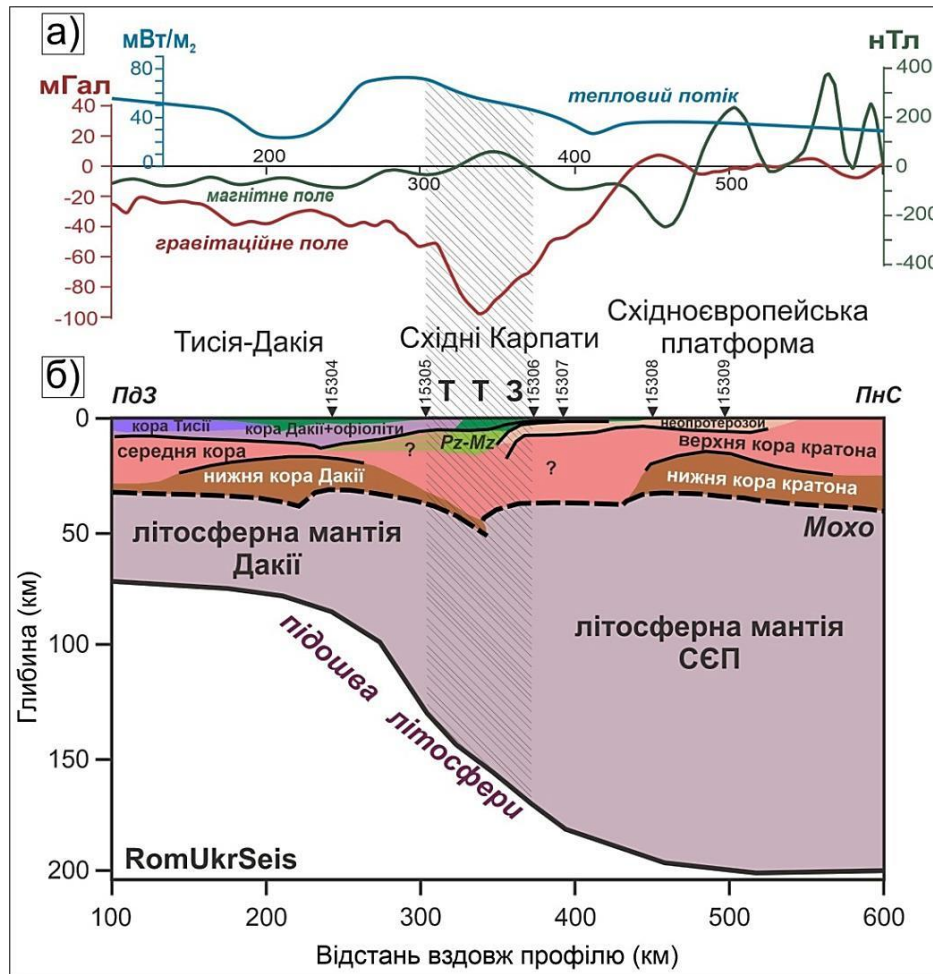


Рис. 7 Геофізичні поля та тепловий потік по профілю RomUkrSeis (а); структура літосфери по профілю та рельєф покрівлі астеносфери за (Horváth et al., 1993; Кутас, 2016) (б). СЄП – Східноєвропейська платформа, ТТЗ – зона Тейсейра-Торнквіста. Штриховка косими лініями відповідає зоні переходу від потужної літосфери СЄП до потоншеної літосфери мікроплити Тися-Дакія.

Потужність літосфери по профілю RomUkrSeis змінюється із заходу на схід від 60 до 200 км. На відстані 220 км по профілю спостерігається поступове потовщення літосфери. В районі 300 км відбувається досить різкий стрибок вниз, після чого літосфера досягає своїх максимальних глибин – до 200 км – під СЄП. У перехідній зоні (штриховка косими лініями на рис. 7) спостерігаються зміни і у геофізичних полях: різка негативна гравітаційна аномалія (-120 мГал); перехід від спокійного до більш диференційованого магнітного поля; зниження теплового потоку в бік СЄП. Зміна потужності літосфери, що спостерігається в межах ТТЗ, свідчить про визначальну роль цієї літосферної границі у розвитку південно-західної окраїни СЄП та формуванні Українських Карпат.

Структура кори і верхньої мантії, виявлена вздовж профілю RomUkrSeis в районі окраїни СЄП характеризується значною латеральною неоднорідністю та складним рельєфом поверхні Мохо; також, можливо, відображає багато різновікових геодинамічних процесів, які брали участь в формуванні та деформації цієї частини кратону від архею до наших днів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено нові результати з глибинної будови літосфери південно-західної країни СЄП, які одержані за профілем глибинного сейсмічного зондування RomUkrSeis з урахуванням геолого-геофізичної інформації.

1. Отримано нові експериментальні дані методом глибинного сейсмічного зондування по профілю RomUkrSeis. Побудовано швидкісну модель за профілем з використанням узагальненого геологічного розрізу на основі геолого-геофізичної інформації про структуру верхніх шарів земної кори. Виконано геолого-тектонічну інтерпретацію швидкісної моделі та побудована інтерпретаційна модель за профілем RomUkrSeis.

2. На швидкісній моделі по профілю на країні СЄП виявлено двошаровий осадовий прогин: верхній до глибини 5 км зі швидкостями повздовжніх хвиль до $\sim 4,9$ км/с входить до складу Карпатської покривно-насувної споруди, нижній – до глибини 15 км зі швидкостями $\sim 5,35$ км/с являє собою палеозойсько-мезозойські відклади. Схожі осадові прогини, але з різною шириною та глибиною, спостерігаються і на інших профілях ГСЗ, які перетинають південно-західну країну СЄП.

Виконано порівняння інтерпретаційної моделі за профілем RomUkrSeis та моделі по профілю СГТ Р-5. Профіль Р-5 більш детально характеризує будову земної кори до глибин 15–20 км. Це дало змогу ідентифікувати на профілі RomUkrSeis Передкарпатський розлом, який збігається з досить різким стрибком швидкості (~ 360 км, в діапазоні глибин ~ 8 –18 км). Обґрунтовано глибинну природу Передкарпатського розлому за профілями RomUkrSeis і PANCAKE та встановлено його просторовий зв'язок зі структурою розділу Мохо.

3. Вперше на швидкісній моделі за профілем RomUkrSeis виявлено знижені швидкості поздовжніх хвиль (6,2–6,3 км/с на глибині від 10 до 40 км), які спостерігаються під осадовим прогином на всю потужність кори на країні СЄП. Понижені значення швидкостей повздовжніх хвиль, геофізичні аномалії та структура кори в цій області можуть свідчити на користь її розуцілення та розтягу.

Кільова структура на границі Мохо (до глибини 50 км) в зоні між Внутрішніми і Зовнішніми Карпатами розділяє кору різної потужності: тоншу 32–35 км під Трансильванським басейном на південному заході і товщу (до 42 км) під СЄП на північному сході. Особливістю структури підкорової мантії в центральній частині профілю, де відбувається зміна її потужності, є наявність на глибині 50–55 км відбиваючої границі, що є аргументом на користь підсуву або субдукції літосфери.

4. Підтверджено, що для швидкісних моделей по профілях ГСЗ, які перетинають південно-західну країну СЄП характерні наступні спільні риси: наявність осадових прогинів на країні платформи; зміна потужності кори на країні платформи; складний рельєф поверхні Мохо. Крім спільних рис за профілем RomUkrSeis виявлено наявність кільової структури на границі Мохо, яка розділяє кору різної потужності.

5. Аналіз сейсмічності з метою дослідження сучасної активності окраїни СЄП показав, що сейсмічність цього регіону визначається як глобальною, так і локальною складовою. Глобальна складова тектонічної активності визначається, насамперед, близькістю потужного Середземноморсько-Альпійсько-Гімалайсько-Трансазійського сейсмоактивного поясу. Локальна складова обумовлена, переважно, активністю регіональних розломних зон. Збіг місцевих землетрусів з зонами, тектонічних порушень свідчить про їх сучасну тектонічну і сейсмічну активність. Практично на всій території південно-західного регіону СЄП відчуються потужні підкорові землетруси із сейсмоактивної зони Вранча в Румунії.

6. Структура кори і верхньої мантії, виявлена вздовж профілю RomUkrSeis в районі окраїни СЄП характеризується значною латеральною неоднорідністю та складним рельєфом поверхні Мохо. Спостерігається суттєве потовщення літосфери в зоні переходу від мікроплит Тися-Дакія та Алькапа до СЄП: від 70 км по RomUkrSeis під Трансильванським басейном та від 60 км по PANCAKE під Панонським басейном до 200 км під платформою. У цій перехідній зоні, яка асоціюється з ТТЗ, відмічені зміни і у геофізичних полях: різка негативна гравітаційна аномалія (–120 мГал); перехід від спокійного до більш диференційованого магнітного поля; зниження теплового потоку в сторону СЄП.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Кендзера О.В., Гурова І.Ю., Амашукелі Т.А., Лісовий Ю.В. Сучасний стан сейсмологічного моніторингу на території України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2003. № 26-27. С. 112–118.
2. Кендзера О.В., Гурова І.Ю., Андрущенко Ю.А., Амашукелі Т.А., Лісовий Ю.В. Землетрус 12.03.2006 року в Житомирській області. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2007. № 41-42. С. 66–69.
3. Гинтов О. Б., Муровская А. В., Егорова Т. П., Вольфман Ю. М., Цветкова Т. А., Бугаенко И.В., Колесникова Е.Е., Островной А. М., Бубняк И. Н., Фарфуляк Л. В., Амашукели Т. А. Глубинная сейсмогенная зона Вранча как индикатор геодинамического процесса. *Геофізичний журнал*. 2015. № 3. С. 22–49. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i3.2015.111101> (*Web of Science*)
4. Пігулевський П.Г., Кендзера О.В., Щербіна С.В., Вербицький С.Т., Шумлянська Л.А., Калініченко О.О., Гурова І.Ю., Ільєнко В.А., Амашукелі Т.А., Чалий О.О. Природа Криворізького землетрусу 29 липня 2017 року. *Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету*. 2017. № 1. С. 92–104.
5. Амашукели Т.А., Муровская А.В., Егорова Т.П., Альохин В. Глубинное строение Добруджи и Преддобруджинского прогиба как отражение

- розвиття Транс-Європейської шовної зони. *Геофізичний журнал*. 2019. № 1. С. 153–171. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158869> (*Web of Science*)
6. Муровська А., Амашукелі Т., Альохін В. Поля напружень та деформаційні режими в межах української частини Східних Карпат за тектонофізичними даними. *Геофізичний журнал*. 2019. № 2. С. 84–98. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164455> (*Web of Science*)
 7. Михайлик І.Ю., Ганиев А.З., Петренко К.В., Амашукелі Т.А. Структура и назначение оборудования сейсмологической станции IRIS KIEV. Программный интерфейс доступа к данным, предоставляемым станцией IRIS KIEV. *Геофізичний журнал*. 2019. № 6. С. 203–212. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190077> (*Web of Science*)
 8. T. Janik, V. Starostenko, P. Aleksandrowski, T. Yegorova, W. Czuba, P. Środa, A. Murovskaya, K. Zajats, K. Kolomiyets, D. Lysynchuk, D. Wójcik, J. Mechie, A. Głuszyński, V. Omelchenko, O. Legostaeva, A. Tolkunov, **T. Amashukeli**, D. Gryn, S. Chulkov. TTZ-South seismic experiment. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2020. № 3. С. 3–13. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i3.2020.204698> (*Web of Science*)
 9. Янік Т., Старостенко В., Александровський П., Єгорова Т., Чуба В., Срьода П., Муровська Г., Заяць Х., Коломієць К., Лисинчук Д., Вуйцик Д., Мечі Д., Глушинські А., Омельченко В., Легостаєва О., Толкунов А., Амашукелі Т., Гринь Д., Чулков С. Сейсмічний експеримент TTZ-SOUTH. *Геофізичний журнал*. 2021. № 2. С. 28–44. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230189> (*Web of Science*)

Статті в закордонних наукових виданнях

10. Starostenko V., Janik T., Mocanu V., Stephenson R., Yegorova T., **Amashukeli T.**, Czuba W., Środa P., Murovskaya A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Okoń J., Dragut A., Omelchenko V., Legostaieva O., Gryn D., Mechie J., Tolkunov A. RomUkrSeis: Seismic model of the crust and upper mantle across the Eastern Carpathians – From the Apuseni Mountains to the Ukrainian Shield. *Tectonophysics*. 794. 2020. 228620. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.228620> (*Scopus, Web of Science, квартиль Q1*)

Тези доповідей і матеріали наукових конференцій

11. Кендзера О.В., Гурова І.Ю., Амашукелі Т.А., Рожок Н.І. Аналіз сучасної сейсмічної активності західної частини Українського щита. *Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища: матеріали наукової конференції до 75-річчя від Дня народження проф. Я.С.Сапужака, Львів, 4–6 жовтня 2006 р., КВ ІГФ НАНУ, С. 32–34.*
12. Кендзера О.В., Гурова І.Ю., Амашукелі Т.А., Лісовий Ю.В. Землетрус 12.03.2006 року в Житомирській області. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Моніторинг небезпечних геологічних процесів та*

- екологічного стану середовища», Київ, 21–24 вересня 2006 р. К.: КНУ ім. Т.Шевченка. 2006. С.42–44.
13. Мироновская Л.В., **Амашукели Т.А.** Геодинамика и сейсмотектоника области сочленения Карпат и Восточноевропейской платформы. *Международная научная конференция «Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму)»*, Ялта, 25–28 сентября 2007 г.
 14. Kendzera A., Lisovoi Yu., Farfuliak L., **Amashukeli T.**, Semenova Y. Lessons for Ukraine about recent strong earthquakes in the world. *International Conference on "Geodynamical Phenomena: From Observations and Experiments to Theory and Modelling"*, Kyiv, September 20-24, 2010. *Геофізичний журнал*. 2010. № 4. С. 60–62.
 15. Кендзера А.В., Лесовой Ю.В., **Амашукели Т.А.**, Семенова Ю.В. Сейсмическая защита в Украине. *Материалы XVI международной конференции «Свойства, структура, динамика и минерогения литосферы Восточно-Европейской платформы»*, Воронеж, 20–24 сентября 2010 г. Том I: А-К. Воронеж: Научная книга, 2010. С. 326–331.
 16. RomUkrSeis Working Group: **T. Amashukeli**, W. Czuba, J. Grzyb, A. Dragut, D. Gryn, T. Janik, K. Kolomiyets, O. Legostaeva, D. Lysynchuk, J. Mechie, V. Mocanu, J. Okon, V. Omelchenko, V. Starostenko, R. Stephenson, P. Sroda, & M. Trzeciak. The RomUkrSeis wide-angle seismic profile: preliminary results. *Abstract Volume 17 International SEISMIX Symposium «Seismology at the crossroads»*. Aviemore, Scotland, 15–20 May 2016.
 17. RomUkrSeis Working_Group: **T. Amashukeli**, W. Czuba, A. Dragut, D. Gryn, T. Janik, K. Kolomiyets, O. Legostaeva, D. Lysynchuk, J. Mechie, V. Mocanu, J. Okoń, V. Omelchenko, T. Skrzynik, V. Starostenko, R. Stephenson, P. Środa, T. Yegorova. RomUkrSeis: the deep structure of the TESZ where it is obscured by the Eastern Carpathians. *Book of abstracts 18 International SEISMIX Symposium «Seismology between the Poles»*. Cracow, Poland, 17–22 June 2018.
 18. Starostenko V., Janik T., Mocanu V., Stephenson R., Yegorova T., **Amashukeli T.**, Czuba W., 'Sroda P., Murovskaya A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Oko'n J., Dragut A., Omelchenko V., Legostaeva O., Gryn D., Mechie J., Tolkunov A. Seismic model of the crust and upper mantle across the Eastern Carpathians – from the Apuseni Mountains to the Ukrainian Shield. *The General Assembly 2019 of the European Geosciences Union (EGU)*, Vienna, Austria, 7–12 April 2019. *Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU2019-5419-2*, 2019.
 19. Murovskaya A., **Amashukeli T.**, Yegorova T., Bezuhlyi R., Verpakhovska A., Nakapelukh M. The main features of the lithosphere structure along the PANCAKE profile in the context of geodynamics of the Carpathian-Pannonian region. *XVIIIth International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects"*. Kyiv, Ukraine, 13–16 May 2019. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902092> (*Scopus*)
 20. Janik T., Starostenko V., Aleksandrowski P, Yegorova T., Czuba W., Środa P., Murovskaya A., Zajats Kh., Głuszyński A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Legostaieva O., Mechie J., Tolkunov A.,

- Amashukeli T.**, Gryn' D., Chulkov S. The transition of the East European cratonic lithosphere to that of the Palaeozoic collage of the Trans-European Suture Zone as depicted on the TTZ-South deep seismic profile (SE Poland to NW Ukraine). *EGU General Assembly 2020*. EGU2020-7687. Online 4–8 May 2020. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-7687>
21. Janik T., Starostenko V., Aleksandrowski P., Yegorova T., Czuba W., Środa P., Murovskaya A., Zajats K., Głuszyński A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Legostaieva O., Mechie J., Tolkunov A., **Amashukeli T.**, Gryn' D., Chulkov S. TTZ-South seismic profile reveals the lithospheric structure along the SW border of the East European Craton in SE Poland and NW Ukraine. *Abstracts of SEISMIX 2020 – 19th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents and their Margins*. Perth, Australia, 15–20 March 2020.

АНОТАЦІЯ

Амашукелі Т.А. Структура літосфери південно-західної країни Східноєвропейської платформи за новітніми профілями ГСЗ. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.22–геофізика (103 – Науки про Землю). – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота виконана з метою дослідження структури літосфери південно-західної країни Східноєвропейської платформи на основі експериментальних сейсмічних даних отриманих методом глибинного сейсмічного зондування по профілю RomUkrSeis. З використанням узагальненого геологічного розрізу на основі геолого-геофізичної інформації про структуру верхніх шарів земної кори в районі профілю побудовано швидкісну та інтерпретаційну моделі за профілем RomUkrSeis.

На швидкісній моделі за профілем RomUkrSeis на країні СЄП виявлено двошаровий осадовий прогин: верхній шар до глибини 5 км зі швидкостями повздовжніх хвиль до $\sim 4,9$ км/с представляє Карпатську покривно-насувну споруду, нижній – до глибини 15 км зі швидкостями $\sim 5,35$ км/с відповідає палеозой-мезозойським відкладам. Схожі осадові прогини, але з різною шириною та глибиною спостерігаються і на інших профілях ГСЗ, які перетинають південно-західну країну СЄП. Вперше на швидкісній моделі по профілю RomUkrSeis виявлено зони знижених швидкостей поширення повздовжніх хвиль (6,2–6,3 км/с на глибині від 10 до 40 км), які спостерігаються під осадовим прогином на всю потужність кори на країні СЄП. Підтверджено, що для швидкісних моделей за профілями ГСЗ, які перетинають країну СЄП, характерні наступні спільні риси: наявність осадових прогинів на країні платформи; зміна потужності кори на країні платформи; складний рельєф Мохо. Крім спільних рис за профілем RomUkrSeis виявлено наявність кільцевої структури на границі Мохо, яка розділяє кору різної потужності.

Ключові слова: літосфера, земна кора, мантія, Східноєвропейська платформа, профіль глибинного сейсмічного зондування, сейсмічна швидкість.

АННОТАЦИЯ

Амашукели Т.А. Структура литосферы юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы по новейшим профилям ГСЗ. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.22–геофизика (103 – Науки о Земле). – Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, 2021.

Диссертационная работа выполнена с целью исследования структуры литосферы юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы на основе экспериментальных сейсмических данных, полученных методом глубинного сейсмического зондирования по профилю RomUkrSeis. С использованием обобщенного геологического разреза на основе геолого-геофизической информации о структуре верхних слоев земной коры в районе профиля построена скоростная и интерпретационная модель по профилю RomUkrSeis.

На скоростной модели по профилю на окраине ВЕП обнаружен осадочный прогиб, который состоит из двух скоростных слоев: верхний слой до глубины 5 км со скоростями до ~ 4,9 км/с соответствует Карпатскому покровно-надвиговому сооружению, нижний – до глубины 15 км со скоростями ~ 5,35 км/с представляет палеозой-мезозойские отложения. Похожие осадочные прогибы, но с разной шириной и глубиной наблюдаются и на других профилях ГСЗ, которые пересекают юго-западную окраину ВЕП. Впервые на скоростной модели по профилю RomUkrSeis обнаружены зоны сниженных скоростей распространения продольных волн (6,2–6,3 км/с на глубине от 10 до 40 км), которые наблюдаются под осадочным прогибом на всю мощность коры на окраине ВЕП. Подтверждено, что для скоростных моделей по профилям ГСЗ, которые пересекают юго-западную окраину ВЕП, характерны следующие общие черты: наличие осадочных прогибов на окраине платформы; изменение мощности коры на окраине платформы; сложный рельеф Мохо. Кроме общих черт по профилю RomUkrSeis выявлено наличие килевой структуры на границе Мохо, которая разделяет кору различной мощности.

Ключевые слова: литосфера, земная кора, мантия, Восточно-Европейская платформа, профиль глубинного сейсмического зондирования, сейсмическая скорость.

ABSTRACT

Amashukeli T.A. The structure of the lithosphere of the south-western margin of the East European Platform according to the wide-angle deep seismic soundings profiles. – Manuscript.

The thesis for the degree of Candidate of Geological Sciences, specialty 04.00.22 – Geophysics (103 – Earth Sciences). – Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2021.

The thesis is performed to obtain the deep structure of the lithosphere of the south-western margin of the Eastern European Platform on the basis of experimental seismic data obtained from wide-angle reflection and refraction RomUkrSeis profile. The results, based on techniques of controlled-source WARR seismic data acquisition and

interpretation, add new constraints to the existing geophysical data set of the area and have contributed to a better understanding of the structure of the lithosphere of the south-western margin of EEP. The seismic data modelling was done by trial-and-error using the 2-D ray-tracing SEIS83 package with the graphical user interfaces MODEL and ZPLOT. P-wave velocity model was prepared using existing geological and geophysical information about the structure of the uppermost crust. According to velocity model was prepared the interpretation model of the RomUkrSeis profile.

The most striking element of the velocity model along the profile on the margin of the EEP is a sedimentary basin consisting of two velocity layers: the upper layer – 5 km deep with P-wave velocities of ~ 4.9 km/s takes part in the Carpathian orogeny; the underlying layer – 15 km deep with P-wave velocities of ~ 5.35 km/s represents Paleozoic-Mesozoic sediments; this sedimentary basin has a width of ~ 40 km and dips at about 40 degrees to the southwest. Similar sedimentary basins, but with different width and depth, are observed on other WARR profiles, which cross the south-western margin of the EEP. The deep nature of the Fore-Carpathian Fault (the most pronounced fault of the south-western margin of the EEP) is substantiated on the RomUkrSeis and PANCAKE profiles and its spatial connection with the structure of the Moho is established.

The south-western margin of the EEP on the RomUkrSeis velocity profile exhibits reduced P-wave velocities (from 6.2 to 6.3 km/s at a depth of 10 to 40 km), which are observed under the sedimentary basin at the all thickness of the crust. At km 360, V_p 6.3 km/s, occurs immediately above the Moho. The 6.20 km/s isoline is also significantly deepened on south-western margin of the EEP. Such reduced P-wave velocities and changes of geophysical fields in this area may indicate that the crystalline crust has been extended here.

The geometry of the Moho within south-western margin of the EEP of the profile is profoundly variable, displaying a narrow keel dipping northeast on its southwestern side and almost vertical on its northeastern side. The maximum Moho depth at the apex of this keel is about 50 km and is the greatest Moho depth observed along the RomUkrSeis profile as a whole. The keel structure on the Moho (up to a depth of 50 km) in the area between the Inner and Outer Carpathians divides the crust of different thickness: 32–35 km under the younger area to the south-west and up to 42 km below the platform to the north-east. An upper mantle reflector is observed at 50–55 km depth and change in mantle thickness is observed on this part of profile too.

There are a number of common features for velocity models crossing south-western margin of the EEP: sedimentary basins of different ages, depths and widths, located on the margin of the EEP; generally low velocity crust; significant changes in Moho depth beneath the margin of the EEP; profoundly variable geometry of the Moho (a keel structure on the Moho boundary on some profiles, in particular on the RomUkrSeis profile).

The structure of the crust and upper mantle revealed along the RomUkrSeis profile echoes many disparate geodynamic processes involved in its formation and deformation of this part of the EEP from the Archaean through to the present-day. It is characterized by significant lateral heterogeneity, as well as by complex Moho topography. There is a significant thickening of the lithosphere in the transition zone from the Tisza-Dacia and

Alcapa to EEP: from 70 km along RomUkrSeis under the Transylvanian Basin and from 60 km along PANCAKE under the Pannonian Basin to 200 km below the platform. In this transition zone, which is associated with TTZ, changes are also observed in geophysical fields: strongly negative gravity anomaly (less than -120 mGal); transition from quiescent to more differentiated magnetic field; reduction of heat flow towards EEP.

Key words: lithosphere, Earth's crust, mantle, Eastern European Platform, wide-angle reflection and refraction profile, seismic velocity.