

Глибинна будова та тектоніка Південноукраїнської монокліналі в зоні зчленування Східноєвропейської платформи та Скіфської плити (за гравіметричними даними)

М.В. Козленко, Ю.В. Козленко, 2023

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 9 лютого 2023 р.

З метою дослідження глибинної будови і тектоніки центральної частини Південноукраїнської монокліналі (ПУМ) виконано детальні дослідження цієї структури вздовж 9 гравіметричних профілів. Показано, що на частині ПУМ, яка належить до південної окраїни Східноєвропейської платформи (СЄП), кора розколота на окремі блоки з різними характеристиками. Консолідована кора Скіфської плити (СП) у межах ПУМ унаслідок тектонічних активізацій зазнала значних змін й суттєвих ускладнень її структури. Розподіл на ділянки з різними густинними характеристиками кори СЄП і СП не збігається, отже, розвиток плити не є повністю успадкованим від платформи. Отримані результати, зіставлені з даними інших дослідників Придобруджі та Криму, показують, що північно-західний шельф є проміжною ланкою між цими терейнами. На підставі проведеного моделювання за гіпсометрією поверхні другого шару кори побудовано тектонічну схему району досліджень, яка показала, що південний край платформи зазнав досить незначних перетворень, які виявилися у виникненні витягнутої вздовж межі СЄП/СП системи внутрішньо- та крізькорових горстів і грабенів, розділеної субширотними розломами на три блоки з різними параметрами. На північній окраїні СП у межах ПУМ в корі, крім грабенів і горстів, відзначено також прогини та підняття з граничними розломами без вертикальних зсувів по них. У межах частини ПУМ, яка належить до СП, виділено ділянки гетерогенно-гетерохронної будови кори байкальської, герцинської та кімерійської генерацій. Визначено, що система Голіцинських розломів та північний борт Каркінітського прогину зазнали подальшої перебудови під час альпійської фази тектогенезу. В порядку дискусії запропоновано та обґрунтовано результатами проведених досліджень і наявною геолого-геофізичною інформацією варіант сценарію виникнення СП, заснований на мобілістських уявленнях.

Ключові слова: Південноукраїнська монокліналь, Східноєвропейська платформа, Скіфська плита, густинне моделювання, глибинна будова, тектоніка.

Оскільки донедавна переважала біогенна теорія утворення вуглеводнів, пошукові роботи були обмежені осадовим чохлам. У межах північно-західного шельфу Чорного моря налічується лише 15 свердловин, які розкрили породи фундаменту віком від

силуру до юри. Свердловини завглибшки понад 5 км взагалі відсутні, для інтервалу глибин 3—5 км одна свердловина припадає на 7100 км² [Гожик та ін., 2007].

Водночас північно-західний шельф досить густо покритий сейсмічним профі-

Citation: Kozlenko, M. V., & Kozlenko, Yu. V. (2023). Deep structure and tectonics of the South Ukrainian monocline in the zone of juncture of the East European platform and the Scythian plate (according to gravimetric data). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 45(3), 103—125. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i3.282419>.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

люванням — на 2007 р. щільність профілів становила 2,7 пог. км на 1 км² [Гожик та ін., 2007], а до 2011 р. додалося ще 8872 пог. км [Nikishin et al., 2015]. Але ці профілі ви-

конані методами МЗГТ і КМЗХ, які дають інформацію про будову осадового чохла і не відбивають структуру консолідованих порід. До того ж, згідно з монографією [Го-

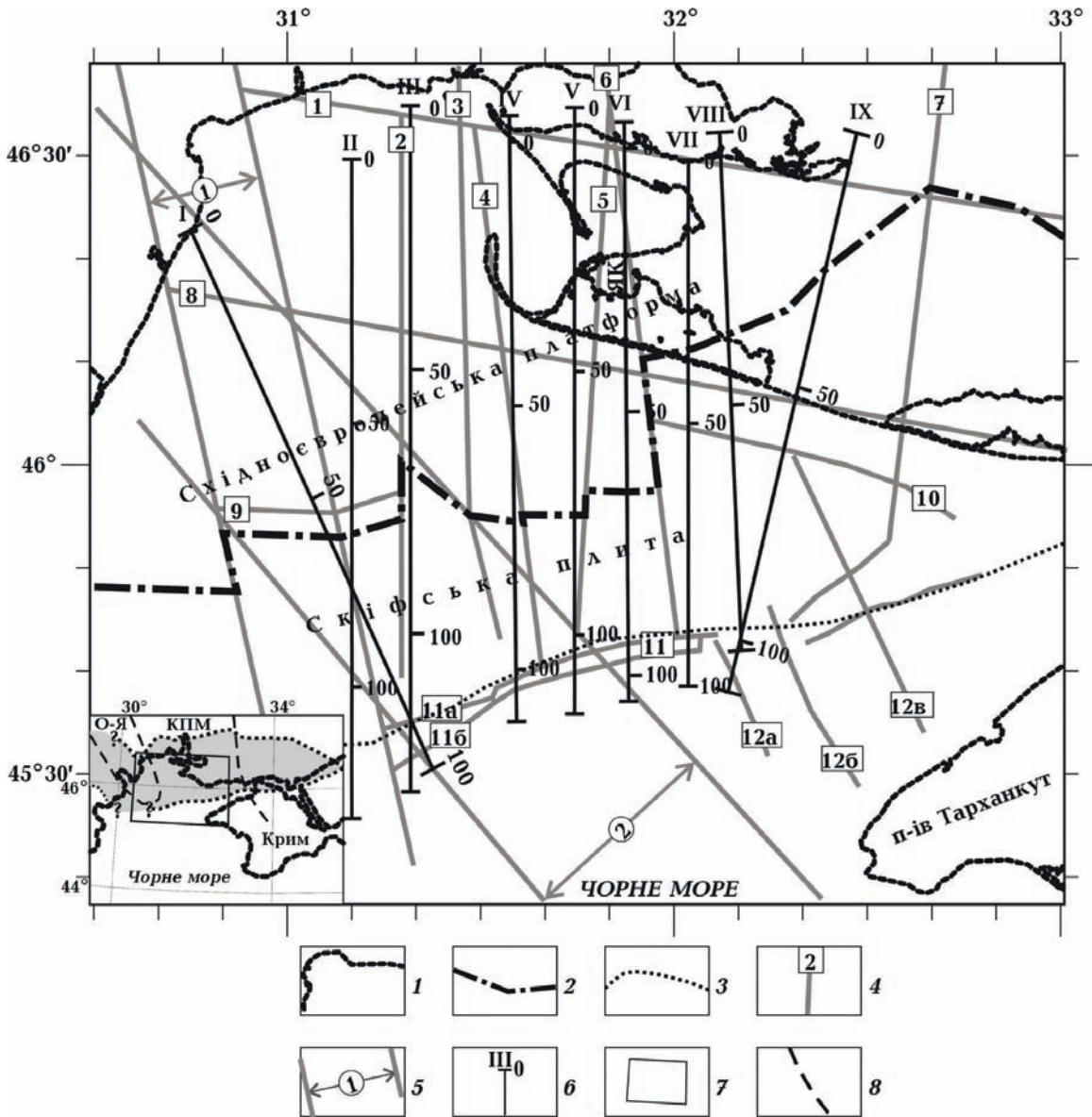


Рис. 1. Схема основних тектонічних елементів району досліджень: 1 — берегова лінія; 2 — кордон Східноєвропейської платформи та Скіфської плити, за [Козленко, Козленко, 2022]; 3 — межа Південноукраїнської моноклінали за [Гордиенко и др., 2018]; 4 — розломи за літературними даними [Гаркаленко, 1970; Гильман, Носовский, 1971; Безверхов, 1988; Тектоника..., 1988а; Котляр, Верховцев, 2009; Гожик та ін., 2010; Козленко, Козленко, 2022]: 1 — Очаковсько-Ачуївський, 2 — Карабуський, 3 — Березанський, 4 — Очаківський, 5 — Ягорлицький, 6 — Миколаївський, 7 — Центрально-Причорноморський, 8 — Одесько-Темрюкський, 9 — Переддобрудзько-Каркінітський, 10 — Притендрівський, 11 — Голіцинська система розломів (а — Північно-, б — Південно-Голіцинський розломи), 12 — розломи по поверхні фундаменту, за [Коморный, 2004]; 5 — розломні зони: 1 — Одеська, 2 — Головна Чорноморська, за [Котляр, Верховцев, 2009] (Одесько-Синопська, за [Старостенко и др., 2010]); 6 — положення модельних профілів. ЯК — півострів Ягорлицький Кут. На врізці: 7 — район досліджень; 8 — межі ранньопротерозойських структур, за [Сологуб и др., 1987]; О-Я — Одесько-Ядловська геосинклінальна зона, КПМ — Кіровоградський протоплатформний масив.

жик та ін., 2007], інтерпретація сейсмічних даних не завжди підтверджується результатами буріння (табл. 1).

Глибинна будова північно-західного шельфу вивчена лише двома профілями ГСЗ (№ 25, 26), що зовсім недостатньо для такого складного району, як зона зчленування СЄП і Скіфської плити (СП). За результатами інтерпретації даних сейсмічних зйомок побудовано схеми будови гетерогенного фундаменту з областями розповсюдження гетерохронних комплексів порід [Соллогуб і др., 1987], а також поверхні Мохо [Строение..., 1989]. При цьому в першій із цих монографій, присвяченій тектоніці шельфу України, зазначено, що уявлення про вік та структуру складчастих комплексів може бути лише приблизним через брак даних.

Вказані публікації дали загальне уявлення про регіональні особливості земної кори ПУМ. У цій статті наведено результати детальних досліджень глибинної будови центральної частини згаданої структури за мережею гравіметричних профілів з відстанню між ними в середньому 12 км і з кроком вздовж профілю 2—5 км.

Основа досліджень була закладена в роботі з визначення положення кордону

СЄП та СП на північно-західному шельфі Чорного моря — було побудовано моделі вздовж шести профілів — I, III, IV, VI, VIII і IX (рис. 1) [Козленко, Козленко, 2022]. Як виявилось, стик СЄП і СП має зигзагоподібне простягання, зміщуючись за довготою вздовж деяких субмеридіональних розломів. З огляду на те, що будова кори по обидва боки від подібних порушень може бути різною, було виконано додаткове моделювання вздовж трьох профілів (II, V і VII). Крім того, частину розрізів (III, IV і VI) для більшого охоплення району досліджень було продовжено у північному напрямку на відстань 45 км, майже до берегової лінії.

Результати густинного моделювання показали, що денудована поверхня фундаменту центральної частини ПУМ приховує зону контакту СЄП і СП [Козленко, Козленко, 2022]. Південна межа ПУМ до сьогодні повністю не встановлена. У центрі досліджуваного регіону за конфігурацією осадових шарів вона збігається з Північно-Голіцинським розломом. Проте це порушення простежується не скрізь у районі робіт, тому всі моделі для надійності охоплення були продовжені на південь до північного крила Каркінітського прогину.

Т а б л и ц я 1. Зіставлення даних сейсморозвідки та буріння за [Гожик та ін., 2007]

Свердловина	Сейсмічні дані	Дані буріння
Гамбурцева-2	3400 м — поверхня К ₁	зупинена на 3505 м в К ₂
Десантна-1	3100 м — поверхня J	2600 м — поверхня J
Каркінітська-2	3970 м — підшва К ₁	3902 м — підшва К ₁
Федорівська-1	2780 м — поверхня J	2882 м — поверхня К ₁
Флангова-2	3350 м — К ₂ /Pr	3300 м — К ₂ /К ₁

Fig. 1. Scheme of the main tectonic elements of southwestern Ukraine: 1 — coastline; 2 — the boundary of the East European platform and the Scythian plate according to [Kozlenko, Kozlenko, 2022]; 3 — the boundary of the South Ukrainian monocline according to [Ghordienko et al., 2018]; 4 — faults according to literary data [Gharkalenko, 1970; Gilkman, Nosovsky, 1971; Bezverkhov, 1988; Tectonics..., 1988a; Kotlyar, Verkhovtsev, 2009; Gozyk et al., 2010; Kozlenko, Kozlenko, 2022]: 1 — Ochakivsko-Achuiivsky, 2 — Karabusky, 3 — Berezhansky, 4 — Ochakivsky, 5 — Yavorlytsky, 6 — Mykolayivsky, 7 — Central'no-Prychornomorsky, 8 — Odesko-Temryuksky, 9 — Pereddobrudzko-Karkinitzky, 10 — Prytendrivsky, 11 — Golitsyn fault system (a — North, b — South-Holitsyn faults), 12 — faults on the surface of the basement according to [Komorny, 2004]; 5 — fault zones: 1 — Odesky, 2 — Main Chornomorsky according to [Kotlyar, Verkhovtsev, 2009] (Odesko-Synopsky according to [Starostenko et al., 2010]); 6 — position of model profiles. ЯК — Yavorlytsky Kut peninsula. On the insert: 7 — research area on the inset; 8 — boundaries of early Proterozoic structures according to [Sollogub et al., 1987]: О-Я — Odessa-Yadlov geosynclinal zone, КПМ — Kirovohrad proto-platform massif.

Осадовий чохол доволі добре вивчений сейсморозвідкою, тому були обчислені зміни параметрів виключно фундаменту. В результаті підбору конфігурацій всіх поверхонь шарів консолідованої частини кори від подошви осадово-метаморфічної основи до поверхні мантиї була досягнута різниця між спостереженими і модельними значеннями аномалій поля сили тяжіння у вільному повітрі $\pm 2,5$ мГал, що дає можливість упевнено визначити будову літосфери та виявити розміщення розломів у фундаменті досліджуваного регіону.

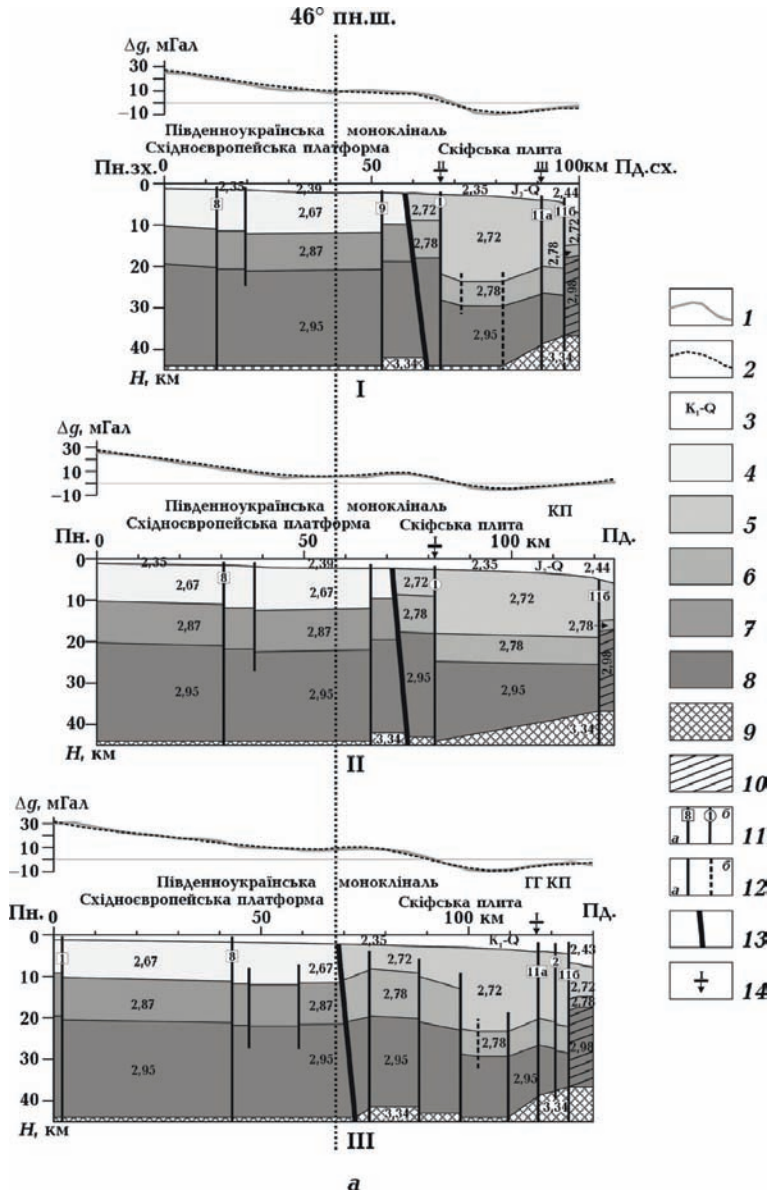
Будова літосфери досліджуваного регіону за даними 2D густинного моделювання. Згладжена поверхня консолідованої кори, визначена зйомками МЗГТ, не несе інформації про структуру літосфери, тому уявлення про глибинну будову регіону може дати лише геофізичне моделювання, в тому числі густинне. Результати проведених цим методом досліджень показали, що особливості будови кори найкраще виявляються у характеристиках середньої кори. Тому необхідно уточнити, що терміни «підняття», «западина», «горст», «грабен», які зазвичай застосовують для поверхневих утворень, у цій статті використано для глибинних об'єктів усередині кори.

Центральна частина ПУМ залягає одночасно на двох гетерогенно-гетерохронних мегаструктурах — Східноєвропейській платформі та Скіфській плиті.

Як відомо, активна фаза розвитку СЄП закінчилась у пізньокарельську тектонічну епоху до середини протерозою [Хаин, 1977]. Унаслідок сформувалася тришарова кристалічна кора континентального типу, що складається з гранітів, діоритів і габ-

ро. Згідно з класичною схемою еволюції цього регіону, СП почала формуватися в результаті закладення геосинклінальних систем у байкальську фазу тектогенезу. Тому за будовою літосфери СП суттєво відрізняється від СЄП наявністю осадово-метаморфічного шару досить великої потужності. Отже, кристалічна кора СП складається з двох шарів — гранодіоритів і габро. У цілому її структура формувалася за умов переважаючих диференційованих низхідних рухів. У межах прогинів, що розвивалися, формувалися зони підняття і окремі виступи [Богаец и др., 1986].

Будова літосфери району досліджень в



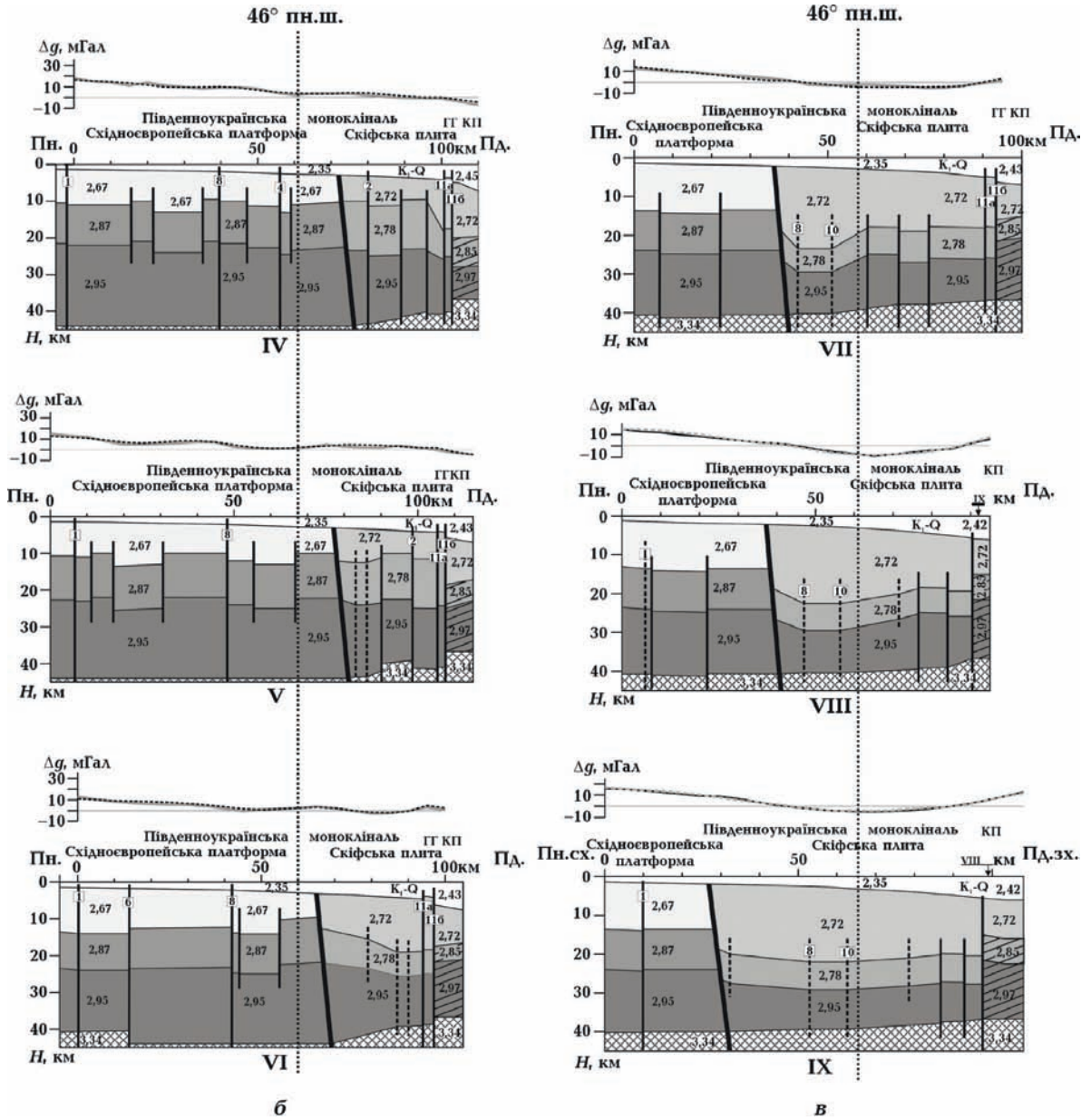


Рис. 2. Густинні розрізи за модельними профілями з відповідними аномаліями гравітаційного поля. Цифри — значення середньопластових густин, $г/см^3$. ГГ — Голцінський горст, КП - Каркінітський прогин. 1 — спостережена аномалія поля сили тяжіння у вільному повітрі; 2 — модельна аномалія; 3 — осадовий чохол із позначенням віку відкладів; 4 — граніти; 5 — осадово-метаморфічна основа Скіфської плити; 6 — гранодіорити; 7 — діорити; 8 — габро; 9 — верхня мантія; 10 — редукована кора в основі Каркінітського прогину; 11 — тектонічні порушення за літературними даними (назви див. на рис. 1): а — розломи; б — межі розломних зон; 12 — розломи, визначені за результатами досліджень: а — з вертикальним зсувом; б — без нього; 13 — кордон Східноєвропейської платформи та Скіфської плити; 14 — місця перегинів з іншими профілями.

Fig. 2. Density sections according to model profiles with corresponding gravity field anomalies. The numbers are values of average layer densities, g/cm^3 . ГГ — Golitsynsky horst, КП — Karkinitsky depression. 1 — observed gravity field anomaly in free air; 2 — model anomaly; 3 — sedimentary cover with indication of the age of deposits; 4 — granites; 5 — sedimentary-metamorphic base of the Scythian plate; 6 — granodiorites; 7 — diorites; 8 — gabbro; 9 — upper mantle; 10 — reduced crust at the base of the Karkinitsky depression; 11 — tectonic disturbances according to literature data (names see Fig. 1): a — faults; б — boundaries of fault zones; 12 — faults determined by research results: a — with vertical displacement; б — without it; 13 — border of the East European platform and the Scythian plate; 14 — intersections with other profiles.

загальних рисах подібна на всіх моделях (рис. 2) — чітко розрізняються блоки СЄП з класичною тришаровою континентальною корою та СП, на якій, за даними моделювання, гранітний та діоритовий поверхи виявилися редукованими до єдиного гранодіоритового. Виникнення двошарової кристалічної кори пояснюється тим, що під дією мантіїних флюїдів в результаті утворення в породах гранату відбуваються ущільнення та стоншення континентальної літосфери, що викликає занурення кори з виникненням потужного осадового басейну [Артюшков и др., 2013], з якого згодом формується осадово-метаморфічна товща.

За даними моделювання, фундамент СЄП має досить просту будову — поверхні шарів горизонтальні або слабонахилені, перепади по контактах блоків не перевищують 2,5 км. Структура СП набагато складніша — кути нахилу поверхонь кори змінюються в широких межах, величина скидів по розломах сягає 13 км. Виходячи з указаної різниці параметрів СЄП та СП будову кори північної та південної частин ПУМ, які належать до цих мегаструктур, розглянуто окремо.

Частина ПУМ, що належить до Східноєвропейської платформи. Уздовж усього південного краю СЄП на кожній з моделей виділяється межовий (граничний) блок, в якому діоритовий шар піднятий відносно передмежової ділянки, яка примикає до нього з півночі (рис. 2). Але характеристики цих блоків відрізняються для різних сегментів ПУМ, межі яких контролюються субмеридіональними розломами, положення яких показано на рис. 1. Найбільш загальновідомими та значущими у тектонічному плані є диз'юнктиви Одеський та Миколаївський. В результаті визначення простягання межі СЄП і СП [Козленко, Козленко, 2022] було з'ясовано, що істотну роль у структурному відношенні відіграє також розлом уздовж $32^{\circ}18'$ сх.д. (2 на рис. 1). Він виділений у публікації [Гилькман, Носовский, 1971] під назвою Очаківського, але згодом це найменування закріпилося за іншим порушенням (4 на рис. 1). Тому автори пропонують назвати

його за йменням лимана, до якого він приурочений — Карабуським. Іншим структуроутворюючим елементом (5 на рис. 1) є виділене авторами за гравіметричними даними порушення між Очаківським та Миколаївським диз'юнктивами [Козленко, Козленко, 2022]. Воно проходить через пів Ягорлицький Кут, тому пропонується надати йому назву Ягорлицький розлом.

У межах західного, *Одесько-Карабуського сегмента* (профілі I та II) у граничному блоці підняті не тільки діоритовий шар, а й подошва кори, тобто на цій ділянці це підняття проявляється як трансоровий горст. У *Карабусько-Миколаївському сегменті* (профілі III—VI) покривля мантії залягає на одній глибині на всій південній окраїні СЄП, тобто гіпсометрія поверхонь змінюється лише в межах фундаменту. Отже, граничний горст є внутрішньокоровим. Східний, *Миколаївсько-Причорноморський сегмент*, як і західний, відрізняється зануренням подошви кори вздовж північного краю граничного блока, але характер залягання цієї поверхні на профілях VII і VIII вказує на існування не граничного горсту, а передмежового крізькорового грабену, представленого на моделі вздовж профілю IX тільки південним краєм.

За характером розломоутворення *Карабусько-Очаківський* (модель вздовж профілю III) *сегмент* подібний до західного (моделі вздовж профілів I, II) — на північ від передмежової ділянки діоритовий шар східчасто піднімається у бік УЩ. В *Очаківсько-Миколаївському сегменті* (моделі вздовж профілів IV—VI) фундамент СЄП більш роздроблений розломами. Складний характер перебігу тектонічних процесів у цьому районі зумовив виникнення клавійної структури з чергуванням внутрішньокорових горстів і грабенів. При цьому будова кори ускладнюється в напрямку зі сходу на захід. У *Миколаївсько-Причорноморському сегменті* через різкий зсув межі СЄП/СП на північ моделювання охоплено лише край платформи, будова кори якого нагадує граничні та передмежові ділянки інших сегментів.

Поверхня мантії на захід від Миколаїв-

ського розлому залягає загалом на глибині 44 км, на схід — 41 км. Таку різницю добре видно на профілі VI, який перетинає це порушення.

Отже, моделювання показало, що на південній окраїні СЄП фундамент розколотий на окремі блоки, у кожному з яких гіпсометрія поверхонь шарів консолидованої кори має різні характеристики.

Частина ПУМ, що належить до Скіфської плити. Переробка кори внаслідок байкальської тектонічної активізації привела до значних змін і суттєвих ускладнень структури літосфери СП.

Оскільки модель вздовж профілю I перетинає досліджувану область по діагоналі, найбільш західним на СП є профіль II (рис. 1).

На відміну від СЄП, у межах СП на всіх моделях структура кори відрізняється від інших, тільки дві останні моделі можна об'єднати в блок за подібною будовою кори. Суттєві відмінності у моделях виявлено навіть у поділі кора/мантія — найбільш стабільному елементі для СЄП. Для моделей *Одесько-Карабуського* (профілі I та II) та *Ягорлицько-Причорноморського* (профілі VI—IX) сегментів визначено спільну тенденцію — піднімання поверхні мантії у південному напрямку до блока редукованої кори під Каркінітським прогином. Водночас у центрі району (*Карабусько-Ягорлицький сегмент* — профілі III—V) подошва кори має складний, клавішний характер із ділянками горизонтального залягання.

Втім навіть у межах сегментів структура кори не витримується за простяганням.

Одесько-Карабуський сегмент: на моделі вздовж профілю II (на крайньому заході) спостерігається найпростіша будова консолидованої кори — вузька, піднята на всю глибину, гранична ділянка та великий відрізок, де занурений гранодіоритовий шар залягає моноклінально; проте східніше, на профілі I, піднятий граничний блок вже не виділяється по поверхні мантії, а моноклінальна частина перетворюється на двобічний прогин, обмежений з півдня Північно-Голіцинським розломом.

Карабусько-Очаківський сегмент: на моделі вздовж профілю III фундамент північної частини СП являє собою складно побудований антиклінорій і прогин, що примикає до нього з півдня; на моделі вздовж профілю IV виявлено зовсім іншу будову кори — поділ на чотири приблизно однакові ділянки — два горсти, розділені грабеном, та різке занурення гранодіоритового шару до Північно-Голіцинського розлому.

Очаківсько-Ягорлицький та Ягорлицько-Миколаївський сегменти схарактеризовані однією моделлю кожен, вздовж профілів V і VI відповідно. Будова кори в них відрізняється як одна від одної, так і від сусідніх профілів. У моделі вздовж профілю V граничний із СЄП прогин і розташований на північ від Голіцинського горсту грабен розділені чітко вираженим горстом. На моделі вздовж профілю VI фіксується практично односторонній прогин, що займає весь простір від межі із СЄП до Голіцинського горсту.

Миколаївсько-Причорноморський сегмент. На моделі по профілю VII структура кори відрізняється від двох інших моделей (профілі VIII—IX) великою кількістю блоків. Але у цьому сегменті, на відміну від інших, можна простежити латеральну закономірність зміни будови кори. Прогин, осьова зона якого визначається розломами 8 і 10 (див. рис. 1), розширюється і виходить із заходу (профіль VII) на схід (профіль IX). До нього з півдня прилягає горст, сполучений з грабеном, які послідовно зміщуються у південному напрямку.

Таким чином, проведене моделювання показало, що структурні характеристики кори СП не цілком узгоджуються з розподілом на ділянки субмеридіональними розломами платформи. Це засвідчує, що розвиток плити не є повністю успадкованим від СЄП.

Характерна відмінність СП від СЄП — наявність осадово-метаморфічного комплексу, який є складчастою основою осадочного чохла. Формування цієї товщі безпосередньо пов'язано з просіданням фундаменту під час перебудови кори, тому його величина є індикатором інтенсив-

ності процесів на кожній окремій ділянці досліджуваної території. Нерівномірність перебігу тектонічної активності добре простежується за зміною глибини опускання поверхні кристалічних порід Скіфської плити в граничному блоці із СЄП. На густинних моделях цей параметр збільшується із заходу на схід. Між Одеським та Миколаївським розломами його значення змінюються від 9,0 до 12,5 км, а на схід від останнього диз'юнктиву сягають 18,5 км. Отримані результати доповнюють дані інших дослідників. Так, у Придобруджі сейсмічними записами занурення кристалічної кори вздовж межі СЄП та СП простежується до глибини 5—6 км [Мельниченко, Шафранська, 2010; Евдошук и др., 2014], а в рівнинному Криму основа байкалід залягає на глибині 15—20 км [Плахотный, 1988а]. Отже, за результатами досліджень північно-західний шельф є проміжною ланкою між структурами Придобруджі та Криму.

Тектонічна будова кристалічної кори центральної частини Південноукраїнської моноклінали. На отриманих у результаті моделювання густинних розрізах було виділено блоки земної кори, межі яких контролюються розломами. Досить густа мережа профілів дала змогу шляхом інтерполяції між розрізами створити тектонічну схему досліджуваної області (рис. 3). За індикатор структури прийнято глибини залягання поверхні другого шару консолідованої кори (діоритового у межах СЄП та гранодіоритового на СП), тому що покрівля верхнього шару згладжена денудацією і не несе інформації про глибинну будову, а поверхні другого та третього шарів конформні.

На схемі чітко видно, що будови СЄП і СП у межах центральної частини ПУМ різко відмінні.

Частина ПУМ, що відноситься до Східноєвропейської платформи. Згідно з даними геолого-геофізичних досліджень, у міру наближення до південної межі СЄП відзначається наростання інтенсивності роздробленості давнього фундаменту; в пришовній зоні зростає амплітуда зміщень

по субмеридіональних порушеннях, збільшується кількість субширотних розломів, які у деяких випадках є структурним обмеженням вузьких занурень кори [Тектоника..., 1988б]. Встановлено, що у Переддобрудзькому прогині на краю з СЄП у пізньому протерозої активізувалася розломна динаміка рифтогенної кінематики, що обумовило розвиток систем грабенів. За непрямыми даними, тектонічна обстановка граничної зони СЄП і СП продовжується на схід від Західного Причорномор'я на північно-західний шельф Чорного моря [Евдошук и др., 2014]. Результати моделювання підтверджують такі висновки: уздовж південної межі СЄП майже паралельно їй у кристалічній корі простежується система грабенів, розділена субмеридіональними розломами на три блоки з різними параметрами.

Перший з грабенів, що знаходиться в межах *Одесько-Карабуського сегмента*, розташований приблизно за 5 км від межі СЄП і СП, на досліджуваній акваторії його ширина зменшується із заходу на схід. З півдня він обмежений Переддобрудзько-Каркінітським розломом, який змінює простягання на перетині зі східним краєм Одеської зони розломів. У *Карабусько-Миколаївському сегменті* передмежовий грабен значно вужчий і відстоїть від стику СЄП/СП приблизно вдвічі далі, ніж у попередньому. Його ширина практично витримується по латералі. На відміну від західного блока, в якому змінює простягання лише південна межа, у другому обидва борти грабену паралельні та сегментовані субмеридіональними розломами. Відмінність у ширині та конфігурації грабенів двох сегментів пояснюється тим, що Одесько-Карабуський блок зазнав тектонічної активізації в кімерійську епоху з утворенням Криловського прогину, внаслідок чого передмежовий грабен значно розширився і набув форму грабен-синклінали. Найбільш просту будову, без різких змін азимуту простягання та ширини, має передмежовий грабен східного сегмента (*Миколаївсько-Причорноморського*). Отже, відмінність параметрів передмежових про-

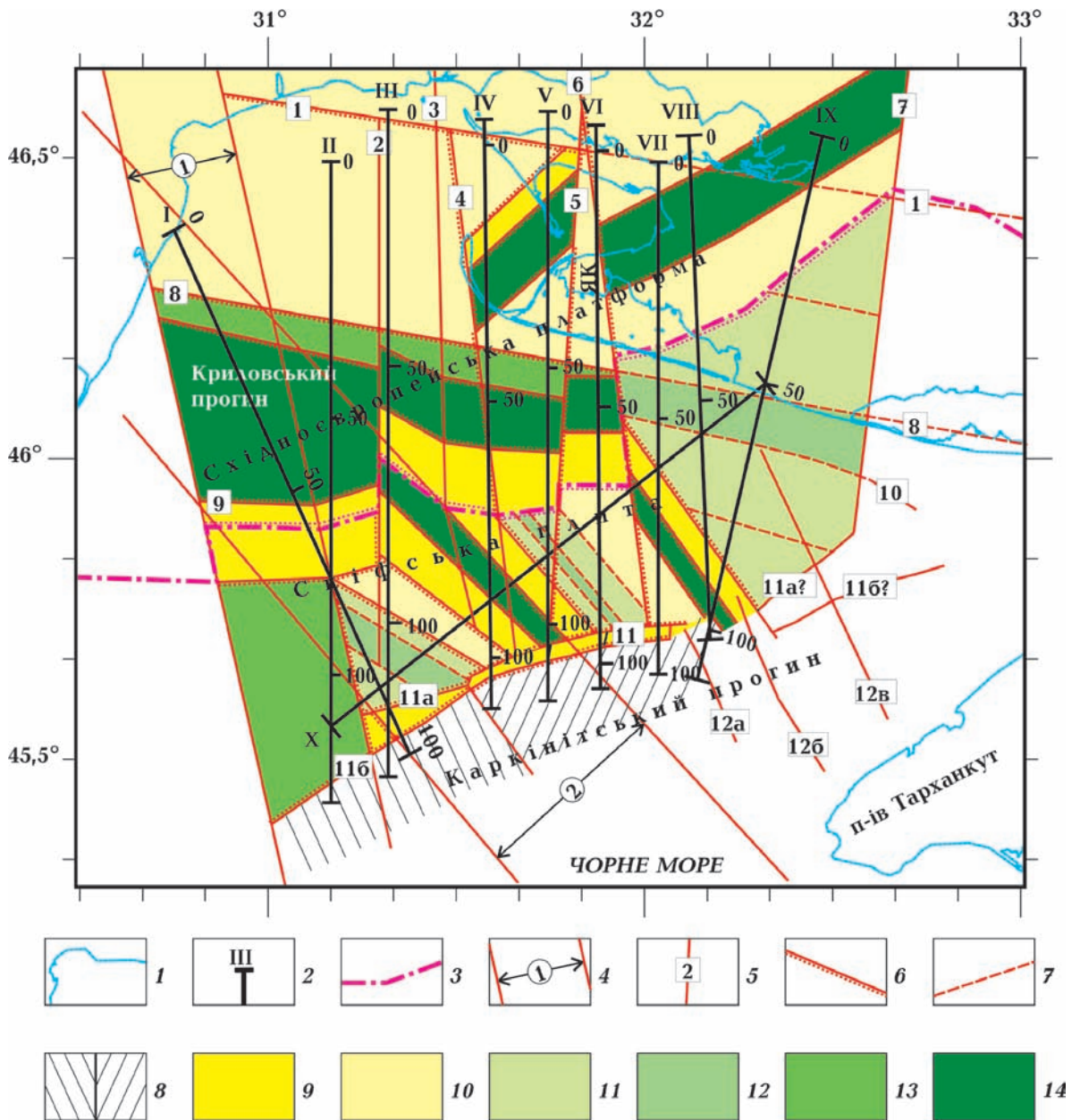


Рис. 3. Тектонічна схема центральної частини Південноукраїнської моноклінали: 1 — берегова лінія; 2 — інтерпретовані профілі; 3 — кордон Східноєвропейської платформи та Скіфської плити, за [Козленко, Козленко, 2022]; 4 — розломні зони за літературними даними (назви див. на рис. 1); 5 — розломи за літературними даними (назви вказані за результатами моделювання (6 — з вертикальним зсувом, крапки вказують занурене крило, 7 — без вертикального зсуву); 8 — блоки редукованої кори в основі Каркінітського прогину; 9—14 — структурно-тектонічні елементи по поверхні другого шару кори (9 — горст, 10 — підняття з граничними розломами без вертикальних зсувів блоків кори по них, 11 — схил прогину, 12 — дно прогину, 13 — напівграбен, 14 — грабен). ЯК — півострів Ягорлицький Кут.

Fig. 3. Tectonic scheme of the central part of the South Ukrainian monocline: 1 — coastline; 2 — interpreted profiles; 3 — the boundary of the East European platform and the Scythian plate according to [Kozlenko, Kozlenko, 2022]; 4 — fault zones according to literature data (names see Fig. 1); 5 — faults according to literature data (see Fig. 1 for names); 6, 7 — faults determined by the results of modeling (6 — with vertical shear, the dots indicate a submerged wing, 7 — without vertical shear); 8 — blocks of reduced crust at the base of the Karkinitzky depression; 9—14 — structural and tectonic elements on the surface of the second layer of the crust (9 — horst, 10 — uplift with boundary faults without vertical shifts of crustal blocks along them, 11 — slope of depression, 12 — bottom of depression, 13 — half-graben, 14 — graben). ЯК — Yagorlytskyi Kut peninsula.

сідань діоритового шару свідчить про те, що південна межа СЄП формувалась у кожному із сегментів різнопланово.

У ранньому протерозої до складу нинішнього Північного Причорномор'я входили Кіровоградський протоплатформний масив (КПМ) та Одесько-Ядловська геосинклінальна зона (О-Я), за [Соллогуб и др., 1987] (див. врізку на рис. 1). Проведені дослідження показали, що в межах центральної частини ПУМ структура південного флангу СЄП більш складна. Між О-Я та КПМ, яким відповідають *Одесько-Очаківський* та *Миколаївсько-Причорноморський сегменти*, розташована шовна зона, яка відрізняється від сусідніх ділянок більш високим положенням середньої кори.

Про те, що цей блок є шовною зоною, свідчить подібність будови межевої ділянки з *Карабусько-Очаківським сегментом*, а падіння південного крила розлому, що визначає стик СЄП/СП, — з *Миколаївсько-Причорноморським*. Ця зона вочевидь має давнє закладення, оскільки на її продовженні на північний захід у межах Українського щита розташований Вознесенський масив гранодіоритів з Первомайською та Звенигородсько-Братською зонами розломів [Макаренко та ін., 2021]. Шовна зона досліджуваного регіону також поділяється на два сегменти Ягорлицьким розломом. Західний відрізняється наявністю системи з паралельних грабену й горсту діагонального простягання. Вказана система має напрямок південний захід—північний схід, подібний простягання передмежевого грабену *Миколаївсько-Причорноморського сегмента*. Проте їх азимути не збігаються (47° проти 62° відповідно). Крім того, в останньому відсутній сполучений з грабеном горст. Таким чином, малоімовірно, що виникнення цих структур пов'язано з одним і тим самим процесом. Можливо, наслідком тектонічної активізації півдня СЄП, з якою пов'язане формування діагональної тектонічної пари в межах *Очаківсько-Ягорлицького сегмента* шовної зони, є також виникнення паралельних розломів *Очаківсько-Ачуївського* та *Одесько-Темрюкського* простягання пів-

нічний захід—південний схід з послідовним просіданням кори у південному напрямку. Цілком очевидно, що ці порушення виникли пізніше, ніж процес деструкції окраїни платформи, оскільки їхня прямолінійність вздовж усіх сегментів на захід від Миколаївського розлому не узгоджується з ламаною формою граничної зони. Отже, активізація цих диз'юнктивів припала на час, коли зрушення в окремих сегментах припинилися, і кора всього Одесько-Миколаївського блока консолидувалась.

Частина ПУМ, що належить до Скіфської плити. За даними проведеного гравітаційного моделювання, у кристалічній корі північної окраїни СП, крім грабенів і горстів, зафіксованих в межах СЄП, виявлено також прогини без вертикальних зсувів кори по розломах та підняття з різними морфологічними характеристиками. Ширина цих структур значно варіює (див. рис. 2). Побудована за результатами моделювання тектонічна схема (рис. 3) показала кардинальну відмінність будови земної кори СП і СЄП. Відсутність простежуваності закономірностей будови кори за латераллю від профілю до профілю, що зазначено в попередньому розділі, як виявилось на схемі, пов'язана з діагональним простяганням структур.

З рис. 3 видно, що на відміну від СЄП плита має значно складнішу будову, безпосередньо пов'язану з її багатоетапною еволюцією. У межах району, що вивчається, за орієнтуванням тектонічних елементів по поверхні гранодіоритового шару виділяються три ділянки. Західна складається з двох блоків, північний з яких є субширотним граничним горстом, що простягається від західного краю Одеської зони розломів (ОЗР) до Карабуського диз'юнктиву (2 на рис. 1, 3). Південний — субмеридіональний широкий блок із зануреним шаром гранодіоритів — розташований лише в межах ОЗР. Початок формування СП за геологічними даними припадає на пізньобайкальську епоху тектогенезу. У цей період тектономагматичні процеси проявлялися у вигляді інтенсивних перикратонних опускань у смузі, що прилягає до СЄП [Богаець

и др., 1986]. Проста будова західної ділянки, не ускладнена порушеннями та дрібнішими структурами, дає змогу вважати її останцем байкалід.

Центральна ділянка являє собою чергування вузьких позитивних і негативних структур, межі яких мають як скидний, так і шарнірний характер. Вони орієнтовані у діагональному напрямку, їхні азимуты простягання послідовно змінюються із заходу на схід від 300° до 325° . Західна межа ділянки має колінчасту форму. Від межі СЄП/СП вона проходить Карабуським порушенням, потім паралельно їй зміщується до ОЗР. На ділянці між Одеським та Карабуським розломами занурений блок гранодіоритів з моноклінальним заляганням поверхонь, характерний для ОЗР, перетворюється на прогин (див. моделі вздовж профілів II та I, рис. 2), що має простягання північний захід—південний схід (див. рис. 3). Таке саме орієнтування структур виявлено і на схід від Карабуського розлому в трикутному виступі північної межі СП, що ускладнює її загальну субширотну спрямованість. У монографії [Соллогуб и др., 1987] за геолого-геофізичними даними у внутрішньому кутку плити, утвореного вигином межі СЄП/СП у районі Криловського прогину, була виділена геосинклінальна область герцинід. Підтвердженням пізнішого за початковий етап становлення СП часу формування центральної ділянки є те, що північно-східне обмеження Головної Чорноморської розломної зони, яке збігається з краєм однієї з діагональних структур, простежується до межі СП, тоді як південно-західне — тільки до ОЗР. Східним замиканням центральної частини є пара сполучених паралельних горсту та грабену на схід від Миколаївського розлому, яка трасується у південно-східному напрямку на півострів Тарханкут. Раніше проведеними дослідженнями у рівнинному Криму було виявлено Центрально-Кримський герцинський геосинклінальний прогин північно-західного простягання [Плахотный, 1988б]. Єдність цього прогину та виявлених за результатами моделювання структур підкреслюють розломи по поверх-

ні фундаменту Каркінітського прогину, виділені у публікації [Коморный, 2004] (12, а, б, див. рис. 3). З огляду на приблизно однакове орієнтування структур усієї центральної ділянки, можна віднести час її утворення до герцинської тектонічної епохи.

Східна ділянка являє собою великий (близько 60 км у поперечному перерізі вздовж профілю IX, рис. 2) прогин поверхні кристалічних порід, що розширюється на схід, вісь якого має азимут простягання 280° . Вказані параметри (ширина та напрямок) не узгоджуються зі структурами центральної ділянки північного краю СП, що свідчить про відокремленість процесів, що відбувалися у цьому районі. Швидше за все, це ділянка кімерійської переробки раніше утвореної кори, оскільки, згідно з даними монографії [Соллогуб и др., 1987], у рівнинному Криму у будові кімерійського комплексу домінує захід-північно-західна тектонічна зональність. На редукування кори герцинід у цьому районі вказує наявність порушення 12в (див. рис. 3), яке січе цю структуру. Північне та південне обмеження осьової зони прогину визначаються Одесько-Темрюкським та Притендрівським розломами відповідно.

Слід зазначити, що Одесько-Темрюкський диз'юнктив проходить через як СП, так і СЄП. Отже, можна дійти висновку, що кімерійської активізації зазнали обидві мегаструктури. Причому в межах досліджуваного району її прояви на платформі збільшувалися у напрямку зі сходу на захід — у Миколаївсько-Причорноморському сегменті по Очаківсько-Ачужівському розлому, так само як і по Одесько-Темрюкському, виявлено лише вигин, тоді як у Карабусько-Миколаївському сегменті — вже просідання. В Одесько-Карабуському сегменті до скидів за вказаними розломами додається ще й виникнення в ту епоху Криловського прогину.

Останніми за часом у регіоні, що вивчається, були події альпійської фази тектогенезу. Головним із них було формування рифтогену в основі Каркінітського прогину. Структури, що утворилися в ту епоху, вже мають східно—північно-східне про-

стягання. Найпівнічнішою є ділянка, обмежена Північно- та Південно-Голіцинським розломами, яка, за даними моделювання, є кризькоровим горстом. За даними визначення абсолютного віку породи, розбурені св. Голіцина-2, сформувалися в герцинську фазу тектогенезу [Сулимов, 1984]. Таким чином, можна дійти висновку, що герциніди простягалися далі на південь за межі ПУМ, але у альпійську фазу були реструктуризовані. Голіцинський горст складається з двох частин — прямолінійної східної завширшки 1 км і дугоподібної західної, ширина якої змінюється від 2 км на сході до 4 км на заході структури (рис. 3); ці частини розділені розломом з простяганням північний захід—південний схід [Безверхов, 1988]. Згідно з результатами моделювання, зазначене порушення простягається і далі в Каркінітський прогин і розмежовує блоки редукованої кори, що різняться за густиною (моделі вздовж профілів I—III та IV—IX, див. рис. 2). Такі відмінності обумовлені двома різними імпульсами рифогенезу у прилеглий частині прогину [Козленко, Козленко, 2016].

Щоби краще відобразити отриману в результаті досліджень будову кристалічної кори північної частини СП, був побудований синтетичний розріз (X на рис. 3) поперек отриманих структур, представлений на рис. 4. Як видно з рисунка, фундамент плити досліджуваного району має складний блоковий характер. Найбільш західною ділянкою є ОЗР із горизонтальним заляганням гранодіоритового шару та незначним підйомом поверхні мантії до її східної межі. Друга ділянка є одностороннім прогином з плоскою осью зоною. Подошва кори конформна поверхням гранодіоритового шару. Третя ділянка простягається до Ягорлицького розлому та складається з п'яти блоків із клавійною будовою поверхонь кристалічної кори. За її структурою можна зробити висновок, що ця ділянка є герцинським орогеном з центральним грабенем, який виник у результаті його колапсу (структура *rigguback*). Четверта ділянка розташована між Ягорлицьким та Миколаївським розлома-

ми. Судячи зі структури літосфери — товщини перших двох шарів консолідованого фундаменту досягають 10 км кожен, а шару габро — 20 км, при цьому подошва кори залягає на глибині більш як 40 км — він є останцем епібайкальської плити. Зі сходу по Миколаївському розлому цей блок обрізається грабенем з горстом, що примикає до нього (ділянка п'ять). Максимально високе положення покрівлі мантії під грабенем, практично таке саме, як під Каркінітським рифтом (37,2 і 36,7 км відповідно), і занурення її до краю ділянки вказує на те, що згаданий блок швидше за все є рифтоїдом герцинського віку. Чи є він периконтинентальним, чи інтракратонним, визначити неможливо, оскільки район на схід від нього, як зазначено раніше, був перероблений у наступному циклі тектонічної активізації. Найсхідніша, шоста ділянка є майже однобічним прогином, за своєю конфігурацією подібним до такого на другій ділянці, хоча товщина кристалічних шарів (рис. 4) і азимути простягання тектонічних елементів (див. рис. 3) у них не збігаються. Але потужності осадово-метаморфічної товщі в цих двох районах рівні. Отже, можна припустити, що амплітуди низхідних рухів були однаковими, і блок на схід від Одеської зони розломів зазнав активізації в кімерійську тектонічну епоху. Підтвердженням належності другої ділянки до кімерід може бути той факт, що Карабуський розлом, який є скидом на межі байкальського і герцинського горстів, в зоні прогину не проявляється (див. рис. 3).

Розгляд поперечного розрізу (рис. 4) дав можливість уточнити генетичний поділ північної країни СП. В результаті його аналізу виявилось, що центральна ділянка, виділена як єдиний масив за орієнтуванням розломів на рис. 3, насправді складається з декількох гетерохронних утворень.

Різновікові тектонічні елементи центральної частини ПУМ, які були визначено за результатами досліджень, наведено на рис. 5.

Розломна тектоніка. У межах району досліджень виділено розломи різного орі-

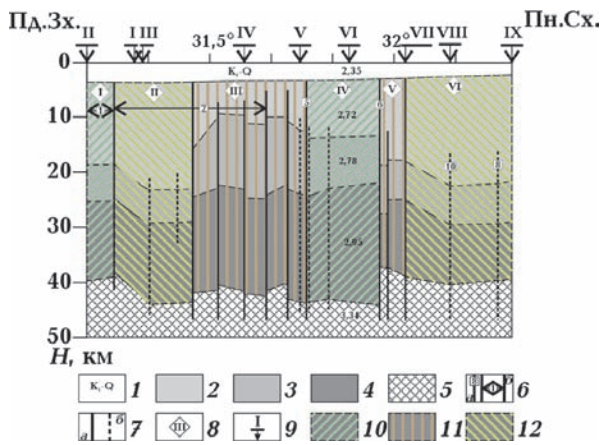


Рис. 4. Синтетичний густинний розріз вздовж профілю X (положення див. на рис. 3). Вертикальний та горизонтальний масштаб 1:1. Цифри — значення середньо-пластових густин, г/см³.

1 — осадовий чохол із позначенням віку відкладів; 2 — осадово-метаморфічна основа Скіфської плити; 3 — гранодіорити; 4 — габро; 5 — верхня мантія; 6 — тектонічні порушення за літературними даними (назви див. на рис. 1): а — розломи; б — межі розломних зон; 7 — розломи, визначені за результатами моделювання: а — з вертикальним зсувом; б — без нього; 8 — гетерогенно-гетерохронні ділянки кори Скіфської плити; 9 — положення модельних профілів; 10—12 — вік утворення або останньої активізації блока (10 — байкальський, 11 — герцинський, 12 — кімерійський).

Fig. 4. Synthetic density section along profile X (see Fig. 3 for position). Vertical and horizontal scale 1:1. The numbers are values of average layer densities, g/cm³.

1 — sediment cover with indication of the age of deposits; 2 — sedimentary-metamorphic base of the Scythian plate; 3 — granodiorites; 4 — gabbro; 5 — upper mantle; 6 — tectonic disturbances according to literature data (names see Fig. 1): a — faults; б — boundaries of fault zones; 7 — faults determined by simulation results: a — with vertical displacement; б — without it; 8 — heterogeneous-heterochronous areas of the crust of the Scythian plate; 9 — position of model profiles; 10—12 — the age of formation or the last activation of the block (10 — Baikalian, 11 — Hercynian, 12 — Cimmerian).

сентування. Найбільш древніми є субмеридіональні порушення СЄП, які контролюють розподіл на блоки і конфігурацію тектонічних елементів платформи. Більшість із них (Карабуський, Ягорлицький та Миколаївський) виділяються і на СП, визначаючи межі блоків байкалід і герцинід (див. рис. 3, 4). Спільним для них є те, що на етапі виникнення СП вони проявилися як зсув на північ східного борту,

а в герцинську епоху як скид. Причому в першому із порушень занурено західне крило, а в двох інших — східне. Ця відмінність вказує на різноспрямованість вертикальних рухів у досліджуваному районі. Чи відбувалося піднесення центрального (Карабусько-Миколаївського) сегмента, чи занурення бічних, на цьому етапі досліджень визначити неможливо. На відміну від зазначених порушень, східний край ОЗР ліпше виражений у структурах СП, де ОЗР розділяє два різновікові блоки. На платформі ця зона контролює лише вигин Переддобрудзько-Каркінітського диз'юнктиву.

У межах району робіт за літературними даними виділено три трансрегіональні розломи простягання захід—північний захід — схід—південний схід, паралельні один одному. На цій підставі можна вважати, що вони складають єдину систему. З них Очаківсько-Ачуївський розлом розташований лише в межах платформи, Одесько-Темрюкський проходить і через СЄП, і СП, Притеднівський локалізований виключно на плиті. Обмеження останнього границею СЄП/СП засвідчує, що ця система виникла після розмежування цих мегаструктур. Оскільки два із зазначених порушень формують вісь кімерійського прогину, можна віднести час утворення цих розломів саме до згаданої тектонічної епохи. Те, що перші два з них мають різний характер по обидва боки від Миколаївського розлому (на захід це скид, на схід — шарнірна зона), підтверджує особливе структурне становище цього довгоіснуючого диз'юнктиву стародавнього закладення, який розділяє два мегаблоки земної кори досліджуваного району.

Прямолінійне простягання Очаківсько-Ачуївського та Одесько-Темрюкського порушень, що, згідно з інтерпретацією результатів досліджень, виникли у кімерійську тектонічну епоху, вказує на те, що зсувна компонента у постгерцинський час на СЄП не проявлялася. Водночас глибина залягання поверхні кристалічної кори сегмента між Очаківським та Ягорлицьким розломами вища, ніж на сусідніх ділянках.

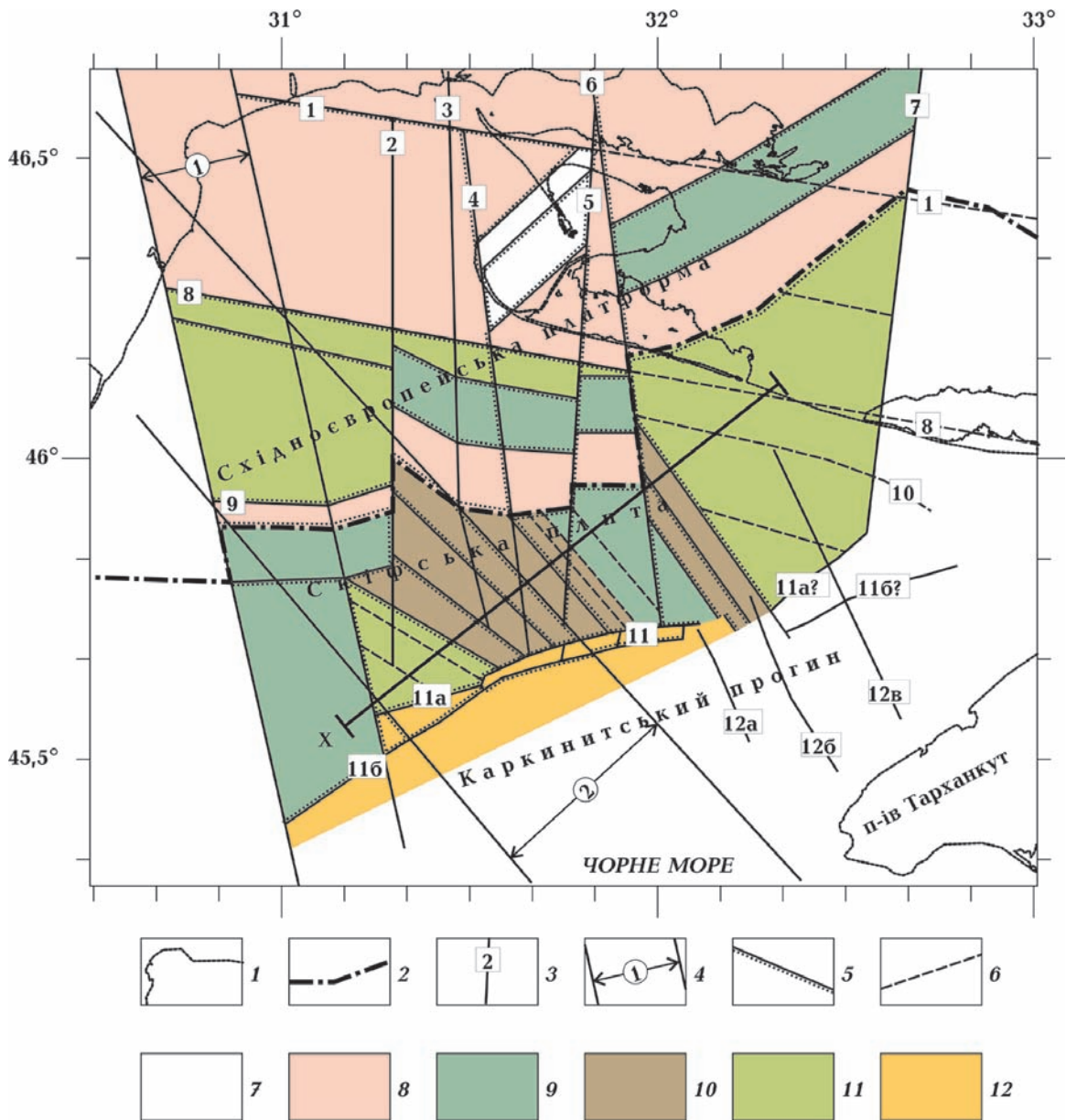


Рис. 5. Гетерохронні ділянки кори центральної частини Південноукраїнської моноклінали: 1 — берегова лінія; 2 — межа Східноєвропейської платформи та Скіфської плити, за [Козленко, Козленко, 2022]; 3 — розломи за літературними даними (назви див. на рис. 1); 4 — розломні зони за літературними даними (назви див. на рис. 1); 5, 6 — розломи, визначені за результатами моделювання (5 — з вертикальним зсувом, крапки вказують занурене крило, 6 — без вертикального зсуву); 7—12 — вік утворення або останньої активізації кори (7 — вік не визначено, 8 — архей—ранньопротерозойський, 9 — байкальський, 10 — герцинійський, 11 — кіммерійський, 12 — альпійський).

Fig. 5. Heterochronous crustal blocks of the South Ukrainian monocline central part: 1 — coastline; 2 — the boundary of the East European platform and the Scythian plate according to [Kozlenko, Kozlenko, 2022]; 3 — faults according to literary data (names see Fig. 1); 4 — fault zones according to literature data (names see Fig. 1); 5, 6 — faults determined by simulation results (5 — with vertical shear, dots indicate a submerged wing, 6 — without vertical shear); 7—12 — the age of formation or the last activation of the crust (7 — the age is not determined, 8 — Archean-Early Proterozoic, 9 — Baikal, 10 — Hercynian, 11 — Cimmerian, 12 — Alpine).

В який саме час відбувалися вертикальні зрушення на вказаних диз'юнктивах, у рамках поставленого завдання встановити не вдалось.

Головна Чорноморська розломна зона, яка, згідно зі схемою з публікації [Котляр, Верховцев, 2009], простягається від берега через весь північно-західний шельф, за даними проведеного моделювання на платформі не простежується. Ця зона формує північно-східний борт осьового герцинського грабену плити, але не збігається з межею СЄП/СП далі у північно-західному напрямку (у межах *Карабусько-Березанського сегмента* СЄП). Тому можна стверджувати, що ця зона виникла у постбайкальський час.

Зіставлення положення Голіцинської системи розломів, визначеної по поверхні консолідованого фундаменту [Безверхов, 1988], з її положенням на тектонічній схемі (див. рис. 3) показало, що Північно-Голіцинський диз'юнктив обмежений із заходу ОЗР. Південно-Голіцинський, за даними густинного моделювання, перетинає всю ОЗР, простягаючись на захід значно далі, ніж за даними зйомок МЗГТ. У публікації [Безверхов, 1988] східне замикання Голіцинської системи розломів визначено на $32^{\circ}07'$ сх.д. З рис. 3 видно, що це обмеження пов'язане, швидше за все, з розломом 12а. Втім, якщо систему протрасувати далі на схід, вона продовжиться парою розломів дещо іншого орієнтування, які розходяться так само, як і на заході. Отже, простежується розширення Голіцинського горсту від центральної частини до її країв. Швидше за все розрив між Голіцинською системою розломів та її східним продовженням зумовлений герцинським рифтоїдом, встановленим за даними моделювання.

Як виявлено проведеними дослідженнями, крім тектонічних порушень, відомих з літературних джерел, у районі робіт є й інші розломи меншого порядку. На СЄП вони переважно формують передмежові грабени, простягаючись майже паралельно стику СЄП/СП. Північний край СП від Одеської зони розломів до траверсу мису Тарханкут розбитий численними розломами діагонального простягання північний захід—південний схід. Таке саме орієнтування мають і порушення, визначені в цьому районі за аномаліями потенціаль-

них полів [Старостенко и др., 2005]. Збіг результатів за двома різними методиками підтверджує правильність виділення простягання диз'юнктивів у цій частині ПУМ.

У порядку дискусії. Вважається, що СП утворилася в результаті тектонічної переробки доріфейського фундаменту південного краю СЄП [Соллогуб и др., 1987].

Уявлення про успадкованість плитою структур платформи ґрунтується, по суті, на дуже обмеженому матеріалі — результатах буріння на березі Чорного моря в межах Південної Добруджі та на північно-західному шельфі в районі Каркінітського прогину. Причому дані, які наводять різні дослідники, дуже суперечливі.

Свердловиною Палазу-Маре (район м. Констанца) були розкриті мезозонально метаморфізовані породи, які за наявності в них джеспілітів нагадують криворізьку серію; їх радіометричний вік (1700 млн років) відповідає середньому протерозою [Хаин, 1977]. Це твердження явно помилкове — згідно з геохронологічною шкалою, середній протерозой належить до періоду 1350—1650 млн років. Цікаво, що в пізнішій монографії того ж автора [Хаин, 2001] породи фундаменту Мезійської платформи віднесені вже до нижньопротерозойських, але їх датування не наводиться, хоча для інших платформ, мікроконтинентів, кратонів і навіть прогинів вік утворення вказується майже для кожного. Про прив'язку вказаної товщі до криворізької серії не йдеться. Водночас за даними монографії [Геофизические..., 1996] до найдавнішого комплексу фундаменту, розкритого в районі м. Констанца, віднесено пегматити та гранітогнейси віку 1850—1670 млн років (ранній протерозой), а про джеспіліти не згадано.

Крім того, слід зважати й на те, що Південна Добруджа входить до складу структури, тектонічна позиція якої чітко не визначена. За даними публікації [Хаин, 1977] вона є частиною Мізійсько-Скіфсько-Туранської плити, згідно з публікаціями [Хаин, 2001; Тектоника..., 2009] вже Мезійська платформа відноситься до балканід і, на відміну від СП, до південного обрамлення СЄП не належить. Отже, простежува-

ти на південь фундамент СЄП на підставі результатів буріння поблизу м. Констанца некоректно.

Як ще одне свідчення простягання СЄП на південь наводяться дані визначення віку порід у свердловинах Каркінітська-1 і Каркінітська-2, в яких привибійна товща була визначена як AR—PR₁. При цьому, згідно з публікацією [Гожик та ін., 2007], вона представлена кварцитами, а за даними [Улановская, Калинин, 2017] — гранатовими кристалічними сланцями.

Слід враховувати, що фауністично неохарактеризованим породам дослідники часто приписують вік за непрямыми ознаками та аналогією з відомими зразками з інших районів, що є, по суті, дуже слабким доказом. Так, за думкою [Улановская, Калинин, 2017], породи у вибої св. Каркінітська-1 на підставі літологічних особливостей віднесено до явно архейських. Утім подібні мезометаморфічні кристалічні сланці з гранатом, що відслонюються на земній поверхні в ядрі антиклиналі Алтин-Тепе, виступах Орліга і Меджина, а також розкриті бурінням на похованих структурах Добруджі, були визначені як пізньопротерозойські. У свою чергу, гранатові сланці, розкриті свердловиною Голіцина-4, були віднесені до пізньопротерозойських, з огляду на ступінь метаморфізму [Тектоника..., 1988б], тоді як за даними визначення ізотопного віку вони є ранньо-середньодевонськими і пізньокарбоново-ранньопермськими [Сулимов, 1984].

Таким чином, суперечливо визначена петрографія порід основи розрізу свердловин Каркінітська-1, Каркінітська-2 не дає можливості впевнено віднести їх до архей-раннього протерозою і тим самим не може бути незаперечним доказом первісного простягання структур СЄП на південь.

Інших свідчень наявності порід досередньопротерозойського віку в природному заляганні ні в Західному Причорномор'ї на південь від Цигансько-Чадырлунгського розлому, ні в Криму не виявлено. Тобто наявність континентальної кори СЄП на південь від широти м. Білгород-Дністровський фактично не обґрунтована.

Отже, можна припустити й інший варіант сценарію виникнення СП, що ґрунтується на мобілістських уявленнях.

Так, у публікації [Козленко, Козленко, 2022] встановлено ламаний характер простягання межі СЄП/СП із значними зсувами по субмеридіональним диз'юнктивам. Така конфігурація подібна до межі океан—континент зсувного типу зі зміщенням ділянок по океанічних трансформних розломах, зокрема до південно-західного краю Африканської платформи [Wefer et al., 2003]. Таким чином, виникає питання стосовно дійсного генезису фундаменту СП — вона може мати й океанічне походження.

Цілком можливо, що на початку пізнього протерозою південний край СЄП був пасивною континентальною окраїною, на південь від якої розміщувався блок з океанічним типом кори. Субконтинентальна кора СП виникла, коли байкальський орогенез поєднав Перигондванську платформу та Фенносарматію внаслідок закриття у пізньому рифеї океану Прототетіс І.

На первісно океанічну кору на південь від СЄП може вказувати двошарова будова кристалічної кори СП, на відміну від тришарової континентальної на платформі. Значення густини шару, який за результатами підбору гравітаційних аномалій в моделях позначений як гранодіорити ($2,78 \text{ г/см}^3$), близьке до значення ρ океанічних базальтів ($2,77 \pm 0,08 \text{ г/см}^3$), а густина шару габро на отриманих розрізах ($2,95 \text{ г/см}^3$) укладається в інтервал для третього океанічного шару ($2,90 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$), за [Русаков, 1985]. Безумовно, потужності кристалічних шарів СП суттєво перевищують товщину океанічної кори, але слід враховувати, що фундамент плити зазнав як мінімум три цикли тектонічної перебудови.

На зазначений варіант генезису плити може вказувати зміна величини просідання покрівлі кристалічного фундаменту по крайовому розлому межі СЄП/СП відносно широти — що північніше, то це значення збільшується. Це можна пояснити тим, що, чим далі блок від серединно-океанічного хребта, тим літосфера старша

і важча внаслідок нарощування товщини в результаті охолодження розігрітої мантіїної речовини, яке призводить до більшого занурення фундаменту.

При мобілістському трактуванні походження СП стає зрозумілою ламаність межі по субмеридіональних диз'юнктивах, які первісно являли собою трансформні океанічні розломи на кшталт сучасних порушень Серединно-Атлантичного хребта. Конфігурація межі, а саме її послідовний латеральний зсув на північ в напрямку із заходу на схід, повністю вкладається в уявлення, що розкриття Прототетису I відбувалося зі сходу на захід (у сучасних координатах), як і всіх успадкованих від цього палеоокеанів (Прототетису II, Палео-, Мезо- і просто Тетису), а змикання та консолідація континентів проходили у зворотному напрямку [Хаин, 2001].

Ще одним спірним питанням є тектонічна позиція Одеської зони розломів, яку традиційно вважають продовженням на шельф чарнокіт-гранулітового поясу Одесько-Ядловської геосинклінальної зони [Соллогуб и др., 1987]. Її положення у Північному Причорномор'ї було визначено за результатами інтерпретації геотраверсу VIII [Соллогуб, 1986]. Пізніше існування цієї структури було підтверджено швидкісною моделлю вздовж профілю DOBRE-4, розташованим трохи північніше від зазначеного геотраверсу [Starostenko et al., 2013]. При різниці в деяких параметрах зона на обох розрізах має подібну будову — двобічний прогин поверхні Мохо з пологими крилами.

Простягання О-Я в межі північно-західного шельфу Чорного моря було обґрунтовано інтерпретацією сейсмічних даних вздовж профілів ГСЗ 25 і 26, на яких, так само, як і на геотраверсі VIII, було виділено вузьку ділянку з прогином по поверхні мантії [Соллогуб и др., 1987]. Проте переінтерпретації матеріалів вздовж профілю ГСЗ 26 показали в цьому місці зовсім іншу структуру: в публікаціях [Сейсмогравитационное..., 1994; Козленко и др., 2013] зафіксовано, навпаки, підйом Мохо, а в рамках проведених досліджень за програмою

DOBRE-5, зміни конфігурації підшви кори зовсім не визначені [Starostenko et al., 2015].

Пізніша обробка даних за профілем ГСЗ 25 [Козленко и др., 2009] показала, що занурення покрівлі мантії, яке в монографії [Соллогуб и др., 1987] було прийнято за ОЗР, не визначено. У монографії [Гордиенко и др., 2018, рис. 3.10] наведено три варіанти сейсмічного розрізу вздовж цього профілю, і на двох з них у зазначеному місці занурення поділу Мохо не виявлено, а на одному зафіксовано навіть підйом цієї поверхні.

Крім того, у розділі «Розломна тектоніка» цієї статті зазначено, що зміни у структурі густинної моделі в межах Одеської зони розломів проявляються лише на СП.

Таким чином, оскільки за сучасними геофізичними даними О-Я на СП не простежується, можна припустити, що ОЗР і О-Я є різнорідними утвореннями. Отже, плита є не переробленою континентальною структурою з успадкованими елементами, а океанічною, суттєво перебудованою в результаті тектогенезу. У такому разі ОЗР на північно-західному шельфі складається з двох зон розломів, що різняться азимутом простягання, — Одесько-Тальнівської в межах СЄП та Одесько-Анкарської на СП, згідно з [Котляр, Верховцев, 2009].

Загалом можна підсумувати, що зародження СП та рання стадія її розвитку потребує додаткового вивчення.

Висновки. Результати густинного моделювання показали складний характер внутрішньої будови літосфери центральної частини Південноукраїнської монокліналі, денудована поверхня консолідованої кори якої приховує зону контакту СЄП і СП.

Проведені дослідження показали, що на південній околиці СЄП у межах ПУМ кору розколото субмеридіональними розломами на окремі блоки, у кожному з яких параметри консолідованої кори мають різні характеристики. Переробка кори частини ПУМ, що належить до СП, внаслідок тектонічних активізацій обумовила значні зміни та суттєві ускладнення її структури.

Розподіл на ділянки з різними густинними характеристиками кори СЄП і СП не збігається, отже, розвиток останньої не повністю успадкований від першої.

На нерівномірність перебігу тектонічної активності на різних ділянках межі вказують зміни глибини опускання поверхні кристалічних порід на контакт СЄП/СП, яка змінюється із заходу на схід з 9,0 до 12,5 км від Одеського до Миколаївського розлому, а східніше від останнього становить 18,5 км. Відповідно до отриманих результатів, зіставлених з даними інших дослідників Переддобруджі та Криму, північно-західний шельф є проміжною ланкою між цими терейнами.

На підставі проведеного моделювання за гіпсометрією поверхні середньої кори була побудована тектонічна схема району досліджень. Відповідно до неї південний край платформи зазнав досить незначних перетворень, які виявилися у виникненні, швидше за все, в пізньому протерозої, витягнутої вздовж межі СЄП/СП системи внутрішньо- та крізькорових горстів і грабенів, розділеної субширотними розломами на три блоки з різними параметрами. На північній окраїні СП у фундаменті крім грабенів і горстів існують також прогини й підняття з граничними розломами без вертикальних зсувів блоків кори по них. Отже, плита тектонічно має істотно складнішу внутрішню будову.

У межах СП було виділено ділянки гетерогенно-гетерохронної будови кори. Південна окраїна ПУМ за результатами досліджень складається зі структур трьох типів. Перший з них характеризується

моноклінальним заляганням гранодіоритового шару південного падіння без внутрішніх порушень. Другий являє собою чергування піднятих і занурених ділянок кристалічної кори, ускладнених численними розломами скидового характеру, з нахилом поверхонь шарів на південний захід та північний схід. Третій представлений внутрішньокоровими прогинами з плоским дном, обмеженими розломами без вертикальних зрушень. За аналогією з параметрами структур, які були виділені в геолого-геофізичній літературі на прилеглих до шельфу територіях, другий і третій типи можна віднести до герцинської та кімерійської генерацій відповідно. На підставі того, що ці структури є явно накладеними на ділянки першого типу, автори віднесли вік його формування до більш давнього, тобто до байкальського. Крім того, визначено, що система Голіцинських розломів та північний борт Каркінітського прогину зазнали подальшої перебудови під час альпійської фази тектогенезу.

Виявлене в результаті моделювання положення глибинних розломів як каналів надходження мантійних флюїдів може бути використано при плануванні робіт на пошуки вуглеводнів.

Запропонований у порядку дискусії варіант сценарію виникнення СП, заснований на мобілістських уявленнях, обґрунтовано результатами проведених досліджень і наявною геолого-геофізичною інформацією.

Автори висловлюють подяку І.Б. Макаренку за конструктивні пропозиції під час роботи над статтею.

Список літератури

Артюшков Е.В., Беляев И.В., Казанин Г.С., Павлов С.П., Чехович П.А., Шкарубо С.И. Механизмы образования глубоких впадин с аномально тонкой корой на континентальной литосфере. Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической и аномально тонкой корой в провинциях с континентальной литосферой. *Материалы*

XLV Тектон. совещания. Москва: ГЕОС, 2013. С. 9—13.

Безверхов Б.Д. Тектоника мезокайнозойского осадочного чехла на северо-западе Черного моря, как основа прогнозирования нефтегазопроисковых работ (по материалам сейсморазведки): *дис. ... канд. геол.-мин. наук.* Одесса, 1988. 205 с.

- Богаец А.Т., Бондарчук Г.К., Леськів І.В., Новосилецкий Р.М., Павлюк М.И., Палій А.М., Панченко Д.Е., Самарский А.Д., Хныкин В.И., Чир Н.М., Швай Л.П., Шевченко Е.Ф., Шпак П.Ф., Яценко В.С. *Геология шельфа УССР. Нефтегазоносность*. Киев: Наук. думка, 1986. 152 с.
- Гаркаленко И.А. О глубинных разломах юга и юго-востока Украины. *Геол. журнал*. 1970. Т. 30. № 3. С. 3—14.
- Геофизические параметры литосферы южного сектора альпийского орогена. Отв. ред. Б.С. Вольвовский, В.И. Старостенко. Киев: Наук. думка, 1996. 215 с.
- Гилькман А.И., Носовский М.Ф. К вопросу о происхождении, структурном объеме и границах Причерноморской впадины. *Геол. журн*. 1971. Т. 31. № 3. С. 74—82.
- Гожик П.Ф., Багрій І.Д., Войцицький З.Я., Гладун В.В., Маслун Н.В., Знаменська Т.О., Аксьом С.Д., Ключина Г.В., Іванік О.М., Ключко В.П., Мельничук П.М., Палій В.М., Цюха О.Г. *Геолого-структурно-термоатмосферно-геохімічне обґрунтування нафтогазоносності Азово-Чорноморської акваторії*. Київ: Логос, 2010. 419 с.
- Гожик П.Ф., Чебаненко І.І., Євдошук М.І. Крупський Б.Л., Гладун В.В., Галко Т.М., Маєвський Б.Й., Максимчук П.Я., Полухтович Б.М., Федішин В.О., Гаврилко В.М., Захарчук С.М., Ключко В.П., Колодій І.В., Мельничук П.М., Туркевич Є.В., Ткаченко А.І., Смирнов І.В., Федун О.М., Колодій Є.О., Пахолок О.В. *Нафтогазоперспективні об'єкти України. Наукові і практичні основи пошуків родовищ вуглеводнів у північно-західному шельфі Чорного моря*. Київ: ЕКМО, 2007. 232 с.
- Гордиенко В.В., Гордиенко И.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н. *Южно-Украинская моноκлиналь, Скифская плита, Черное море (геофизика, глубинные процессы)*. Киев, 2018. 131 с.
- Євдошук Н.И., Рослий И.С., Скребец М.О. Бирифтинг Придобруджинско-Днестровской зоны и перспективы нефтегазоносности северочерноморского (Одесского) авлакогена. *Тектоника і стратиграфія*. 2014. Вип. 41. С. 5—15.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Визначення положення південної границі Східноєвропейської платформи у межах північно-західного шельфу Чорного моря за гравіметричними даними. *Геофиз. журн*. 2022. Т. 44. № 4. С. 67—89. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264841>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Плотностная характеристика земной коры Каркинитского прогиба как отражение истории его развития. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2016. № 1. С. 43/456.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В., Лысынчук Д.В. Глубинное строение земной коры западной части Черного моря по результатам комплексной переинтерпретации геофизических данных по профилю ГСЗ № 25. *Геофиз. журн*. 2009. Т. 31. № 6. С. 77—91.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В., Лысынчук Д.В. Структура земной коры северо-западного шельфа Черного моря вдоль профиля ГСЗ № 26. *Геофиз. журн*. 2013. Т. 35. № 1. С. 142—152. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i1.2013.116345>.
- Коморный А.Ф. *Структурная карта поверхности архей-протерозойского фундамента. М-б 1:200000*. Одесса: Одесморгеология, 2004.
- Котляр О.Ю., Верховцев В.Г. Виявлення критеріїв сучасного положення південно-західної межі Східноєвропейської платформи за даними дистанційного зондування Землі. *Геол. журн*. 2009. № 2. С. 58—63.
- Макаренко І.Б., Старостенко В.І., Купрієнко П.Я., Савченко О.С., Легостаєва О.В. *Неоднорідність земної кори України і суміжних регіонів за результатами 3D гравітаційного моделювання*. Київ: Наук. думка, 2021. 203 с.
- Мельниченко Т.А., Шафранська Н.В. Тектоніка і структурний план Передобрудзького прогину. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2010. № 3. С. 76—84.
- Плахотный Л.Г. Байкалиды Крыма. *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отг. геол.* 1988а. Т. 63. Вып. 6. С. 3—13.
- Плахотный Л.Г. Герциниды Крыма. *Геол. журн*. 1988б. № 4. С. 76—85.
- Русаков О.М. Плотность слоев консолидиро-

- ванной коры океанического типа. *Геофиз. журн.* 1985. Т. 7. № 4. С. 71—80.
- Сейсмогравитационное моделирование при изучении литосферы.* Отв. ред. В.И. Старостенко, Я. Шванцара. Киев: Наук. думка, 1994. 292 с.
- Сологуб В.Б. *Литосфера Украины.* Киев: Наук. думка, 1986. 184 с.
- Сологуб В.Б., Чекунов А.В., Пустильников М.Р., Старостенко В.И., Сологуб Н.В., Кутас Р.И., Бородулин М.А., Русаков О.М., Бурьянов В.Б., Соловьев В.Д., Рогоза О.И., Шиманский А.А., Щербаков В.В. *Геология шельфа УССР. Тектоника.* Киев: Наук. думка, 1987. 152 с.
- Старостенко В.И., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Пашкевич И.К., Кутас Р.И., Легостаева О.В. Геофизические неоднородности литосферы мегавпадины Черного моря. *Геофиз. журнал.* 2010. Т. 32. № 5. С. 3—20. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i5.2010.117496>.
- Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Кутас Р.И., Легостаева О.В. Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Черного моря. *Геофиз. журнал.* 2005. Т. 27. № 2. С. 195—207.
- Строение и эволюция земной коры и верхней мантии Черного моря.* Отв. ред.: В.В. Белоусов, Б.С. Вольвовский. Москва: Наука, 1989. 206 с.
- Сулимов И.Н. *Геология Украинского Черноморья.* Одеса: Вища школа, 1984. 127 с.
- Тектоника северного Причерноморья.* Отв. ред. И.И. Чебаненко. Киев: Наук. думка, 1988. 164 с.
- Тектоника Украины.* Под ред. С.С. Круглова, А.К. Цышко. Москва: Недра, 1988. 254 с.
- Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы (объяснительная записка к тектонической карте Черноморско-Каспийского региона. М-б 1:2 500 000). Под ред. В.Е. Хаина. В.И. Попкова. Краснодар: Изд. Кубан. гос. ун-та, 2009. 213 с.
- Улановская Т.Е., Калинин В.В. Геология Скифской плиты (юг Восточной Европы). Сообщение 1. *Материалы XXII Междунар. науч. конф. (школы) по морской геологии. Москва, 20—24 ноября 2017 г.* Т. V. С. 362—365.
- Хаин В.Е. *Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия.* Москва: Недра, 1977. 359 с.
- Хаин В.Е. *Тектоника континентов и океанов (год 2000).* Москва: Научный мир, 2001. 606 с.
- Nikishin, A., Okay, A., Tuysuz, O., Demirer, A., Amelin, N., & Petrov, E. (2015). The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, 638—655. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017>.
- Starostenko, V., Janik, T., Lysynchuk, D., Środa, P., Czuba, W., Kolomiyets, K., Gintov, O., Omelchenko, B., Komminaho, K., Guterch, A., Tira, T., Gryn, D., Legostaeva, O., Thybo, H., & Tolkunov, A. (2013). Mesozoic(?) lithosphere-scale buckling of the East European Craton in southern Ukraine: DOBRE-4 deep seismic profile. *Geophysical Journal International*, 195(2), 740—766. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt292>.
- Starostenko, V., Janik, T., Yegorova, T., Farfuliak, L., Czuba, W., Środa, P., Thybo, H., Artemieva, I., Sosson, M., Volfman, Yu., Kolomiyets, K., Lysynchuk, D., Omelchenko, V., Gryn, D., Guterch, A., Komminaho, K., Legostaeva, O., Tira, T., & Tolkunov, A. (2015). Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian Platform: the DOBRE-5 profile cross the northwestern Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*, 201, 406—428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>.
- Wefer, G., Billett, D.S.M., Hebbeln, D., Jørgensen, B.B., & Van Weering, T. (Eds.). (2003). *Ocean Margin Systems.* Berlin: Springer Verlag, 495 p.

Deep structure and tectonics of the South Ukrainian monocline in the zone of juncture of the East European platform and the Scythian plate (according to gravimetric data)

M.V. Kozlenko, Yu.V. Kozlenko, 2023

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

In order to investigate the deep structure and tectonics of the central part of the South Ukrainian monocline (SUM), a detailed study of this structure was carried out using a network of gravimetric profiles. It is shown that on the part of the SUM, which belongs to the southern edge of the East European Platform (EEP), the basement is split into separate blocks with different characteristics of the consolidated crust. The crust of the Scythian Plate (SP) within the SUM has undergone considerable changes as a result of tectonic activation and significant complications of its structure. The distribution into the areas with different density characteristics of the basement of EEP and SP does not coincide, indicating that the development of the latter has not been fully inherited from the former. The obtained results, compared with data from other researchers in Prydobrydzhia and Crimea, show that the northwestern shelf is an intermediate link between these terranes. A tectonic scheme of the research area based on the hypsometry of the surface of the second layer of the basement was built on the basis of the simulation. It was shown that the southern edge of the platform has undergone rather insignificant transformations, which are manifested in the emergence of an elongated intracrustal graben system along the EEP/SP boundary, divided by sublatitudinal faults into three blocks with different parameters. At the northern margin of the SP within the SUM, in addition to the grabens and horsts in the basement, there are sags and uplifts with boundary faults without vertical crustal displacements along them. Areas of the heterogeneous-heterochronous structure of the crust of the Baikal, Hercynian, and Kimmerian generations have been identified within SUM part of the SP. It has been determined that the Golitsyn fault system and the northern flank of the Karkinit trough were further restructuring during the Alpine tectogenesis phase. A variant of the Scythian Plate origin scenario based on the Mobilist ideas is proposed and substantiated by the results of the conducted studies and the available geological and geophysical information as a discussion.

Key words: South Ukrainian monocline, East European platform, Scythian plate, density modeling, deep structure, tectonics.

References

- Artyushkov, E.V., Belyaev, I.V., Kazanin, G.S., Pavlov, S.P., Chekhovich, P.A., & Shkarubo, S.I. (2013). Mechanisms of formation of deep depressions with abnormally thin crust on continental lithosphere. Geological history, possible mechanisms and problems of suboceanic and anomalously thin crust depressions formation in provinces with continental lithosphere. *Proc. of XLV Tectonic Meeting* (pp. 9—13). Moscow: GEOS (in Russian).
- Bezverkhov, B.D. (1988). Tectonics of the Mesozoic sedimentary cover in the northwest of the Black Sea as a basis for predicting oil and gas prospecting (based on seismic survey data). *Doctors thesis*. Odessa, 205 p. (in Russian).
- Bogayets, A.T., Bondarchuk, G.K., Leskiv, I.V., Novosiletskiy, R.M., Pavlyuk, M.I., Paliy, A.M., Panchenko, D.E., Samarskiy, A.D., Khnykin, V.I., Chir, N.M., Shvay, L.P., Shevchen-

- ko, E.F., Shpak, P.F., & Yatselenko, V.S. (1986). *Geology of shelf of the USSR. Oil and gas bearing capacity*. Kiev: Naukova Dumka, 152 p. (in Russian).
- Garkalenko, I.A. (1970). On deep faults in the south and southeast of Ukraine. *Geologicheskii Zhurnal*, 30(3), 3—14 (in Russian).
- Volvovskiy, B.S., & Starostenko, V.I. (Eds.). (1996). Geophysical parameters of the lithosphere of the southern sector of the Alpine orogen. Kiev: Naukova Dumka, 215 p. (in Russian).
- Gilkman, A.I., & Nosovskiy, M.F. (1971). On the question of the origin, structural volume and boundaries of the Black Sea basin. *Geologicheskii Zhurnal*, 31(3), 74—82 (in Russian).
- Hozhyk, P.F., Bagriy, I.D., Voitsytsky, Z.Y., Gladun, V.V., Maslun, N.V., Znamenska, T.O., Aksyom, S.D., Klyushyna, G.V., Ivanik, O.M., Klochko, V.P., Melnichuk, P.M., Paliy, V.M., & Tsyokha, O.G. (2010). *Geological-structural-thermoatmogeochemical substantiation of oil and gas potential of Azov-Black Sea water area*. Kyiv: Logos, 419 p. (in Ukrainian).
- Hozhyk, P.F., Chebanenko, I.I., Evdoschuk, M.I., Krupsky, B.L., Gladun, V.V., Halko, T.M., Maevsky, B.Y., Maksymchuk, P.Y., Polukhtovych, B.M., Fedyshyn, V.O., Gavrilko, V.M., Zakharchuk, S.M., Klochko, V.P., Kolodiy, I.V., Melnichuk, P.M., Turkevich, E.V., Tkachenko, A.I., Smirnov, I.V., Fedun, O.M., Kolodiy, E.O., & Pakholok, O.V. (2007). *Oil and gas promising facilities of Ukraine. Scientific and practical bases of exploration of hydrocarbon deposits in the north-western shelf of the Black Sea*. Kyiv: EKMO, 232 p. (in Ukrainian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., Logvinov, I.M., & Tarasov, V.N. (2018). *South Ukrainian monocline, Scythian plate, Black Sea (geophysics, deep processes)*. Kiev, 131 p. (in Russian).
- Evdoshchuk, N.I., Roslyy, I.S., & Skrebets, M.O. (2014). Birifting of the Prydobrudzha-Dniester zone and prospects for oil and gas content of the North Black Sea (Odessa) avalacogen. *Tektonika i Stratigrafiya*, (41), 5—15 (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2022). Locating the southern boundary of the East European Platform within the north-western Black Sea shelf according to gravimetric data. *Geofizicheskii Zhurnal*, 44(4), 51—73. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264841> (in Ukrainian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2016). The density characteristic of the earth's crust of the Karkinitzky depression as a reflection of the history of its development. *Geologiya i poleznye ickopaemye Mirovogo okeana*, (1), 43—56 (in Russian).
- Kozlenko, M.V., Kozlenko, Yu.V., & Lysynchuk, D.V. (2009). Depth structure of the Earth's crust in the western part of the Black Sea according to the results of complex re-interpretation of geophysical data on the profile DSS № 25. *Geofizicheskii Zhurnal*, 31(6), 77—91 (in Russian).
- Kozlenko, M.V., Kozlenko, Yu.V., & Lysynchuk, D.V. (2013). The structure of the earth's crust of the northwestern shelf of the Black Sea along the DSS profile No. 26. *Geofizicheskii Zhurnal*, 35(1), 142—152. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i1.2013.116345> (in Russian).
- Komornyy, A.F. (2004). *Structural map of the Archean-Proterozoic basement surface. M-b 1:200000*. Odessa: Odesmorgeologiya (in Russian).
- Kotlyar, O.Yu., & Verkhovtsev, V.G. (2009). Determination of criteria of the current position of the Near Eastern European Platform by remote sensing data. *Heologichnyi Zhurnal*, (2), 58—63 (in Russian).
- Makarenko, I.B., Starostenko, V.I., Kuprienko, P. Ya., Savchenko, O.S., & Legostaeva, O.V. (2021). *Heterogeneity of the earth's crust of Ukraine and adjacent regions according to the results of 3D gravity modeling*. Kyiv: Naukova Dumka, 203 p. (in Ukrainian).
- Melnichenko, T.A., & Shafranska, N.V. (2010). Tectonics and structural plan of the Predobrudzka depression. *Geologiya i poleznye ickopaemye Mirovogo okeana*, (3), 76—84 (in Ukrainian).
- Plakhotnyy, L.G. (1988a). Baikalides of the Crimea. *Bulletin Moskovskogo Obshchestva Ispytateley prirody. Otdel. Geolog.*, 63(6), 3—13 (in Russian).
- Plakhotnyy, L.G. (1988b). Hercinids of the Crimea. *Geologicheskii Zhurnal*, (4), 76—85 (in Russian).

- Rusakov, O.M. (1985). Density of the layers of the consolidated crust of the oceanic type. *Geofizicheskii Zhurnal*, 7(4), 71—80 (in Russian).
- Starostenko, V.I., & Shvantsara, J. (Eds.). (1994). *Seismogravitational modeling in the study of the lithosphere*. Kiev: Naukova Dumka, 292 p. (in Russian).
- Sollogub, V.B. (1986). *Lithosphere of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 184 p. (in Russian).
- Sollogub, V.B., Chekunov, A.V., Pustilnikov, M.R., Starostenko, V.I., Sologub, N.V., Kutas, R.I., Borodulin, M.A., Rvsakov, O.M., Buryanov, V.B., Soloviev, V.D., Rogoza, O.I., Shimansky, A.A., & Shcherbakov, V.V. (1987). *Geology of the shelf of the Ukrainian SSR. Tectonics*. Kiev: Naukova Dumka, 152 p. (in Russian).
- Starostenko, V.I., Makarenko, I.B., Rusakov, O.M., Pashkevich, I.K., Kutas, R.I., & Legostaeva, O.V. (2010). Geophysical heterogeneity of the lithosphere of the megabasin of the Black Sea. *Geofizicheskii Zhurnal*, 32(5), 3—20. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v32i5.2010.117496>.
- Starostenko, V.I., Pashkevich, I.K., Makarenko, I.B., Rusakov, O.M., Kutas, R.I., Legostaeva, O.V. (2005). Fracture tectonics of the consolidated crust of the northwestern shelf of the Black Sea. *Geofizicheskii Zhurnal*, 27(2), 195—207 (in Russian).
- Belousov, V.V., & Volvovskiy, B.S. (Eds.). (1989). *Structure and evolution of the earth's crust and upper mantle of the Black Sea*. Moscow: Nauka, 206 p. (in Russian).
- Sulimov, I.N. (1984). *Geology of the Ukrainian Black Sea Region*. Odessa: Vyshcha Shkola, 127 p. (in Russian).
- Chebanenko, I.I. (Ed.). (1988). *Tectonics of the Northern Black Sea Region*. Kiev: Naukova Dumka, 164 p. (in Russian).
- Kruglov, S.S., & Tsypko, A.K. (Eds.). (1988). *Tectonics of Ukraine*. Moscow: Nedra, 254 p. (in Russian).
- Khain, V.E., & Popkov, V.I. (Eds.). (2009). *Tectonics of the South Face of the East European Platform (Explanatory Note to the Tectonic Map of the Black Sea-Caspian Region. Scale 1:2 500 000)*. Krasnodar: Ed. of the Kuban State University, 213 p. (in Russian).
- Ulanovskaya, T.E., & Kalinin, V.V. (2017). Geology of the Scythian Plate (South of Eastern Europe). Report 1. *Proc. of the XXII International Sci. Conf. (School) on Marine Geology. Moscow, November 20—24 (Vol. V, pp. 362—365)* (in Russian).
- Khain, V.E. (1977). *Regional geotectonics. Non-Alpine Europe and Western Asia*. Moscow: Nedra, 359 p. (in Russian).
- Khain, V.E. (2001). *Tectonics of continents and oceans (year 2000)*. Moscow: Nauchny Mir, 606 p. (in Russian).
- Nikishin, A., Okay, A., Tuysuz, O., Demirer, A., Amelin, N., & Petrov, E. (2015). The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, 638—655. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017>.
- Starostenko, V., Janik, T., Lysynchuk, D., Środa, P., Czuba, W., Kolomiyets, K., Gintov, O., Omelchenko, B., Komminaho, K., Guterch, A., Tiira, T., Gryn, D., Legostaeva, O., Thybo, H., & Tolkunov, A. (2013). Mesozoic(?) lithosphere-scale buckling of the East European Craton in southern Ukraine: DOBRE-4 deep seismic profile. *Geophysical Journal International*, 195(2), 740—766. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt292>.
- Starostenko, V., Janik, T., Yegorova, T., Farfuliak, L., Czuba, W., Środa, P., Thybo, H., Artemieva, I., Sosson, M., Volfman, Yu., Kolomiyets, K., Lysynchuk, D., Omelchenko, V., Gryn, D., Guterch, A., Komminaho, K., Legostaeva, O., Tiira, T., & Tolkunov, A. (2015). Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian Platform: the DOBRE-5 profile cross the northwestern Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*, 201, 406—428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>.
- Wefer, G., Billett, D.S.M., Hebbeln, D., Jørgensen, B.B., & Van Weering, T. (Eds.). (2003). *Ocean Margin Systems*. Berlin: Springer Verlag, 495 p.