

Визначення положення південної межі Східноєвропейської платформи у межах північно-західного шельфу Чорного моря за гравіметричними даними

М.В. Козленко, Ю.В. Козленко, 2022

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 30 травня 2022 р.

Розглянуто проблему визначення положення межі Східноєвропейської платформи (СЄП) та Скіфської плити (СП), що має важливе економічне значення щодо поділу північно-західного шельфу Чорного моря на більш та менш перспективні райони з точки зору пошуків вуглеводнів. Проаналізовано виділення стику СЄП і СП за 23 літературними джерелами, опублікованими з 1985 по 2020 р. Показано значні розбіжності у проведенні цієї межі різними авторами. Запропоновано метод визначення положення південної межі СЄП у районі північно-західного шельфу Чорного моря, що ґрунтується на комплексному використанні даних гравіметрії — характерних особливостей гравітаційного поля ($\Delta g_{в.п.}$) та результатів системного двовимірного густинного моделювання. Результати моделювання дали змогу визначити положення та характер зчленування СЄП і СП у розрізі земної кори, яке виявилось транскоровим розломом південного падіння з кутами нахилу від $83,5^\circ$ до $85,5^\circ$ на різних ділянках шельфу. Відповідно до розрахунків точок виходу цих розломів на поверхню фундаменту, накладених на схему $\Delta g_{в.п.}$, визначено просторове становище стику СЄП і СП та його простягання поза зоною моделювання для всього району досліджень. Установлено, що ця лінія має зигзагоподібний характер, змінюючи напрямок у місцях перетину із субмеридіональними розломами. Показано, що формування південної межі СЄП контролювалося, крім характерної для СЄП субмеридіональної складової, ще трьома системами — широтною, напрямків північний схід — південний захід і північний захід — південний схід, які виявлено для тектонічних елементів СП у Придобруджі та Криму. Правильність виділення положення межі за гравіметричними даними підтверджується результатами сейсмостратиграфії і термометрії, раніше отриманими іншими дослідниками.

Ключові слова: Східноєвропейська платформа, Скіфська плита, північно-західний шельф Чорного моря, гравітаційне поле, двовимірне густинне моделювання, будова земної кори.

Вступ. Основним тектонічним елементом України є Східноєвропейська платформа (СЄП) з фундаментом архей-ранньопротерозойського віку. За сучасними уявленнями південний край СЄП у байкальську епоху тектогенезу зазнав активізації з виникненням серій глибинних розломів, що сечуть її субмеридіональні структури, та закладенням нових геосинклінальних систем, які згодом об'єдналися в молоде платформенне утворення, що

отримало назву Скіфської плити (СП) [Богаец и др., 1986].

Останнім часом проблема визначення зони стику СЄП і СП набуває не тільки теоретичного, а й практичного інтересу, оскільки все більшого поширення отримує теорія абіогенного походження вуглеводнів (ВВ) за рахунок дегазації надр [Лукин, 1999]. Зрозуміло, чим молодша в тектонічному плані структура, тим більший потік флюїдів надходить з її глибин і тим більша

ймовірність виникнення родовищ ВВ. СЄП — древнє дорифейське утворення, майже не порушене пізнішою активізацією [Соллогуб и др., 1987], тоді як у межах Скіфської плити виявлено ознаки тектонічної активності до альпійської епохи включно. Таким чином, у межах СП наявність покладів вуглеводнів більш імовірна, ніж на СЄП. Тому визначення положення межі цих двох структур має важливе економічне значення, оскільки дасть змогу розділити північно-західний шельф Чорного моря на більш та менш перспективні райони пошукових робіт.

Аналіз положення межі Східноєвропейської платформи та Скіфської плити за літературними даними. Питання про положення межі між цими різновіковими структурами давно цікавить вчених, але й досі є невирішеним. Навіть у досить добре вивченому Західному Причорномор'ї — в Придобруджі — цю межу дослідники визначають по-різному: по розломам Vaslui [Dinu et al., 2005], Придунайському [Котляр, Верховцев, 2009], ЧаDIRлунзькому [Мельниченко, Шафранська, 2010], Дністровському [Евдошук и др., 2014]; по Цигансько-ЧаDIRлунзько-Балабанівській системі дислокацій [Седлерова, 2015]; системі Цигансько-ЧаDIR-Лунгсько-Білгород-Дністровських глибинних тектонічних порушень [Науменко та ін., 2019]. У праці [Мельниченко, Шафранська, 2010] крім згаданих наведено ще 6 схем простягання цієї межі в цьому регіоні.

Ще більше розбіжностей трасування межі в межах північно-західного шельфу. Як зазначено в фундаментальній монографії, присвяченій геології та тектоніці шельфу України [Соллогуб и др., 1987], на більшій частині Азово-Чорноморського басейну північну межу розвитку складчастої основи СП не можна провести з впевненістю. Таким чином, на північно-західному шельфі Чорного моря ця межа проводиться досить умовно, що викликає великі розбіжності в її трасуванні за даними різних дослідників. У період із 1965 по 1984 р. різними авторами було запропоновано 15 варіантів проведення південної

межі СЄП [Соллогуб и др., 1987, рис. 37].

У пропонованій статті наводиться аналіз місцезнаходження цієї межі за 23 літературними джерелами, опублікованими з 1985 по 2020 р. (рис. 1). Як бачимо з рисунка, у різних публікаціях розбіжність положення зчленування СЄП і СП за широтою у західному Причорномор'ї сягає майже двох градусів, а на меридіані 34°с.д. — одного, що становить 213 і 102 км відповідно. У морфологічному відношенні (табл. 1) більшість дослідників проводять межу виключно акваторією, двоє (№ 5 та 19 таблиці та на рис. 1) — лише по Північному Причорномор'ю, а в чотирьох працях (№ 2, 4, 9 та 17) ця лінія захоплює як сушу, так і море. Каркінітська затока повністю лежить у межах СЄП у двох працях (№ 3 і 21), у межах СП — в п'яти (№ 2, 4, 5, 17 та 19), в решті шістнадцяти межу проведено по самій затоці.

Немає однаковості й з тектонічної точки зору (табл. 2). Криловський прогин відносять до структур платформи 8 авторів (№ 6, 10—13, 21—23 таблиці та на рис. 1), плити — 11 (№ 1, 2, 4, 5, 7—9, 17—20), а в трьох (№ 3, 14 та 16) межа січе цю западину. Хоча більшість дослідників відносять Кілійсько-Зміїне підняття до СП, троє (№ 11—13) приписують цю структуру до СЄП. Слід зазначити, що до 1985 р. більшість дослідників (дев'ять із п'ятнадцяти) прив'язували стик СЄП і СП до Голіцинської системи розломів, тоді як у подальшому прихильників цієї теорії зазначалося лише сім із двадцяти трьох. До того ж десять авторів (№ 1, 2, 4, 5, 7—9, 14, 17 і 19) проводять межу північніше від цього порушення, четверо (№ 3, 11, 13, 21) — південніше, і у двох працях (№ 10 та 23) ця лінія перетинає вказаний диз'юнктив (див. рис. 1).

Крім того, неоднозначно визначається і азимутальне простягання зони зчленування СП та СЄП (табл. 3). У шести працях вона спрямована з південного заходу на північний схід, а в [Окай, Nikishin, 2015] — ортогонально цьому напрямку. Поєднання ділянок з обома вказаними трендами виявляють у семи авторів (№ 3, 6, 8, 10, 15,

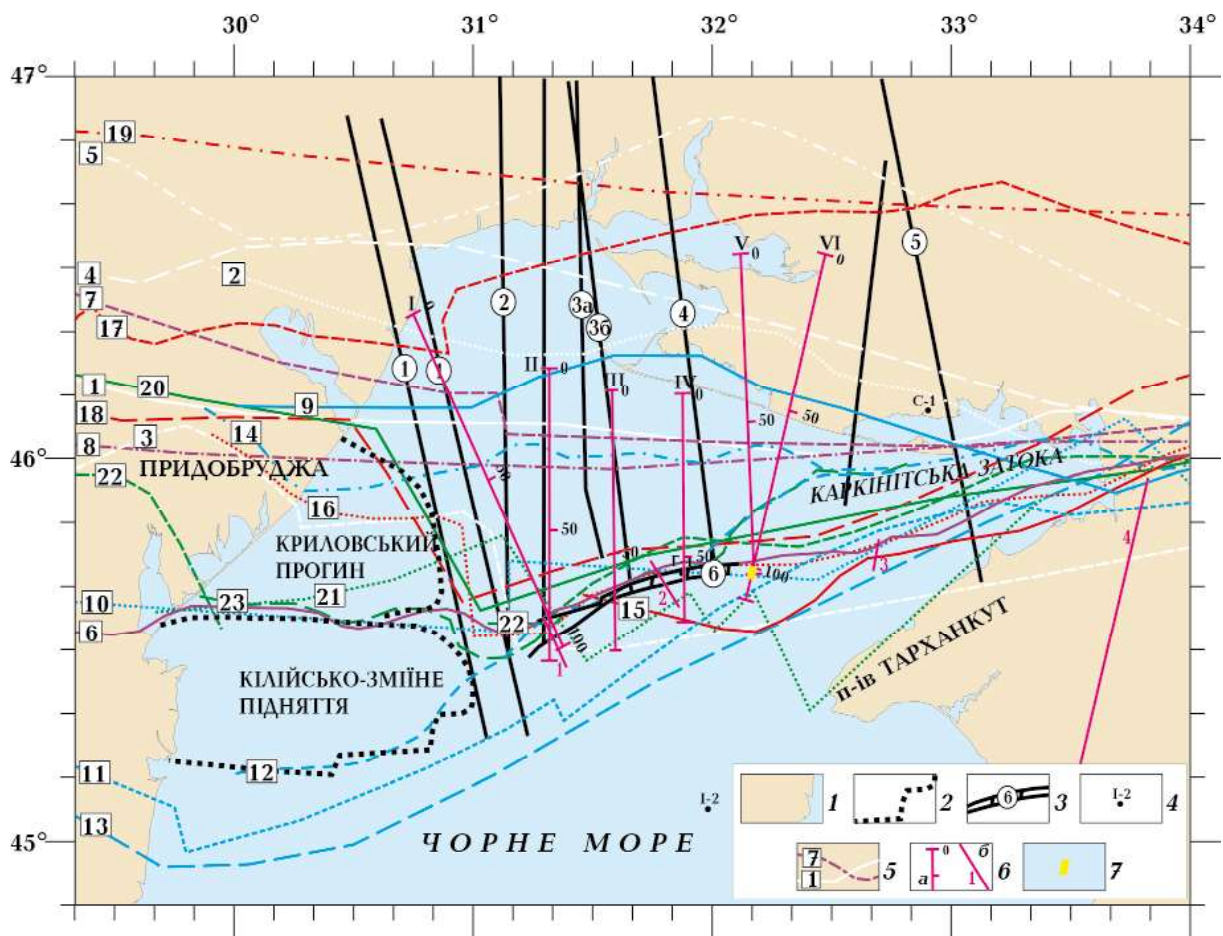


Рис. 1. Положення межі Східноєвропейської платформи та Скіфської плити за літературними даними: 1 — суходіл; 2 — межі тектонічних елементів; 3 — положення розломів (1 — Одеська зона, 2 — Раздольненський, 3 — Очаківський (а — за [Барг, Манюк, 2009], б — за [Тектоника..., 1988]), 4 — Миколаївський, 5 — Херсонський, 6 — Голіцинська зона розломів)); 4 — свердловини (Г-4 — Голіцина-4, І-2 — Іллічівська-2, С-1 — Скадовська-1); 5 — положення межі за даними (1 — [Туголесов и др., 1985]; 2 — [Бобаец и др., 1986]; 3 — [Соллоhub и др., 1987]; 4 — [Тектоника..., 1988]; 5 — [Robinson, 1997]; 6 — [Юдин, 2001]; 7 — [Dinu et al., 2005]; 8 — [Saintot et al., 2006]; 9 — [Барг, Манюк, 2009]; 10 — [Котляр, Верховцев, 2009]; 11 — [Тектоника..., 2009]; 12 — [Гожик та ін., 2010]; 13 — [Artemieva, Thybo, 2013]; 14 — [Евдощук и др., 2014]; 15 — [Гордиенко и др., 2015a]; 16 — [Гордиенко и др., 2015b]; 17 — [Леончик и др., 2015]; 18 — [Nikishin et al., 2015]; 19 — [Okay, Nikishin, 2015]; 20, 21 — [Starostenko et al., 2015, відповідно рис. 1 і рис. 10]; 22 — [Гордиенко и др., 2018]; 23 — [Stovba et al., 2020]); 6 — положення профілів (а — що інтерпретуються (IV — МСГТ № 598506, VI — ГСЗ № 25), б — що згадуються в тексті (1 — МСГТ № 94-47, 2 — МСГТ № 110050, 3 — МСГТ № 94501, 4 — КМЗХ-IX)); 7 — положення межі на профілі ГСЗ № 25, за [Соллоhub и др., 1987].

Fig. 1. The boundary between the East European platform and the Scythian plate according to literary data: 1 — dry land; 2 — boundaries of tectonic elements; 3 — position of faults (1 — Odesa zone, 2 — Rozdolnenskyi, 3 — Ochakivskyi (a — according to [Barh, Maniuk, 2009], б — according to [Tectonics..., 1988]), 4 — Mykolaivskyi, 5 — Khersonskyi, 6 — Golitsyn fault zone)); 4 — wells (G4 — Golitsyn-4, I2 — Illichivska-2, C1 — Skadovska-1); 5 — position of the boundary according to data (1 — [Tuholesov et al., 1985]; 2 — [Bobaets et al., 1986]; 3 — [Sollohub et al., 1987]; 4 — [Tectonics..., 1988]; 5 — [Robinson, 1997]; 6 — [Yudyn, 2001]; 7 — [Dinu et al., 2005]; 8 — [Saintot et al., 2006]; 9 — [Barh, Maniuk, 2009]; 10 — [Kotliar, Verkhovtsev, 2009]; 11 — [Tectonics..., 2009]; 12 — [Hozyk et al., 2010]; 13 — [Artemieva, Thybo, 2013]; 14 — [Evdoschuk et al., 2014]; 15 — [Hordienko et al., 2015a]; 16 — [Hordienko et al., 2015b]; 17 — [Leonchik et al., 2015]; 18 — [Nikishin et al., 2015]; 19 — [Okay, Nikishin, 2015]; 20, 21 — [Starostenko et al., 2015, fig. 1 and fig. 10 respectively]; 22 — [Hordienko et al., 2018]; 23 — [Stovba et al., 2020]); 6 — positions of profiles (a — interpreted (IV — MSHT No. 598506, VI — GSZ No. 25), б — mentioned in the text (1 — MSHT No. 94-47, 2 — MSHT No. 110050, 3 — MSHT No. 94501, 4 — KMZH-IX)); 7 — the boundary position on the profile of GSZ No. 25, according to [Sollohub et al., 1987].

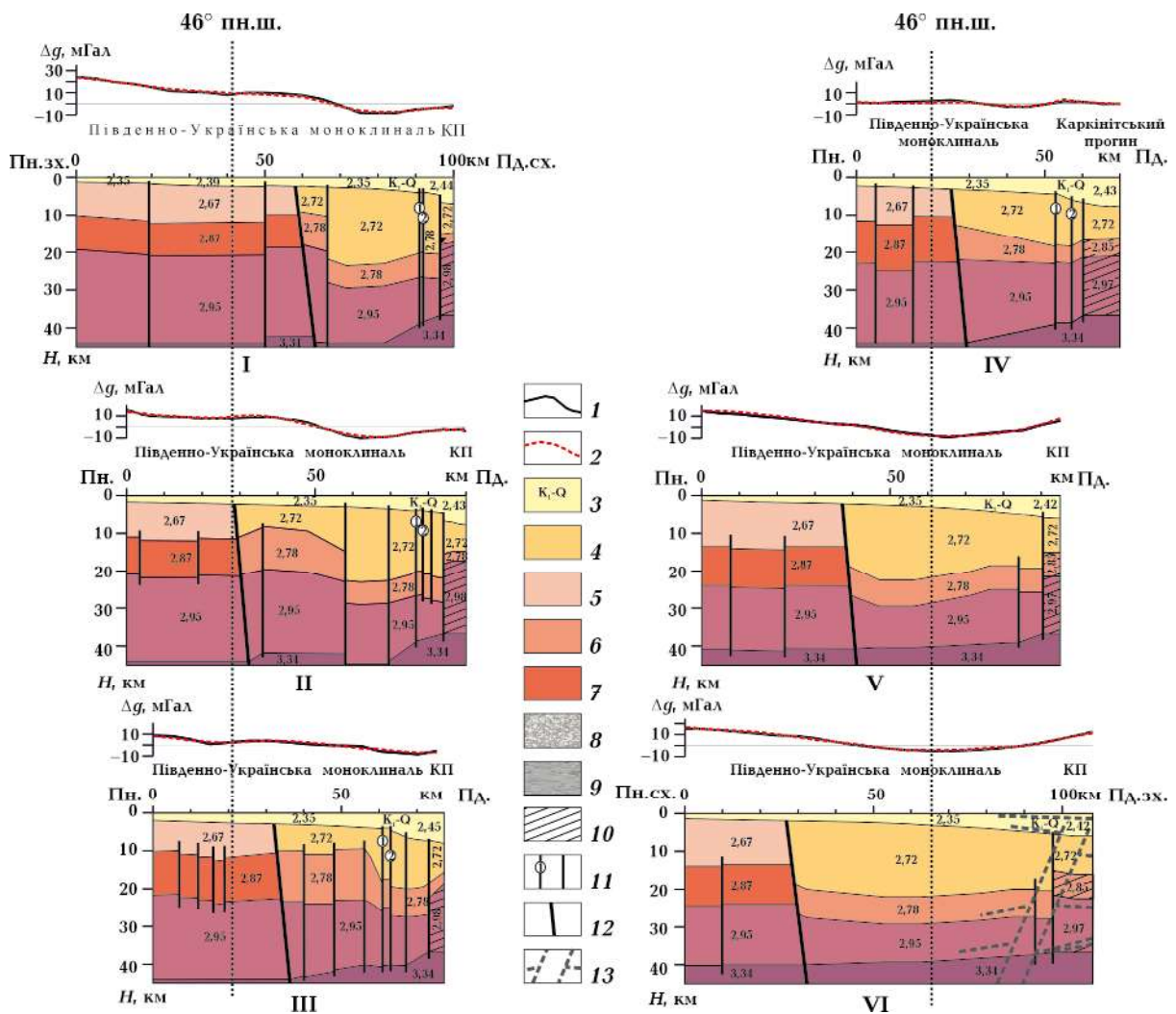


Рис. 2. Густинні моделі вздовж інтерпретованих профілів (положення див. на рис. 1) з відповідними гравітаційними аномаліями. Цифри — середньоінтервальні густини, g/cm^3 ; КП — Каркінітський прогин; 1 — спостережена аномалія $\Delta g_{в.п}$; 2 — модельна аномалія Δg ; 3 — осадовий чохол, за [Безверхов, 1988]; 4 — складчасто-метаморфічна основа Скіфської плити; 5 — граніти; 6 — гранодіорити; 7 — діорити; 8 — габро; 9 — верхня мантія; 10 — блок редукованої кори в основі Каркінітського прогину; 11 — розломи (1 — Північногोलіцинський, 2 — Південногोलіцинський); 12 — межа між Східноєвропейською платформою та Скіфською плитою; 13 — межа СЄП/СП за [Соллоуб и др., 1987].

Fig. 2. Density patterns along the interpreted profiles (see Fig. 1 for location) with corresponding gravity anomalies. Numbers are average interval densities, g/cm^3 ; KP — Karkinitzky depression; 1 — the observed anomaly $\Delta g_{в.п}$; 2 — model anomaly Δg ; 3 — sedimentary cover according to [Bezverkhov, 1988]; 4 — granites; 5 — folded-metamorphic base of the Scythian plate; 6 — granodiorites; 7 — diorites; 8 — gabbro; 9 — upper mantle; 10 — a block of reduced crust at the base of the Karkinitzky depression; 11 — faults (1 — North Golitsyn, 2 — South Golitsyn); 12 — the boundary between the East European platform and the Scythian plate; 13 — EEP/SP boundary as per [Sollohub et al., 1987].

17 і 22 таблиці та на рис. 1). Субширотне простягання протягом майже всієї акваторії показано лише в одній статті [Dinu et al., 2005]. Найбільш складну конфігурацію (поєднання ділянок ПдЗ—ПнС, ПдС—ПнЗ і С—З напрямків) стик СЄП та СП має у

восьми працях (№ 1, 2, 4, 5, 9, 14, 16 і 23). Таким чином, за цим параметром думки розділилися, за невеликим винятком, на три майже рівні групи.

Зміна тренду простягання межі, в основному, приурочена до розломів. Напри-

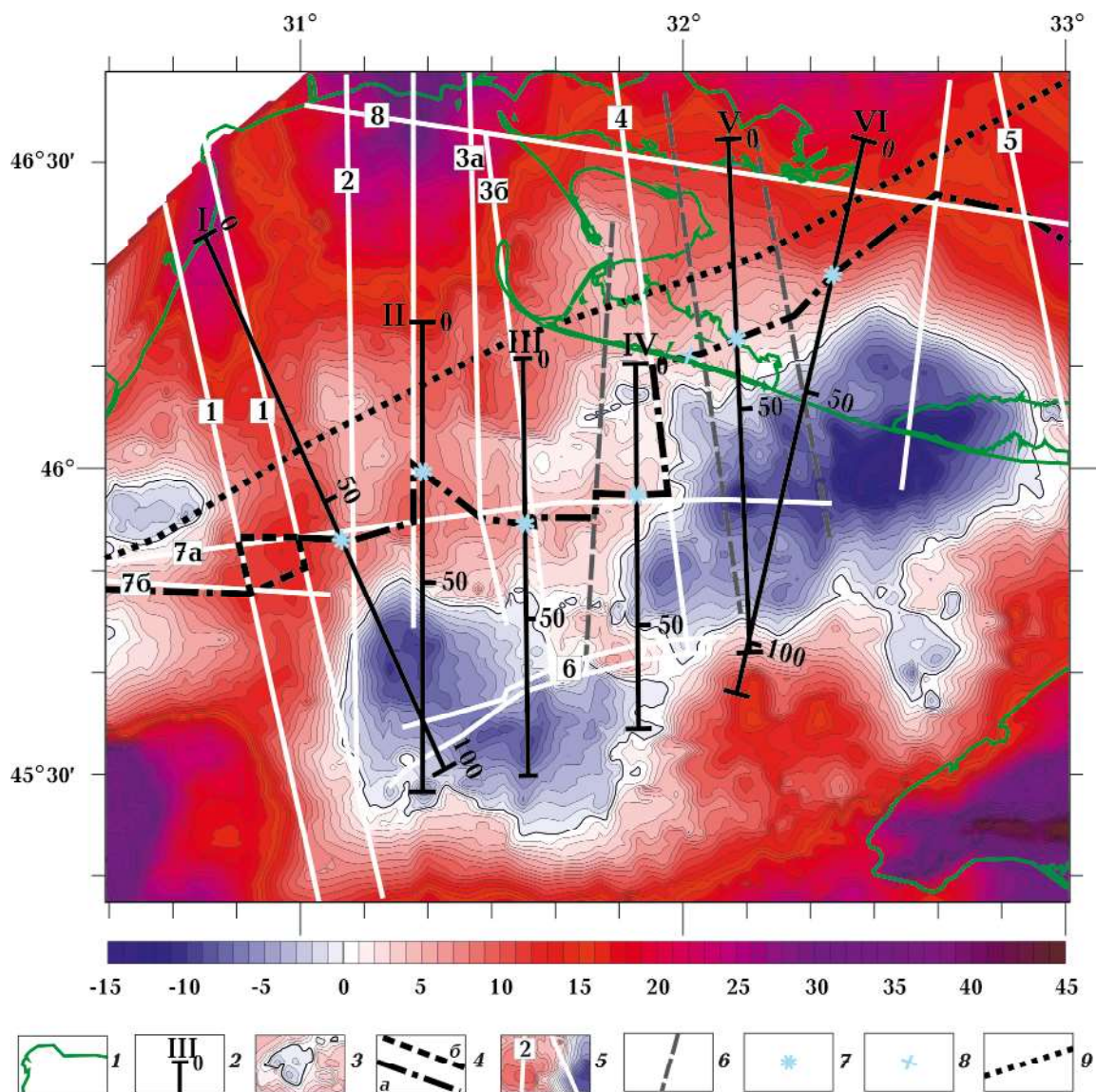


Рис. 3. Побудована авторами схема аномалій спостереженого поля сили тяжіння у вільному повітрі ($\Delta g_{\text{в.п.}}$) з положенням межі між ССП та СП: 1 — берегова лінія; 2 — інтерпретовані профілі; 3 — ізолінії $\Delta g_{\text{в.п.}}$, мГал; 4 — положення межі між ССП і СП за результатами досліджень (а — впевнене, б — передбачуване); 5 — розломи за літературними даними [Безверхов, 1988; Тектоника..., 1988б; Барг, Манюк, 2009; Котляр, Верховцев, 2009]: 1 — Одеська зона, 2 — Раздольненський, 3 — Очаківський (а — за [Барг, Манюк, 2009], б — за [Тектоника..., 1988]); 4 — Миколаївський, 5 — Херсонський, 6 — зона Голцінських розломів, 7 — Алібейський (а — за [Тектоника..., 1988б], б — за [Котляр, Верховцев, 2009], 8 — Очаківсько-Ачуйський); 6 — розломи, виділені за особливостями гравітаційного поля; 7 — місця виходу на поверхню фундаменту розлому, що утворює межу ССП/СП, на модельних профілях; 8 — місце виходу на поверхню фундаменту розлому, що утворює межу ССП/СП, за [Тутолесов и др., 1983]; 9 — ізолінія 50 мВт/м² розподілу теплового потоку, за [Кутас, 2020].

Fig. 3. The author's scheme of anomalies of the observed gravity field in free air ($\Delta g_{\text{в.п.}}$) with the boundary between the SEP and SP: 1 — coastline; 2 — interpreted profiles; 3 — isolines $\Delta g_{\text{в.п.}}$, mGal; 4 — the boundary position between SEP and SP according to research results (a — certain, b — predictable); 5 — faults according to literary data [Bezverkhov, 1988; Tectonics..., 1988b; Bargh, Maniuk, 2009; Kotliar, Verkhovtsev, 2009]: 1 — Odesa zone, 2 — Razdolnenskyi, 3 — Ochakivskyi (a — according to [Barg, Maniuk, 2009], b — according to [Tectonics..., 1988]); 4 — Mykolayivskyi, 5 — Khersonskyi, 6 — Golcynsky fault zone, 7 — Alibeiskyi (a — according to [Tectonics..., 1988], b — according to [Kotliar, Verkhovtsev, 2009], 8 — Ochakivsko-Achuiivskyi); 6 — faults identified by the particularities of the gravity field; 7 — the places of emergence of the fault foundation forming the SEP/SP boundary on the model profiles; 8 — the place of emergence of the fault foundation forming the SEP/SP boundary, according to [Tuholesov et al., 1983]; 9 — isoline of 50 mW/m² heat flow distribution according to [Kutas, 2020].

Таблиця 1. Морфологічна характеристика положення межі ССП/СП за літературними даними

Номер на рис. 1	Літературне джерело	Положення межі			Каркінітська затока		
		акваторія	суходіл	суходіл та акваторія	ССП	СП	ССП та СП
1	Туголесов и др., 1985	1	2	3	4	5	6
2	Богаец и др., 1986	+		+		+	+
3	Соллогуб и др., 1987	+			+		
4	Тектоника..., 1988б			+		+	
5	Robinson, 1997		+			+	
6	Юдин, 2001	+					+
7	Dinu et al., 2005	+					+
8	Saintot et al., 2006	+					+
9	Барг, Манюк, 2009			+			+
10	Котляр, Верховцев, 2009	+					+
11	Тектоника..., 2009	+					+
12	Гожик та ін., 2010	+					+
13	Artemieva, Thybo, 2013	+					+
14	Евдошук и др., 2014	+					+
15	Гордиенко и др., 2015а	+					+
16	Гордиенко и др., 2015б	+					+
17	Леончик и др., 2015			+		+	
18	Nikishin et al., 2015	+					+
19	Okay, Nikishin, 2015		+			+	
20	Starostenko et al., 2015, рис. 1	+					+
21	Starostenko et al., 2015, рис. 10	+			+		
22	Гордиенко и др., 2018	+					+
23	Stovba et al., 2020	+					+

Таблиця 2. Тектонічна характеристика положення межі СЄП/СП за літературними даними

Номер на рис. 1	Літературне джерело	Криловський прогин			Кілійсько-Зміне підняття		Положення лінії межі щодо зони Голцінських розломів			
		СЄП	СП	СЄП та СП	СП	СЄП	по ньому	на північ	на південь	січе
1	Туполесов и др., 1985	+	+		4	5	6	7	8	9
2	Богаец и др., 1986	+	+		+			+		
3	Сологуб и др., 1987			+	+				+	
4	Тектоника..., 1988б		+		+			+		
5	Robinson, 1997		+		+			+		
6	Юдин, 2001	+			+		+			
7	Dinu et al., 2005		+		+			+		
8	Saintot et al., 2006		+		+			+		
9	Барг, Манюк, 2009		+		+			+		
10	Котляр, Верховцев, 2009	+			+					+
11	Тектоника..., 2009	+				+			+	
12	Гожик та ін., 2010	+				+	+			
13	Artemieva, Thybo, 2013	+				+			+	
14	Евдошук и др., 2014			+	+			+		
15	Гордиенко и др., 2015а	—	—	-	+					+
16	Гордиенко и др., 2015б			+	+		+			
17	Леончик и др., 2015		+		+			+		
18	Nikishin et al., 2015		+		+		+			
19	Okay, Nikishin, 2015		+		+			+		
20	Starostenko et al., 2015, рис. 1		+		+		+			
21	Starostenko et al., 2015, рис. 10	+			+				+	
22	Гордиенко и др., 2018	+			+		+			
23	Stovba et al., 2020	+			+		+			

Таблиця 3. Азімутальне простягання зони зчленування СП та СЄП за літературними даними

Номер на рис. 1	Літературне джерело	ПДЗ—ПнС		ПДС—ПнЗ		ПДЗ—ПнС та ПДС—ПнЗ		С-З	ПЗ—ПнС, ПВ—ПнЗ та С—З	
		1	2	3	4	5				
1	Туголесов и др., 1985									+
2	Богаец и др., 1986									+
3	Сологуб и др., 1987					+				
4	Тектоника..., 1988б									+
5	Robinson, 1997									+
6	Юдин, 2001					+				
7	Dinu et al., 2005							+		
8	Saintot et al., 2006							+		
9	Барг, Манюк, 2009									+
10	Котляр, Верховцев, 2009							+		
11	Тектоника..., 2009			+						
12	Гожик та ін., 2010			+						
13	Artemieva, Thybo, 2013			+						
14	Евдощук и др., 2014									+
15	Гордиенко и др., 2015а							+		
16	Гордиенко и др., 2015б									+
17	Леончик и др., 2015							+		
18	Nikishin et al., 2015			+						
19	Окаґу, Nikishin, 2015						+			
20	Starostenko et al., 2015, рис. 1			+						
21	Starostenko et al., 2015, рис. 10			+						
22	Гордиенко и др., 2018							+		
23	Stovba et al., 2020									+

Таблиця 4. Співвідношення межі СП і СЄП та Одеського розлому за літературними даними

Номер на рис. 1	Літературне джерело	Зміна простягання по Одеському розлому		Характер зміни		Північніше розташований	
		відмічено	не відмічено	вигин	зміщення	східний борт	західний борт
1	Туголесов и др., 1985	1	2	3	4	5	6
2	Богаец и др., 1986		+				
3	Сологуб и др., 1987	+			+		+
4	Тектоника..., 1988б	+		+			
5	Robinson, 1997	+		+			
6	Юдин, 2001	+		+			
7	Dinu et al., 2005	+		+			
8	Saintot et al., 2006		+				
9	Барг, Манюк, 2009	+		+			
10	Котляр, Верховцев, 2009	+			+	+	
11	Тектоника..., 2009	+			+		+
12	Гожик та ін., 2010	+		+			
13	Artemieva, Thybo, 2013		+				
14	Евдошук и др., 2014	+		+			
15	Гордиенко и др., 2015а	—	—	—	—	—	—
16	Гордиенко и др., 2015б	+			+		+
17	Леончик и др., 2015	+			+	+	
18	Nikishin et al., 2015	+			+		+
19	Okay, Nikishin, 2015		+				
20	Starostenko et al., 2015, рис. 1	+			+		+
21	Starostenko et al., 2015, рис. 10	+			+		+
22	Гордиенко и др., 2018		+				
23	Stovba et al., 2020	+			+		+

клад, по Одеській зоні розломів ця межа змінює свій напрямок у 16 працях із 21 (табл. 4). Причому у майже половини авторів цей диз'юнктив проявляється лише як точки перегинів, а в інших зазначається зміщення межі вздовж даної системи розломів, у двох з них північніше розташовано східний борт, тоді як у більшості — західний.

Слід зазначити, що під час підрахунку точок зміни тренду в Одеській зоні розломів автори використовували ширшу смугу, ніж показано на рис. 1. Це пов'язано з тим, що розташування регіональних порушень у різних джерелах не збігається. Розкид на широті 46° пн.ш. становить для Раздольненського розлому 4 км, Очаківського — 9 км, Миколаївського — 15,5 км, Херсонського — 18 км, а Одеського — навіть 31 км. Можливо, це пов'язано з тим, що великий розлом є не лінією, а дійсно широкою смугою, іноді в кілька десятків кілометрів шириною [Краснощок, 1989]. Тому авторами при подальшій роботі використовувалось осереднене за всіма літературними джерелами положення регіональних розломів (див. рис. 1).

Аналіз табл. 1—4 показав, що попри накопичених за 35 років (з 1985 по 2020 р.) знань, навіть останнім часом не з'явилося однозначного трасування межі СЄП/СП. У цьому відношенні дуже показовим є 2015 рік, на який припадає майже чверть усіх публікацій, в яких дано положення цієї межі. В шести працях одного року представлено сім різних варіантів (№ 15—21 табл. 1—4).

У цих статтях із 9 загальних для цих праць зазначених вище параметрів лише два (належність Кілійсько-Зміїного підняття до СП та зсувний характер зміни простягання межі по Одеській зоні розломів) не мають розбіжностей. Максимальні ж відмінності виявлено за основним трендом межі та співвідношенням межі з Голіцинською зоною розломів — для яких існує по чотири різні варіанти.

У деяких авторів у працях одного і того ж року межа проводиться по-різному. Наприклад, у праці [Гордиенко и др., 2015а,б]

збіги за 3 параметрами, розбіжності — за 2; в [Nikishin et al., 2015; Окау, Nikishin, 2015] збіги за 2 параметрами, розбіжності — за 5.

У праці [Седлерова, 2015] на стор. 48 у першому абзаці Кілійсько-Зміїне підняття та Сулінська депресія описуються як структури СЄП, а у другому їх віднесено до СП.

Зазначені вище різночитання у визначенні розташування та конфігурації межі СЄП і СП викликані тим, що всі ці побудови засновані на теоретичних поглядах дослідників, оскільки з фактичного матеріалу є лише один, відпрацьований у 1966 р., профіль ГСЗ № 25, який перетинає північно-західний шельф Чорного моря вхрест простягання зони зчленування зазначених структур. Сейсмічна модель у ньому показала розріз земної кори до розділу Мохо [Соллогуб и др., 1987, рис. 25]. Цю інтерпретацію використовували як основу для своїх досліджень багато вчених аж до сьогодення [Кутас, 2011; Корчин, Русаков, 2019].

Однак визначення положення межі в цій моделі не є безперечним. Вже в середині вісімдесятих років минулого століття з'явилися сумніви в точності інтерпретації даних ГСЗ, оскільки заломлюючі горизонти, що встановлюються ГСЗ, не простежуються за профілями безперервно. На значних ділянках вони записані лише по одиночних годографах, а крім того, на будь-якому профілі ГСЗ є ділянки відсутності запису кожного з виділених горизонтів. Ув'язування впевнено записаних майданчиків між собою проводиться за тотожністю чи близькістю величин граничних швидкостей, визначених для цих майданчиків. Це не дуже надійний спосіб зіставлення. Також зазначається, що заломна межа, яка простежується при ГСЗ, на перегибах нерідко «зісковзує» з одного стратиграфічного горизонту на інший [Туголесов и др., 1985].

На сейсмічному розрізі по профілю ГСЗ № 25 [Соллогуб и др., 1987, рис. 25] бачимо, що серйозної структурної перебудови кори на межі між СП і СЄП, що постулю-

ються, не відбувається — по обидва боки від неї швидкості в «гранітному» шарі однакові і межа К знаходиться на одній глибині. Спроба пояснити відсутність різкої зміни швидкості на стику СЄП/СП тим, що для геологічних об'єктів однотипного мінерального складу в структурах різного віку та походження фізичні властивості порід та їх зміни з глибиною є близькими [Корчин, Русаков, 2019], не може вважатися аргументом, оскільки на плиті та платформі у верхній частині фундаменту на одній глибині залягають різні породи — осадово-метаморфічні з одного боку та кристалічні з іншого [Евдощук и др., 2014]. Більш вірогідним поясненням відсутності змін у корі є те, що виділений розлом не є межею між мегаструктурами.

Слід також зазначити, що інтерпретації годографів профілю ГСЗ № 25 сейсмогравітаційним моделюванням за методикою Лінкмод [Сейсмогравитационное..., 1994], розрахунками томографічної інверсії перших вступів сейсмічних хвиль [Козленко и др., 2009], променевим методом (ray-tracing method) [Баранова и др., 2011] та новою методикою сейсмічної томографії [Пийп, Ермаков, 2011] не підтвердили існування структурної межі СЄП/СП у місці, зазначеному в монографії [Соллогуб и др., 1987].

Дані геотерміки також не показують зміну теплових характеристик по обидва боки від Голіцинської системи розломів. На моделі вздовж профілю ГСЗ № 25 [Кутас, 2011] значення радіогенної теплогенерації та теплопровідності під Каркінітським прогином і прилеглої до нього з півночі Південноукраїнської моноклінали (ПУМ) однакові, поверхні модельних шарів до глибини 18 км горизонтальні від докрейдового континентального схилу Чорноморської западини аж до суходолу. Крім того, визначення теплового потоку (ТП) на шельфовій частині моноклінали разом з даними щодо прилеглої акваторії СП [Гордиенко и др., 2018] показали, що значення ТП, які є властивими для Скіфської плити, поширюються на північ від положення межі, визначеної за інтерпретацією даних ГСЗ [Соллогуб и др., 1987].

З 23 праць, у яких зазначено положення шовної зони СЄП/СП, лише дві обґрунтовані фактичним площинним матеріалом. У статті [Котляр, Верховцев, 2009] проанонсовано, що положення межі проведено на основі дешифрування космічних знімків. Однак на с. 60 зазначено, що простягання стику мегаструктур на схід від Одесько-Анкарської зони розломів не встановлено, і на більшій частині шельфу положення межі є лише «найвірогіднішим».

Єдиним із досліджень, що є у вільному доступі, в якому зона зчленування платформи та плити виділяється дійсно на підставі даних по всьому шельфу — це праця [Старостенко та ін., 2005], в якій межа СЄП/СП побудована за результатами використання комплексу потенційних полів.

У літературних джерелах є розбіжності також у напрямі падіння розлому, що розділяє СЄП і СП. За профілями ГСЗ № 25 [Соллогуб и др., 1987] і КМЗХ-ІХ [Плахотный, 1988а] показано круте падіння межі на північ. Таке трактування у першій з праць не здається переконливим, оскільки, як зазначено у праці [Туголесов и др., 1985], глибинні розломи, які з великою впевненістю виділяють дослідники за матеріалами ГСЗ, фактично у всіх випадках приурочені до перерв простежування заломних меж та, крім погляду інтерпретатора, ніяких об'єктивних критеріїв для їх встановлення не мають.

Інші дослідники вважають, що південна межа платформи круто нахилена на південь. Такі результати отримано, зокрема, у роботах [Тектоника Украины, 1988а; Мельниченко, Шафранська, 2010; Евдощук и др., 2014], присвячених вивченню Придобруджі — західної частини СП. Доказом того, що таке ж закладення зона зчленування має і на шельфі, слугує стаття, в якій на побудованому за даними МЗГТ субмеридіональному сеймостратиграфічному розрізі через шельф уздовж 32°с.д. на північ від Голіцинського підняття показано крутопадаючий на південь розлом, який розділяє породи архею та палеозою [Туголесов и др., 1983, рис. 2].

Є ще одна думка про те, що межа є колізійним швом (сутурою) південного нахилу [Юдин, 2001]. Проаналізуємо аргументацію, що наводить автор цієї ідеї, і розглянемо фактичні дані.

1. У рівнинному Криму та прилягаючій до нього акваторії глибинними свердловинами розкриті пізньопалеозойські магматичні породи.

Насправді, на північно-західному шельфі лише одна свердловина (Іллічівська-2) розкрила осадово-магматичні породи, та й то юрського віку (середній мезозой), тому трасування сутури на захід від Тарханкута викликає сумніви.

2. Магматити, згідно з основоположними принципами актуалістичної геодинаміки, могли формуватися лише на активній окраїні північніше від сутури.

Однак магматичні породи можуть мати різний генезис, зокрема рифтогенний, та не повинні формуватися відповідно до будь-яких принципів.

3. В обґрунтуванні сутури на шельфі у зазначеній праці наведено сейсмогеологічний розріз, у якому автор знаходить налягання протерозойських порід, що були розбурені в свердловині Голіцина-4, на слабодислокований палеозойський комплекс ПУМ (який в аналізованій праці називається «Предскифським крайовим прогином»).

Але за даними визначення абсолютного віку привибійні породи цієї свердловини представлено сланцями девона-пермі [Сулیمов, 1984], тобто палеозою, а не протерозою.

4. Автор стверджує, що сутура простежується багаточисельними профілями сейсморозвідки східніше та західніше св. Голіцина-4.

Насправді ж сутура на сейсмічних профілях не виявлена ні на профілі МЗГТ № 598506 [Безверхов, 1988], що проходить безпосередньо через цю свердловину, ні східніше, ні західніше. Як приклади можна навести дані наступних розрізів. Сейсмічний профіль МСГТ № 94501, що перетинає Каркінітське підняття на північ від Тарханкута, фіксує осадову товщу ниж-

ньої крейди, яка залягає на складчасто-метаморфічному фундаменті [Гожик та ін., 2007, рис. 4.10], а не на шаруватих відкладах. На профілі КМЗХ-ІХ [Плахотный, 1988а] подошва та покрівля верхньопалеозойського комплексу у південному напрямку піднімаються, а не занурюються; розломи мають північне падіння, а не південне. На сейсмічному профілі МСГТ № 94-47 і розташованому східніше від нього профілю МСГТ № 110050, які перетинають Голіцинську зону розломів, товща ймовірно середньої юри—нижньої крейди залягає на складчасто-метаморфічному фундаменті без ознак палеозойських платформених відкладів. У районі гаданої пологої сутури виокремлено Південноголіцинський розлом, що круто падає [Гожик та ін., 2007, рис. 4.16, 5.4].

Слід зазначити, що за даними буріння та сейсморозвідки об'єднання «Кримморгеологія» [Казанцев, 1982, рис. 19; Петровський та ін., 2009, рис. 3] на Голіцинській структурі насув уздовж покрівлі консолідованої кори виявлено на південь від св. Голіцина-4, а не на північ від неї, і протерозой насунуто на сеноман (верхня крейда), а не на палеозой, як показано в праці [Юдин, 2001, рис. 2, 3].

Таким чином, теорія В.В. Юдіна базується виключно на його геодинамічних позиціях і не підтверджується фактичними матеріалами.

Підбиваючи підсумки проведених на даний момент досліджень, можна зробити висновок, що, незважаючи на майже столітню історію вивчення положення межі Східноєвропейської платформи та Скіфської плити, це питання досі не вирішено. Саме тому автори поданої статті і вирішили дослідити цю проблему.

Постановка завдання досліджень. У поданій праці визначення положення південної межі Східноєвропейської платформи в межах північно-західного шельфу Чорного моря ґрунтується на використанні даних гравіметрії. Авторами була побудована схема аномалій поля сили тяжіння у вільному повітрі ($\Delta g_{в.п.}$) з перетином 1 мГал району, що вивчається, за фондовими ма-

теріалами гравіметричних зйомок, проведених донними гравіметрами у масштабі 1:100 000 з точністю вимірювань 0,18 мГал, що дає змогу будувати карти $\Delta g_{\text{в.п.}}$ детальною 0,5 мГал. Гравітаційні аномалії були проінтерпретовані методом двовимірного густинного моделювання вздовж профілів, побудованих на підставі сейсмічних розрізів ГСЗ, МЗГТ та КМЗХ.

Для отримання площинного уявлення про структуру літосфери в рамках вирішення поставленого завдання на попередніх етапах досліджень було виконано моделювання за чотирма субмеридіональними профілями з кроком по довготі близько 20' та двома діагональними [Козленко та ін. 2009; Козленко М., Козленко Ю., 2013а,б; Козленко М., Козленко Ю., 2014; Козленко М., Козленко Ю., 2020; Козленко М., Козленко Ю., 2021а]. Методика, за якою проводилося моделювання, та параметризація розрізів наведені у зазначених працях. Як показано в праці [Козленко М., Козленко Ю., 2021б], досягнення різниці між спостереженими та модельними аномаліями поля сили тяжіння менше ± 2 мГал суттєво підвищує деталізацію структури літосфери. Тому в даній статті раніше підібрані моделі були значно перероблені. Зменшення кроків між точками розрахунку та збільшення числа ітерацій при моделюванні призвело до зниження величин різницевої аномалії до шуканих значень.

Проведені методом ітераційного підбору розрахунки дали змогу впевнено виділити блоки земної кори з принципово різною будовою і тим самим надійно визначити положення контакту СЄП та Скіфської плити.

Визначення положення межі за гравіметричними даними. На рис. 2 показано густинні моделі та аномалії гравітаційного поля за відповідними профілями, положення яких показано на рис. 1. На всіх розрізах чітко виділяються транскорові розломи південного падіння, що розділяють блоки з принципово різною будовою земної кори. Ці порушення мають досить однакові характеристики — протягуються від поверхні фундаменту до мантії, і кути їх

падіння змінюються в невеликому діапазоні — від $82,8^\circ$ (профіль VI) до 85° (профіль V). На північ від цих диз'юнктивів консолідована кора представлена трьома шарами, значення густин яких відповідають зверху вниз гранітам, діоритам та габро. Поверхня мантії залягає горизонтально на кожному з профілів на глибинах від 40 км у східній частині акваторії до 44 км на заході. Така будова земної кори відповідає сучасним уявленням про структуру платформених областей.

У південних блоках верхній шар фундаменту представлено породами, значення густини яких відповідає осадово-метаморфічним утворенням. Нижче залягають шари гранодіоритів та габро. Поверхня мантії має складнішу, порівняно з північними блоками, конфігурацію із загальною тенденцією до підйому у південному напрямку. Як зазначено в праці [Артюшков і др., 2013], занурення кори зі збільшенням потужності осадового басейну відбувається внаслідок ущільнення та стоншення континентальної літосфери внаслідок утворення гранату у породах основного складу під дією мантії флюїдів. Виходячи з цього, отримані в результаті моделювання параметри консолідованої кори південних блоків вказують на активну тектонічну переробку кристалічного фундаменту краю СЄП. Така перебудова структури дає змогу віднести ці ділянки до більш молоді Скіфської плити. Отже, можна впевнено стверджувати, що зазначені вище розломи є межею між СЄП та СП.

Співставлення з моделлю VI (вздовж профілю ГСЗ № 25) відрізка відповідного сейсмічного розрізу з праці [Сологуб і др., 1987] продемонструвало, що лінеамент, який приймали раніше за межу СЄП та СП, насправді маркує розлом, що обмежує з півночі блок редукованої кори Каркінітського рифтогену.

Зіставлення положення межі на моделях із кривими $\Delta g_{\text{в.п.}}$ показало, що точка виходу цих розломів на поверхню фундаменту приурочена до локальної позитивної аномалії невеликої амплітуди, розташована

ної північніше від нульової позначки спостереженого поля сили тяжіння у вільному повітрі. При цьому простежується певна закономірність — значення $\Delta g_{\text{в.п.}}$ у цих місцях на заході та сході досліджуваного регіону становлять близько 9 мГал, тоді як у центрі — 3—4 мГал (див. рис. 2).

З метою визначення площинного простягання зони зчленування СЄП та СП на схему аномалій гравітаційного поля було накладено місця виходу межі на поверхню фундаменту кожного з модельних профілів (рис. 3).

На профілях I—IV ці точки чітко лягли на лінію, яка з'єднує локальні максимуми позитивних аномалій поля, що розташовані північніше найближчих до них негативних значень. Тому саме цей параметр був прийнятий за ознаку межі між СЄП та СП. Ланцюжки таких аномалій впевнено простежуються західніше першого профілю до берегової лінії та східніше четвертого до Миколаївського розлому. Відповідно до цього лінія межі за межами профілів була екстрапольована саме за максимумами локальних додатних аномалій.

У межах Одеської зони розломів простежуються дві паралельні лінії максимумів $\Delta g_{\text{в.п.}}$, тому можливі два варіанти проведення межі, або ж в цьому районі вказаний розділ має більш складний, імовірно, ступінчастий характер, зумовлений специфічною будовою цієї ділянки СЄП, яка являє собою фрагмент пізньоархейського чарнокит-гранулітового поясу з накладеною на нього ранньопротерозойською геосинклинальною зоною [Соллогуб и др., 1987].

Вздовж Миколаївського розлому ланцюжок позитивних аномалій зміщується північніше і на схід від нього не простежується до перетину розломів Очаківсько-Ачуєвського та безіменного на $32^{\circ}40'$ с.д. (за [Гаркаленко, 1970]). Тому в цьому інтервалі положення межі проведено шляхом інтерполяції між профілями та екстраполяції за їх межами з урахуванням характеристик поля $\Delta g_{\text{в.п.}}$.

Для підтвердження правильності виділення положення межі за гравіметрич-

ними даними можна навести наступні обґрунтування.

На сейсмостратиграфічному розрізі [Туголесов и др., 1983, рис. 2], який детально відображає глибинну будову північно-західного шельфу, показано стик архейських і палеозойських порід, що круто падає на південь. Його точка виходу на поверхню фундаменту ідеально лягає на отриману за гравітаційними аномаліями лінію межі СЄП і СП (див. рис. 3).

На підставі досить нових визначень теплового потоку на шельфовій частині ПУМ разом із даними щодо прилеглої акваторії СП у монографії [Гордієнко и др., 2018] зазначено, що середня величина теплового потоку в Криму та на шельфі становить близько 60 мВт/м^2 , що є суттєво більшим (приблизно на 20 мВт/м^2), ніж значення, характерні для платформних регіонів України. У праці [Кутас, 2020] вказано конкретні значення: щільність теплового потоку для Східноєвропейської платформи становить $30\text{—}50 \text{ мВт/м}^2$, а Скіфської плити — $50\text{—}70 \text{ мВт/м}^2$. Тобто межа СЄП та СП повинна маркуватися значеннями 50 мВт/м^2 .

На рис. 3 винесено ізолінію 50 мВт/м^2 розподілу ТП у північній частині шельфу Чорного моря [Кутас, 2020]. Вона проходить трохи північніше від межі, визначеної за результатами гравітаційного моделювання, субпаралельно їй. Враховуючи точності зйомок та похибки проведення ізоліній, можна вважати, що лінії стику мегаструктур за тепловими та гравіметричними даними практично збігаються.

Підтвердженням того, що північний край СП на схід від Миколаївського розлому зміщується на континентальну частину ПУМ, можуть слугувати дані буріння свердловини Скадовська-1 (східне узбережжя північно-західного шельфу), в якій в інтервалі глибин $2550\text{—}3050 \text{ м}$ була розкрита юрська товща, що містить лужні граніти [Улановская, Калинин, 2017]. Присутність вулканітів в осадах такого віку вказує на тектонічну активізацію цього району в пізньокіммерійську епоху, чого не зафіксовано в межах СЄП.

Просторові характеристики південної межі Східноєвропейської платформи. Конфігурація отриманої межі майже по всій довжині контролюється відомими диз'юнктивами. На захід від Одеської зони розломів ця лінія лягає на Алібейський розлом [Котляр, Верховцев, 2009]. Інше порушення з тією самою назвою [Тектоника..., 1988б], що лежить дещо північніше, практично трасує лінію стику СЄП/СП від Одеського до Миколаївського розлому. Ще один — Очаковсько-Ачуєвський — майже збігається з ділянкою межці на схід від Херсонського розлому.

Загалом стик між СЄП і СП має складний, зигзагоподібний характер і змінює простягання при перетині з глибинними розломами, як відомими за літературними даними, так і виділеними за особливостями гравітаційного поля. Точки перетину з субмеридіональними диз'юнктивами в одних випадках (розломи Раздольненський, Очаківський [Барг, Манюк, 2009] (За на рис. 1, 3), Херсонський, порушення на $32^{\circ}40'$ і два диз'юнктиви, що були виділені авторами за характерними особливостями поля сили тяжіння) викликають тільки зміну напрямку, в інших (Одеська зона розломів, порушення на $31^{\circ}18'$ ([Гилькман, Носовский, 1971]), Очаківський [Тектоника..., 1988б] (Зб на рис. 1, 3), Миколаївський та один, визначений за аномаліями Δg , фіксують латеральне зміщення за широтою, іноді незначне — вздовж розлому Зб всього 1 км, тоді як для Миколаївського ця величина сягає 25 км. Ділянки межі з субмеридіональним зсувом мають азимут простягання $348\text{—}352^{\circ}$, 0° і 3° , що вказує на їх безперечний зв'язок зі структурами СЄП. Так, в Одеській та Миколаївській областях на роздіаграмах тектонотополінеаментів перевагою користуються два максимуми: $295\text{—}310^{\circ}$ та $350\text{—}5^{\circ}$ [Ломакин и др., 2016]. Таким чином, отримані в результаті досліджень азимуту майже повністю укладаються в другий з діапазонів зазначеної статті.

З рис. 3 бачимо, що формування південної межі СЄП контролювалося, крім субмеридіональної складової, ще трьома тектонічними системами — широтною, на-

прямами ПнС—ПдЗ (з азимутами від 54 до 76°) та ПнЗ—ПдС (з азимутами $281\text{—}299^{\circ}$). Ці три вектори є характерними для тектонічних елементів СП у Придобруджі та Криму [Мельниченко, Шафранська, 2010; Ломакин и др., 2016] та не відзначаються в межах причорноморської ділянки СЄП.

Широтна складова межі безсумнівно пов'язана з утворенням верхньобайкальського структурно-формаційного комплексу, домінуючим простяганням структур якого в межах північно-західного шельфу є субширотне [Богаец и др., 1986]. Вік інших напрямків визначається менш однозначно через те, що пізніші тектонічні цикли часто успадковували структуру попередніх. Напрямок ПнЗ—ПдС характерний як для байкальських, так і для герцинських утворень СП не тільки Криму, а й Придобруджі. Що стосується ділянок межі ПдЗ—ПнС простягання, то така орієнтація отримана для герцинід на п-ові Тарханкут [Плахотный, 1988а] та байкалід у східній частині рівнинного Криму [Плахотный, 1988б].

Виходячи з викладеного, можна зробити висновок, що конфігурація межі визначалася багатофазною тектонічною перебудовою південного флангу платформи, а древні розломи СЄП зумовили розподіл плити на блоки, у кожному з яких процеси перетворення протікали по-різному. Це помітно з відмінностей розрізів земної кори та кутів нахилу межі на густинних моделях (див. рис. 2). При цьому слід зазначити, що, як бачимо з рис. 3, профілі, крім IV, перетинають лінію межі не під прямим кутом, і модельні кути падіння (\angle°) зони зчленування (див. рис. 2), не є істинними. Після перерахунку величини \angle° за нормаллю до простягання стику мегаструктур було отримано наступні результати в напрямку із заходу на схід: у блоці між Одеською зоною розломів та розломом на $31^{\circ}18'$ межа СЄП/СП падає на південь під кутом $83,5^{\circ}$, далі до розлому Зб цей параметр становить 85° , на захід від Миколаївського розлому — $84,5^{\circ}$, на схід від нього — $85,5^{\circ}$. Ці цифри досить близькі між собою, але їхня індивідуальність для кожної ділянки підкреслює блокову будову регіону.

Висновки. Проведений аналіз положення межі Східноєвропейської платформи та Скіфської плити за 23 літературними джерелами (з 1985 по 2020 р. включно) показав, що однозначного трасування положення межі СЄП/СП досі немає. Відмінності зазначаються в морфологічному та тектонічному плані, в азимутальному простяганні межі та його співвідношенні з Одеською зоною розломів. Встановлено значну розбіжність у місцезнаходженні практично всіх регіональних порушень у різних дослідників. Розкид становить від 4 до 31 км. Тому автори використовували схему з осередненим за всіма літературними джерелами положенням регіональних розломів. Проаналізовано аргументацію теорії В.В. Юдіна про межу між СЄП та СП як колізійний шов (сутуру) південного нахилу та наведено дані, які свідчать не на її користь.

Системне двовимірне густинне моделювання дало змогу впевнено виділити блоки земної кори з принципово різною будовою і цим надійно визначити положення контакту СЄП і СП, який представлено трансковим розломом південного падіння з кутами нахилу від $83,5^\circ$ до $85,5^\circ$ на різних ділянках межі.

Порівняння гравітаційної моделі за профілем ГСЗ № 25 із сейсмічним розрізом з праці [Соллогуб и др., 1987], яку багато дослідників використовували як основу для своїх побудов, продемонструвало, що лінеамент, який приймався раніше за межу СЄП та СП, насправді маркує розлом, що обмежує з півночі блок редукованої кори Каркінітського рифтогену.

Визначено положення південної межі Східноєвропейської платформи в межах північно-західного шельфу Чорного моря завдяки комплексному використанню даних гравіметрії — результатів системного

двовимірного моделювання та характерних ознак гравітаційного поля. Отримані в результаті розрахунків точки виходу межі на поверхню фундаменту, співставлені зі схемою $\Delta g_{в.п.}$, дали змогу визначити просторове положення стику СЄП та СП, що має зигзагоподібний характер. На захід від Миколаївського розлому лінію стику СЄП/СП практично трасує Алібейський розлом. Очаковсько-Ачугівський майже збігається з ділянкою межі на схід від Херсонського розлому.

Точки перетину межі з субмеридіональними диз'юнктивами в одних випадках викликають лише зміну напрямку, в інших фіксують латеральне зміщення за шириною від 1 до 25 км. Проведені дослідження показали, що формування південної межі СЄП контролювалося, крім характерної для цієї мегаструктури субмеридіональної складової, ще трьома тектонічними системами — широтною, напрямками ПнС—ПЗ та ПнЗ—ПС. Ці три вектори характерні для тектонічних елементів СП у Придубруджі та Криму та не виявлено в межах причорноморської ділянки СЄП.

Підтвердженням правильності виділення положення межі за гравіметричними даними є раніше отримані іншими дослідниками результати сейсмостратиграфії та термометрії.

Результати проведених досліджень показали, що межа між СЄП та СП від Одеського до Херсонського розлому залягає в межах ПУМ, причому як у морській, так і сухопутній її частині. Таким чином, післяюрський осадовий чохол Південноукраїнської моноклінали, покриваючи денудовану поверхню фундаменту двох різновікових та різнорідних мегаструктур, приховує стик між ними, який проявляється лише у будові кристалічної кори.

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 континен-

тальной литосфере. *Геологическая история, возможные механизмы и проблемы формирования впадин с субокеанической и аномально тонкой корой в провинциях с*

- континентальной литосферой: *Материалы XLV Тектонического совещания*. Москва: ГЕОС, 2013. С. 9—13.
- Баранова Е.П., Егорова Т.П., Омельченко В.Д. Обнаружение волновода в фундаменте северо-западного шельфа Черного моря по результатам переинтерпретации материалов ГСЗ профилей 26 и 25. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 6. С. 15—29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i6.2011.116790>.
- Барг І.М., Манюк В.В. Стратиграфія палеогенових відкладів південного схилу Українського щита (Нікопольсько-Марганецький район). *Вісник Дніпропетровського університету. Сер. геологія, географія*. 2009. Т. 17. № 3/2. С. 3—12.
- Безверхов Б.Д. Тектоника мезокайнозойского осадочного чехла на северо-западе Черного моря, как основа прогнозирования нефтегазопоисковых 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., Яцеленко В.С. Геология шельфа УССР. Нефтегазоносность. Киев: Наук. думка, 1986. 152 с.
- Гаркаленко І.А. О глубинных разломах юга и юго-востока Украины. *Геол. журн.* 1970. Т. 30. Вып. 3. С. 3—14.
- Гилькман А.И., Носовский М.Ф. К вопросу о происхождении, структурном объеме и границах Причерноморской впадины. *Геол. журн.* 1971. Т. 31. Вып. 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., Цьоха О.Г. Геолого-структурно-термоатмогеохімічне 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., Масвський 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 І.В., Гордиенко Л.Я., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н. Современная активизация и нефтегазоносность запада Скифской плиты. *4-е Кудрявцевские чтения. Всерос. конф. по глубинному генезису нефти*. Москва, ЦГЭ, 19—21 октября 2015а.
- Гордиенко В.В., Гордиенко І.В., Завгородняя О.В. Современная активизация и тепловое поле Южно-Украинской моноклинали и Скифской плиты. *Доп. НАН України*. 2015б. № 7. С. 85—90.
- Гордиенко В.В., Гордиенко І.В., Завгородняя О.В., Логвинов И.М., Тарасов В.Н. Южно-Украинская моноклиналь, Скифская плита, Черное море (геофизика, глубинные процессы). Киев, 2018. 131 с.
- Євдошук Н.І., Рослий І.С., Скребець М.О. Бирингінг Придобруджинсько-Дністровської зони і перспективи нафтогазоносності северочорноморського (Одеського) авлакогена. *Тектоніка і стратиграфія*. 2014. Вып. 41. С. 5—15.
- Казанцев Ю.В. Тектоника Крыма. Москва: Наука, 1982. 112 с.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Глубинное строение и развитие Скифской плиты в мезокайнозойе в сечении профиля МОВ ОГТ № 598506. *Геофиз. журн.* 2013а. Т. 35. № 2. С. 98—110. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i2.2013.111344>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Строение и развитие восточной части северо-западного шельфа Черного моря (по результатам интерпретации геофизических данных вдоль профиля II КМПВ). *Геофиз. журн.* 2013б. Т. 35. № 4. С. 63—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i4.2013.111420>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Структура и эволюция верхней части земной коры северо-западного шельфа Черного моря. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 4. С. 65—74.

- <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i4.2014.116025>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Будова літосфери, тектоніка та еволюція Скіфської плити та прилеглих структур в перетині профілю bs05-22 (за даними 2-D густинного моделювання). *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2020. Т. 16. № 3. С. 13—29. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.013>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Влияние особенностей разностной аномалии на детализацию двумерных плотностных моделей. *Геофиз. журн.* 2021а. Т. 43. № 6. С. 162—172. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251557>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В. Глибинна будова, тектоніка, еволюція і вуглеводневий потенціал північно-західного шельфу Чорного моря уздовж 31°20' с.д. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2021б. Т. 17. № 3. С. 3—21. <https://doi.org/10.15407/gpimo2021.03.003>.
- Козленко М.В., Козленко Ю.В., Лысинчук 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.
- Корчин В.А., Русаков О.М. Зона разуплотнения термобарического типа в кристаллической коре северо-западного шельфа Черного моря — потенциальный региональный коллектор абиогенного метана. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 2. С. 99—111. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164456>.
- 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.
- Краснощек А.Я. Пространственные особенности активизации глубинных разломов в западной части Черного моря. *Геол. журн.* 1989. № 1. С. 84—88.
- Кутас Р.И. Геотектонические и геотермические условия зон флюидной и газовой разгрузки в Черном море. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 5. С. 16—52. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215070>.
- Кутас Р.И. Геотермические разрезы земной коры и верхней мантии Черного моря и его северного обрамления. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 6. С. 50—67. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i6.2011.116792>.
- Леончик М.И., Сенин Б.В., Хортов А.В. Перспективы газоносности кайнозоя Черного моря. *Вести газовой науки*. 2015. № 2(22). С. 54—62.
- Ломакин И.Э., Покалюк В.В., Кочелаб В.В., Шафранская Н.В., Шураев И.Н. Закономерности пространственной ориентировки тополинеamentных систем северного Причерноморья. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2016. № 4. С. 86—102.
- Лукин А.Е. О происхождении нефти и газа (геосинергетическая концепция природных углеводородно-генерирующих систем). *Геол. журн.* 1999. № 1. С. 30—42.
- Мельниченко Т.А., Шафранська Н.В. Тектоніка і структурний план Переддобрудзького прогину. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2010. № 3. С. 76—84.
- Науменко О.Д., Коржнев П.М., Стрижак В.П., Дезес М.О. Прогноз нафтогазоносності середньо- та верхньоюрських карбонатних товщ північно-західної частини Чорного моря та прилеглого суходолу за седиментаційно-палеогеоморфологічними критеріями. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2019. Т. 15. № 2. С. 52—67. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.052>.
- Петровський О.П., Габльовський Б.Б., Ганженко Н.С., Федченко Т.О. Обґрунтування можливості картування нафтогазоперспективних об'єктів в умовах північно-західної частини шельфу Чорного моря на основі сейсмогравітаційного моделювання. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2009. № 3(21). С. 26—33.
- Пийп В.Б., Ермаков А.П. Океаническая кора Черноморской впадины по сейсмическим данным. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*. 2011. № 5. С. 61—68.
- Плахотный Л.Г. Байкалиды Крыма. *Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. Геол.* 1988а. Т. 63. Вып. 6. С. 3—13.
- Плахотный Л.Г. Герциниды Крыма. *Геол. журн.* 1988б. № 4. С. 76—85.

- Седлерова О.В. Геологічна інтерпретація результатів інтеграції даних багатоспектрального космічного знімання і геологогеофізичних даних для прогнозування нафтогазоперспективних зон на регіональному рівні (на прикладі Північно-Західного шельфу Чорного моря). *Укр. журн. гістанційного зондування Землі*. 2015. № 7. С. 47—57.
- Сейсмогравитационное моделирование при изучении литосферы. Отв. ред. В.И. Старостенко, Я. Шванцара. Киев: Наук. думка, 1994. 292 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., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б., Русаков О.М., Кутас Р.И., Легостаева О.В. Разломная тектоника консолидированной коры северо-западного шельфа Чорного моря. *Геофиз. журн.* 2005. Т. 27. № 2. С. 195—207.
- Сулимов И.Н. Геология Украинского Черноморья. Одеса: Вища школа, 1984. 127 с.
- Тектоника северного Причерноморья. Отв. ред. И.И. Чебаненко. Киев: Наук. думка, 1988а. 164 с.
- Тектоника Украины. Под. ред. С.С. Круглова, А.К. Цыпко. Москва: Недра, 1988б. 254 с.
- Тектоника южного обрамления Восточно-Европейской платформы (Объяснительная записка к тектонической карте Черноморско-Каспийского региона. Масштаб 1:2 500 000). Под ред. В.Е. Хаина. В.И. Попкова. Краснодар: Изд. Кубан. гос. ун-та, 2009. 213 с.
- Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б., Соловьев В.В., Хахалев Е.М. Опыт изучения стратиграфии кайнозойских отложений Черного моря. *Советская геология*. 1983. № 6. С. 73—82.
- Туголесов Д.А., Горшков А.С., Мейснер Л.Б., Соловьев В.В., Хахалев Е.М. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. Москва: Недра, 1985. 215 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. Том V. С. 362—365.
- Юдин В.В. Предскифийский краевой прогиб. Геодинамика и нефтегазоносные системы Черноморско-Каспийского региона. *Сб. докл. III Междунар. конф. «Крым-2001»*. Симферополь: Таврия-Плюс, 2001. С. 177—183.
- Artemieva, I.M., & Thybo, H. (2013). EUNaseis: A seismic model for Moho and crustal structure in Europe, Greenland, and the North Atlantic region. *Tectonophysics*, 609, 97—153. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.08.004>.
- Dinu, C., Wong, H.K., Tambrea, D., & Matenco, L. (2005). Stratigraphic and structural characteristics of the Romanian Black Sea shelf. *Tectonophysics*, 410(1-4), 417—435. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.04.012>.
- Nikishin, A., Okay, A., Tüysüz, 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>.
- Okay, A., & Nikishin, A. (2015). Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57(5-8), 1051—1076. <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1010609>.
- Robinson, A.G. (1997). Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. *AAPG Memoir*. 68, 1—6.
- Saintot, A., Stephenson, R.A., Stovba, S., Brunet, M-F., Yegorova, T., & Starostenko, V. (2006). The evolution of the southern margin of Eastern Europe (Eastern European and Scythian platforms) from the latest Precambrian-Early Palaeozoic to the Early Cretaceous. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (pp. 481—505). *Geol. Soc. London Mem.* 32.
- Starostenko, V.I., Rusakov, O.M., Pashkevich, I.K., Kutas, R.I., Makarenko, I.B., Legostaeva, O.V., Lebed, T.V., & Savchenko, A.S. (2015). Heterogeneous structure of the lithosphere in the Black Sea from a multidisciplinary

analysis of geophysical fields. *Геофиз. журн.* Т. 37. № 2. С. 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i2.2015.111298>.

Stovba, S.M., Popadyuk, I.V., Fenota, P.O., &

Khriachtchevskaia, O.I. (2020). Geological structure and tectonic evolution of the Ukrainian sector of the Black Sea. *Геофиз. журн.* Т. 42. № 5. С. 53—106. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215072>.

Locating the southern boundary of the East European Platform within the north-western Black Sea shelf according to gravimetric data

M.V. Kozlenko, Yu.V. Kozlenko, 2022

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

The work is devoted to the problem of determining the position of the border of the East European Platform (EEP) and the Scythian Plate (SP), which is of great economic importance in dividing the north-western shelf of the Black Sea into more and less promising areas for hydrocarbons. An analysis of the allocation of the juncture of EEP and SP using 23 literature sources published from 1985 to 2020 was performed. The essential differences in drawing the relevant line by different authors are shown. A method for determining the position of the southern boundary of the EEP within the north-western shelf of the Black Sea is proposed, based on the integrated use of gravimetry data — characteristic features of the gravity field ($\Delta g_{f,a}$) and the results of systematic two-dimensional density modeling. The outcome of modelling allowed determining the position and nature of the EEP and SP junction in the section of the earth's crust, which turned out to be a transcrustal fracture of the southern falling with angles of inclination from 83.5° to 85.5° in different parts of the shelf. According to calculations of the exit points of the faults on the basement surface superimposed on the scheme $\Delta g_{f,a}$ made it possible to identify the spatial position of the junction of EEP and SP and its extension outside the modeling area for the entire study area. It is established that this line has a zigzag character, changing direction at the intersection with submeridional faults. It is shown that the formation of the southern boundary of EPS was controlled, except for the submeridional component characteristic of EPS, by three other systems — latitude, directions NE-SW and NW-SE, which are observed for tectonic elements of SP in Pridobruzha and Crimea. The correctness of the determination of the boundary position by gravimetric data is confirmed by the results of seismic stratigraphy and thermometry previously obtained by other researchers.

Key words: East European platform, Scythian plate, northwest shelf of the Black Sea, gravity field, two-dimensional density modelling, structure of the Earth's crust.

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. In *Geological history, possible mechanisms and problems of suboceanic and anomalously thin crust depressions formation in provinces with continental lithosphere. Proceedings of XLV Tectonic Meeting* (pp. 9—13). Moscow: GEOS (in Russian).
- Baranova, E.P., Yegorova, T.P., & Omelchenko, V.D. (2011). Detection of a waveguide in the basement of the northwestern shelf of the Black Sea according to the results of reinterpretation of the DSS materials of profiles 26 and 25. *Геофизический журнал*, 33(6), 15—29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i6.2011.116790> (in Russian).
- Barg, I.M., & Manyuk, V.V. (2009). Stratigraphy of

- Paleogene sediments of the southern slope of the Ukrainian Shield (Nikopol-Marganets district). *Visnyk Dnipropetrovskogo universytetu. Ser. geologiya, geografiya*, 17(3/2), 3—12 (in Ukrainian).
- 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). *Candidate's thesis*. Odessa, 205 p. (in Russian).
- Bogayets, A.T., Bondarchuk, G.K., Les'kiv, 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., Shevchenko, 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).
- 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).
- Gozhik, P.F., Bagriy, I.D., Voytsytskiy, Z.Y., Gladun, V.V., Maslun, N.V., Znamenskaya, T.O., Aksyom, S.D., Klyushina, 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).
- Gozhik, P.F., Chebanenko, I.I., Evdoschuk, M.I., Krupskiy, B.L., Gladun, V.V., Galko, T.M., Maevskiy, 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., & Paholok, 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., Gordienko, L.Ya., Zavgorodnyaya, O.V., Logvinov, I.M., & Tarasov, V.N. (2015a). Modern activation and oil and gas content of the western Scythian Plate. *4-th Kudryavtsev Readings. All-Russian Conference on Depth Oil Genesis. Moscow, CGE, 19—21 October 2015* (pp. 19—21) (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., & Zavgorodnyaya, O.V. (2015b). Modern activation and thermal field of the South Ukrainian monocline and the Scythian plate. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (7), 85—90 (in Russian).
- 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).
- Kazantsev, Yu.V. (1982). *Tectonics of the Crimea*. Moscow: Nauka, 112 p. (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2013a). Deep structure and development of the Scythian plate in the Mezokainozoic in the section of the profile of MOV-OGT No. 598506. *Geofizicheskii Zhurnal*, 35(2), 98—110. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i2.2013.111344> (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2013b). Structure and development of the eastern part of northwestern shelf of the Black Sea (according to the results of geophysical data interpretation along II profile of CMRW). *Geofizicheskii Zhurnal*, 35(4), 63—74. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i4.2013.111420> (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2014). The structure and evolution of lithosphere of the central part of the northwestern shelf of the Black Sea. *Geofizicheskii Zhurnal*, 36(4), 65—74. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i4.2014.116025> (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2020). Structure of the lithosphere, tectonics and evolution of the Scythian plate and adjacent structures in the section of profile Bs05-22 (according to the data 2-D density modeling). *Heolohiia i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, 16(3), 13—29. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.013> (in Ukrainian).

- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2021a). Influence of the residual anomaly features on the detail of 2D density models. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(6), 162—172. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251557> (in Russian).
- Kozlenko, M.V., & Kozlenko, Yu.V. (2021b). Deep structure, tectonics, evolution and hydrocarbon potential of the northwestern shelf of the Black Sea along 31°20'E. *Heolohiia i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, 17(3), 3—21. <https://doi.org/10.15407/gpimo2021.03.003> (in Ukrainian).
- 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. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 31(6), 77—91 (in Russian).
- Korchin, V.A., & Rusakov, O.M. (2019). A thermobaric mechanism for the formation of low velocity zones in the crystalline crust of the northwestern Black Sea shelf: a new type of traps for abiogenic methane. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(2), 99—111. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164456> (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. *Geologicheskii Zhurnal*, (2), 58—63 (in Russian).
- Krasnoshchek, A.Ya. (1989). Spatial peculiarities of deep fault activation in western part of the Black Sea. *Geologicheskii Zhurnal*, (1), 84—88 (in Russian).
- Kutas, R.I. (2020). Geotectonic and geothermal conditions of the gas discharge zones in the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 42(5), 16—52. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215070> (in Russian).
- Kutas, R.I. (2011). Geothermal sections of the earth's crust and upper mantle of the Black Sea and its northern border. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 33(6), 50—67 (in Russian).
- Leonchik, M.I., Senin, B.V., & Khortov, A.V. (2015). Prospects of gas-bearing Cenozoic of the Black Sea. *Vesti gazovoy nauki*, (2), 54—62 (in Russian).
- Lomakin, I.E., Pokalyuk, V.V., Kochelab, V.V., Shaf-ranskaya, N.V., Shuraev, I.N. (2016). Consistent patterns of the spatial orientation of topolineament systems in the Northern pre-Black Sea region. *Geologiya i poleznye ickopaemye Mirovogo okeana*, (4), 86—102 (in Russian).
- Lukin, A.E. (1999). On the origin of oil and gas (geosynergetic concept of natural hydrocarbon-generating systems). *Geologicheskii Zhurnal*, (1), 30—42 (in Russian).
- Melnichenko, T.A., & Shafranska, N.V. (2010). Tectonics and Structural Pattern of the pre-Dobrodgea Trough. *Geologiya i poleznye ickopaemye Mirovogo okeana*, (3), 76—84 (in Ukrainian).
- Naumenko, O.D., Korzhnev, P.M., Strizhak, V.P., & Dezes, M.O. (2019). Forecast of oil and gas potential of the Middle and Upper Jurassic carbonate strata of the north-western part of the Black Sea and the adjacent land according to sedimentation-paleogeomorphological criteria. *Heolohiia i korysni kopalyny Svitovogo okeanu*, 15(2), 52—67. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.02.052> (in Ukrainian).
- Petrovsky, O.P., Gablyovsky, B.B., Ganzhenko, N.S., & Fedchenko, T.O. (2009). Substantiation of the possibility of mapping oil and gas perspective objects in the conditions of the north-western part of the Black Sea shelf on the basis of seismogravity modeling. *Naukovyi visnyk IFNTUNG*, (3), 26—33 (in Ukrainian).
- Piyp, V.B., & Ermakov, A.P. (2011). Oceanic crust of the Black Sea trough based on seismic data. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 4. Geologiya*, (5), 61—68 (in Russian).
- Plakhotnyy, L.G. (1988a). Baikalides of the Crimea. *Bulleten 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).
- Sedlerova, O.V. (2015). Geological interpretation of the results of the integration of multispectral space survey data and geological and geophysical data for forecasting oil and gas prospects at the regional level (on the example of the North-Western shelf of the Black Sea). *Ukrayinskyy zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli*, (7), 47—57 (in Ukrainian).
- Starostenko, V.I., & Shvantsara, J. (Ed.). (1994).

- Seismogravitational modeling in the study of the lithosphere*. Kiev: Naukova Dumka, 292 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., 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. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 27(2), 195—207 (in Russian).
- Sulimov, I.N. (1984). *Geology of the Ukrainian Black Sea Region*. Odessa: Vyshcha Shkola, 127 p. (in Russian).
- Chebanenko, I.I. (Ed.). (1988a). *Tectonics of the Northern Black Sea Region*. Kiev: Naukova Dumka, 164 p. (in Russian).
- Kruglov, S.S., & Tsytko, A.K. (Eds.) (1988b). *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: Publication of the Kuban State University, 213 p. (in Russian).
- Tugolesov, D.A., Gorshkov, A.S., Meisner, L.B., Solovyev, V.V., & Khakhalev, E.M. (1983). Experience of studying the stratigraphy of the Cenozoic deposits of the Black Sea. *Sovietskaya Geologiya*, (6), 73—82 (in Russian).
- Tugolesov, D.A., Gorshkov, A.S., Meisner, L.B., Solovyov, V.V., & Khakhalev, E.M. (1985). *Tectonics of Meso-Cenozoic deposits of the Black Sea Depression*. Moscow: Nedra, 215 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 Scientific Conference (School) on Marine Geology. Moscow, November 20—24, (V)*, 362—365 (in Russian).
- Yudin, V.V. (2001). Pre-Scythian marginal trough. Geodynamics and oil-and-gas-bearing systems of the Black Sea-Caspian region. *Collection of reports of the III International conference «Krym-2001»* (pp. 177—183). Simferopol: Tavria-Plus (in Russian).
- Artemieva, I.M., & Thybo, H. (2013). EUNaseis: A seismic model for Moho and crustal structure in Europe, Greenland, and the North Atlantic region. *Tectonophysics*, 609, 97—153. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.08.004>.
- Dinu, C., Wong, H.K., Tambrea, D., & Matenco, L. (2005). Stratigraphic and structural characteristics of the Romanian Black Sea shelf. *Tectonophysics*, 410(1-4), 417—435. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.04.012>.
- Nikishin, A., Okay, A., Tüysüz, 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>.
- Okay, A., & Nikishin, A. (2015). Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57(5-8), 1051—1076. <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1010609>.
- Robinson, A.G. (1997). Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. *AAPG Memoir*. 68, 1—6.
- Saintot, A., Stephenson, R.A., Stovba, S., Brunet, M-F., Yegorova, T., & Starostenko, V. (2006). The evolution of the southern margin of Eastern Europe (Eastern European and Scythian platforms) from the latest Precambrian-Early Palaeozoic to the Early Cretaceous. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (pp. 481—505). *Geol. Soc. London Mem.* 32.
- Starostenko, V.I., Rusakov, O.M., Pashkevich, I.K., Kutas, R.I., Makarenko, I.B., Legostaeva, O.V., Lebed, T.V., & Savchenko, A.S. (2015). Heterogeneous structure of the lithosphere in the Black Sea from a multidisciplinary analysis of geophysical fields. *Геофиз. журн.* Т. 37. № 2. С. 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i2.2015.111298>.
- Stovba, S.M., Popadyuk, I.V., Fenota, P.O., & Khriachtchevskaia, O.I. (2020). Geological structure and tectonic evolution of the Ukrainian sector of the Black Sea. *Геофиз. журн.* Т. 42. № 5. С. 53—106. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215072>.