

© В.Г. Бахмутов¹, І.М. Корчагін¹, С.П. Левашов²,
М.А. Якимчук³, В.Д. Соловйов¹, С.С. Чулков¹, 2009

УДК 550.837:551.14

¹Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Київ,

²Інститут прикладних проблем екології,
геофізики та геохімії, м. Київ,

³Центр менеджменту та маркетингу

в галузі наук про Землю ІГН НАН України, м. Київ

ГЛИБИННА БУДОВА ЗЕМНОЇ КОРИ ЗАПАДИНИ ПАЛМЕР (ЗАХІДНЕ УЗБЕРЕЖЖЯ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА) ЗА ДАНИМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вступ. Аналіз наявного обсягу геолого-геофізичної інформації про розподіл геофізичних полів, структуру земної кори і верхньої мантії Західної Антарктики дає можливість лише в загальних рисах з'ясувати схеми еволюційного розвитку регіону. Тому новий фактичний матеріал, отриманий в останні роки під час проведення українських Антарктичних морських експедицій (УАЕ), має важливе значення для картування геофізичних неоднорідностей глибинних горизонтів земної кори і побудови комплексних геофізичних моделей глибинної будови структур дна Західної Антарктики. Особливо це стосується Тихоокеанського узбережжя Антарктичного півострова, де бракує даних щодо багатьох локальних структур, що ускладнюють будову шельфу. Дослідження будови земної кори узбережжя має важливе значення для системного вивчення морфології зон палеосубдукції та виявлення сформованих під впливом змінних геодинамічних характеристик просторових неоднорідностей їх глибинної структури, тектонічного районування та визначення найважливіших етапів еволюції та динаміки розвитку основних тектонічних елементів пасивної окраїни Західної Антарктики.

Однією з таких характерних структур Тихоокеанського шельфу Антарктичного півострова, розташованою неподалік від о. Анверс, є западина Палмер (рис. 1). Відомо, що частина шельфу Антарктичного півострова була своєрідною платформою для розвитку і просування льодовиків під час останнього льодовикового періоду, коли вздовж узбережжя відбувалося утворення льодових мас та подальший їх рух до областей внутрішнього і зовнішнього шельфу [1]. Саме в результаті значних переміщень мас льодовиків через внутрішній шельф сформувалися численні глибинні ерозійні трого і котловини, які стали ділянками накопичення післяльодовикових морських осадків.

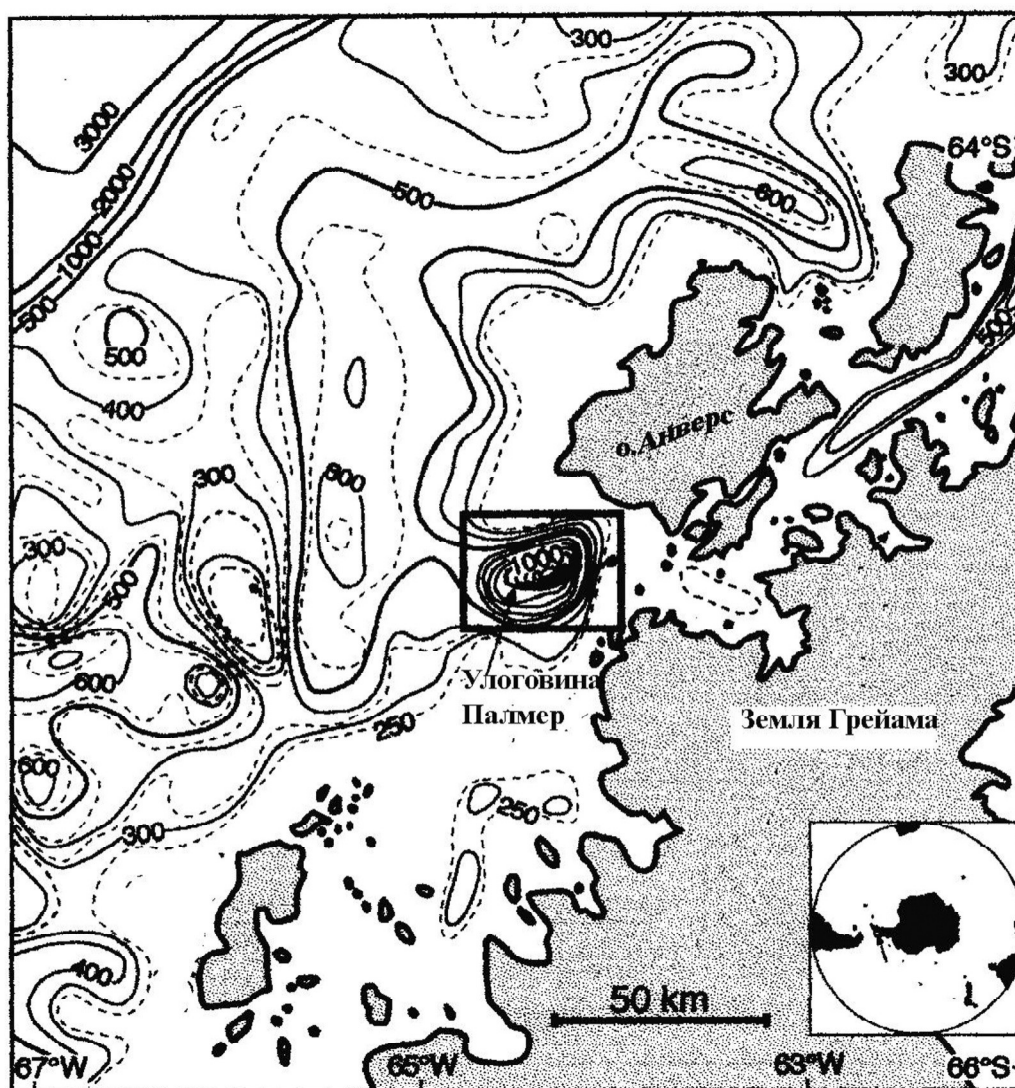


Рис. 1. Карта рельєфу дна та положення району досліджень біля узбережжя Антарктичного півострова, за [1]

Загальна характеристика району досліджень. Западина складається з трьох (І–ІІІ) витягнутих в північно-східному напрямі поглиблених котловин глибиною від 1200 м (котловина І) до 1500 м (котловина ІІІ). Основні морфологічні риси западини визначаються накопиченням осадової товщі постгляціального характеру, формування якої проходило в умовах чергування фаз ерозії та осадконагромадження. Вона сформувалася в центрі сходження льодових палеопотоків, які перетинали весь континентальний шельф (рис. 2) на відстані понад 200 км від узбережжя Антарктичного півострова [1].

Котловини, виділені за відмінностями рельєфу, є частинами єдиної області, яка охоплює улоговину Палмер, глибоководний стоковий поріг западини і трог острова Хьюго (рис. 2).

З цими зонами пов'язані специфічні форми підводного рельєфу – реліктові тераси, підлідні озерні дельти, численні русла, канали, що утворилися в результаті дії водних потоків та ерозійних процесів в ослаблених зонах фундаменту.

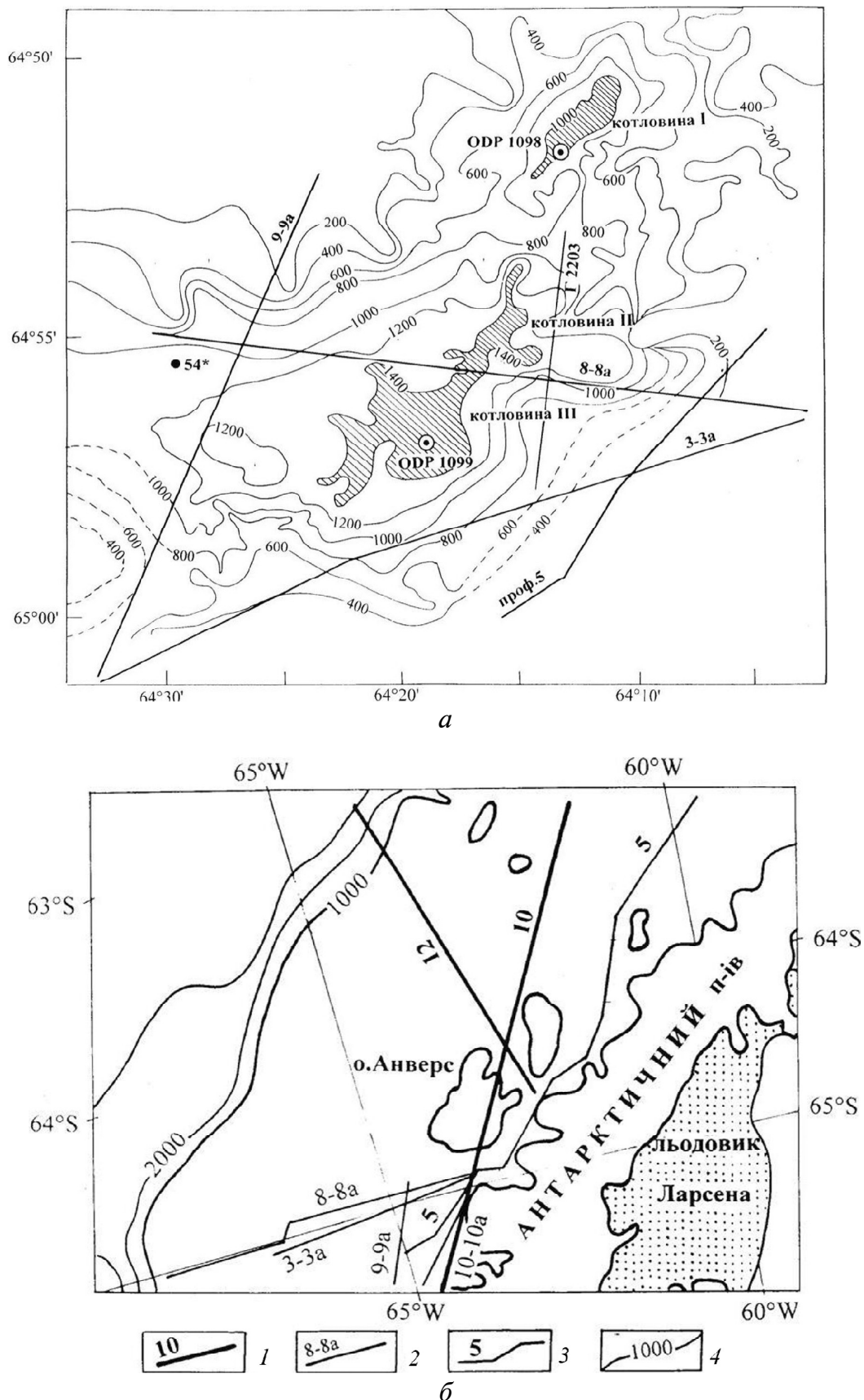


Рис. 2. Карти рельєфу дна та схема положення профілів геофізичних зйомок в западині Палмер: *а* – свердловини океанського буріння (ODP 1098,1099); профілі і пункти зондування ВЕРЗ (3–3а, 8–8а, 9–9а, 10–10а, проф. 5, пункт 54; профіль магнітної (Г-2203) зйомки; *б* – 1–3 – профілі досліджень (1 – ГСЗ [4], 2 – ВЕРЗ, 2004 р., 3 – ВЕРЗ, 2006 р. [5]); 4 – ізобати рельєфу дна

Западина Палмер є одним з таких ерозійних трогів, утворених внаслідок сумарної дії трьох окремих акумулювальних центрів формування льодовиків: о. Анверс, плато Брус та узбережжя Землі Грейама. Осадки западини розшаровані на окремі горизонти, складені діатомовими мулами, турбідитами, підводними брекчіями, льодовиковими відкладеннями загальною потужністю понад 200 м. Вони розділені на чотири горизонти у відповідності до раніше виконаної стратифікації повного розрізу донних осадків свердловини *ODP-1098* [1]. У регіональному плані фундамент представлено мезозойськими і ранньо-кайнозойськими вулканогенними породами.

Зони розломів, які обмежують западину Палмер і впливають на формування товщі осадків, що її заповнює, лежать на широтному продовженні Південної розломної зони Анверс – крупного тектонічного порушення, яке сегментує західний фланг серединного хребта. Тому значна частина переміщень, зафіксованих у межах шельфу, може бути генетично пов'язана із геодинамічними процесами цієї розломної зони.

Результати досліджень. Розглянемо результати геофізичних досліджень в цьому районі, виконаних під час проведення УАЕ у 2004–2006 рр. (рис. 3, 6), які дозволили охарактеризувати структуру і побудувати моделі верхньої частини земної кори западини Палмер за даними вертикальних електрорезонансних зондувань (ВЕРЗ).

Будова земної кори уздовж профілів 3–3а, 8–8а, 9–9а, 10–10а досліджувалася за допомогою цього методу під час IX-ої УАЕ до глибини 6 км. Під час проведення сезонних робіт XI-ої УАЕ глибинність досліджень було збільшено до 32 км, що дозволило отримати детальну характеристику горизонтів земної кори регіону.

Основні структурні елементи континентального шельфу в районі западини Палмер (трог о. Хьюго, стоковий поріг і котловини) були перетнуті широтним профілем 8–8а (рис. 3).

У верхній частині розрізу при переході від осьового підняття середнього шельфу до структур зовнішнього континентального шельфу виділяється область осадконагромадження (пк 0–80, рис. 3) з наявністю ознак активної тектонічної діяльності, зафіксованої зонами підвищеної поляризації та геоелектричного опору на глибині 4,0–6,0 км.

За даними ВЕРЗ тут спостерігається аномальна зміна параметрів розрізу при переході від зовнішнього шельфу до району розташування досліджуваних структур, які ускладнюють будову середнього і внутрішнього шельфу поблизу о. Анверс (пк 130–230, рис. 3). На ділянках середнього і внутрішнього шельфу (ст. 54, 54*,.pk 130–230) глибинний розріз охоплює не тільки інтервал підвищеної потужності другого осадочного шару і зони дроблення, а також зони дайок (пк 170–200, 215–230, рис. 3).

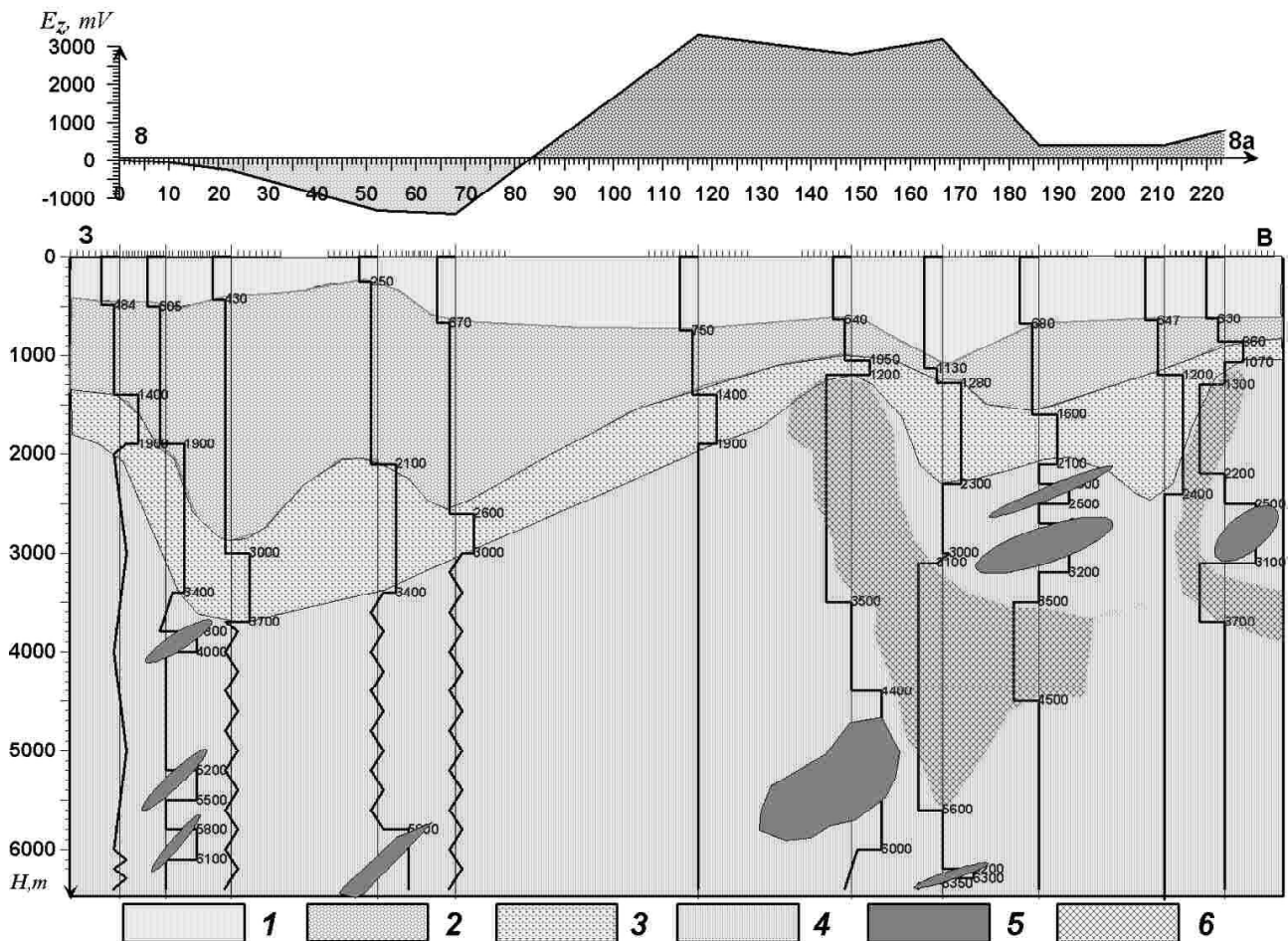


Рис. 3. Модель глибинної будови земної кори за даними ВЕРЗ вздовж профілю 8–8а через континентальний шельф Антарктичного півострова (западина Палмер) в районі о. Анверс: 1 – вода; 2 – неущільнені донні осадки; 3 – другий прошарок донних відкладів (уламковий матеріал, морени, подрібнені зони верхньої частини фундаменту); 4 – породи фундаменту; 5 – зони дайок; 6 – зони роздроблення

Значна частина розрізу середнього шельфу (пк 70–130) не ускладнена тектонічними порушеннями, тобто є стабільною ділянкою, положення якої співпадає з положенням раніше згаданого глибоководного стокового порогу западини Палмер (рис. 2). В області трога о. Хьюго (ст. 55) в розрізі зафіксовано збільшену потужність другого осадочного шару і поглиблення дна. Вплив тектонічних перетворень глибинного розрізу, виявлених в районі улоговини Палмер, спостерігається лише в крайній східній частині стокового порогу (ст 54, 54*).

Складна структура середньої частини континентального шельфу виявлена за даними ВЕРЗ і вздовж профілю 3–3а (рис. 4). У верхній частині розрізу тут закартовані численні зони дроблення і дайок, що свідчить про складну історію формування фундаменту і велику насиченість його вулканогенними утвореннями різної протяжності і глибини.

Слід зазначити, що область стокового порогу западини Палмер на цьому профілі має значні відмінності глибинної будови від раніше наве-

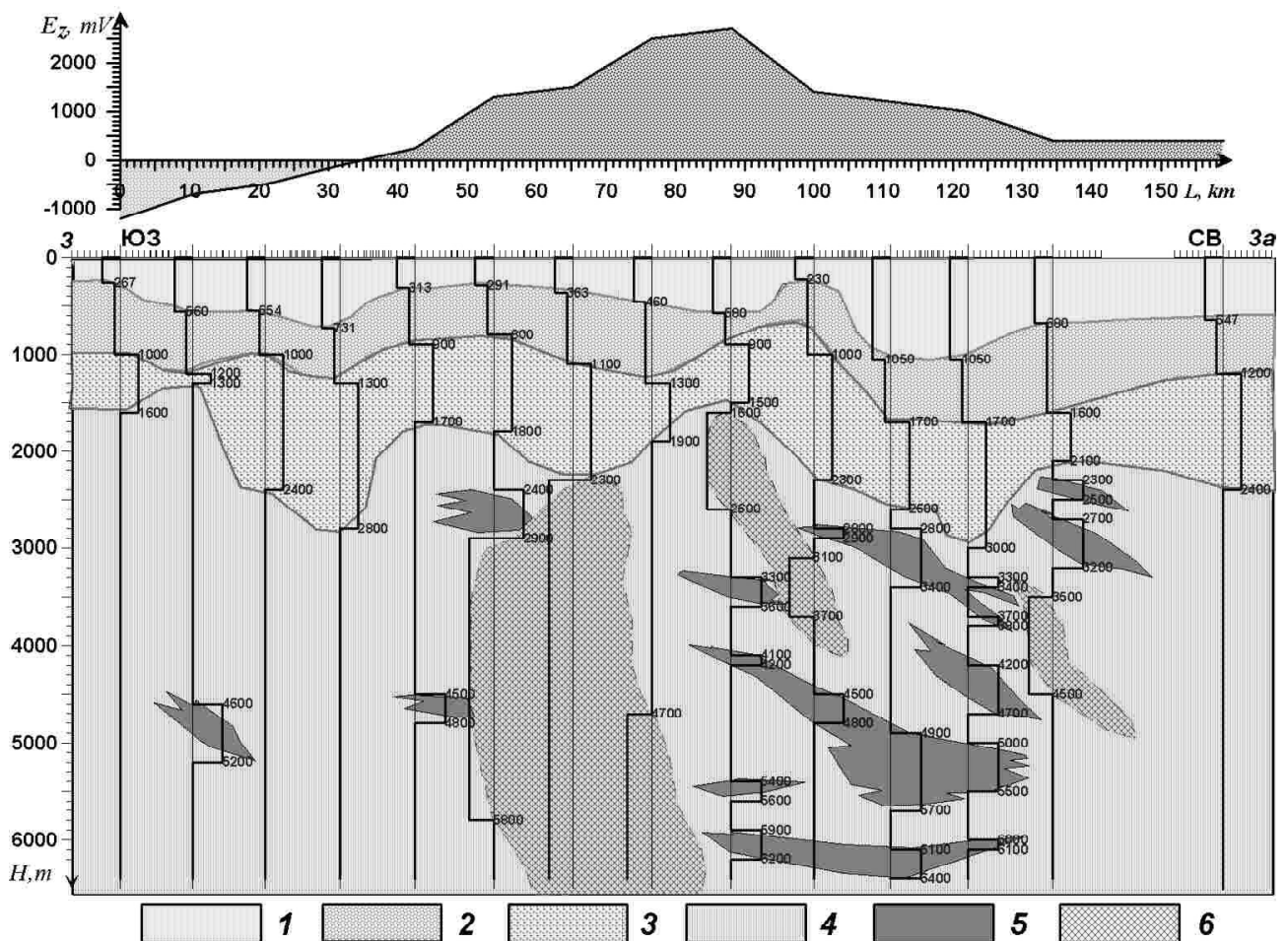


Рис. 4. Модель глибинної будови земної кори за даними ВЕРЗ вздовж профілю 3—3а через континентальний шельф Антарктичного півострова (умовні позначення див. на рис. 3)

деної моделі глибинної будови вздовж профілю 8—8а (рис. 3). У першу чергу це стосується глибини 2,0–6,0 км, де зафіксовані порушення в районі підняття на середньому шельфі. На ділянці профілю 3—3а, розташований на південь від найглибшої улоговини западини Палмер, виявлені численні включення зон дроблення і дайок в тіло непорушеного фундаменту (пк 85–145, рис. 4).

Подібні характеристики глибинних частин розрізів отримані і для профілю 9—9а (рис. 5). На цьому профілі глибинний розріз збагачений зонами дайок і зонами дроблення в районі структурного продовження западини Палмер.

Профіль магнітної зйомки (Г-2203) через структури западини Палмер показав наявність цілої серії короткоперіодних інтенсивних (до +300 нТл) аномалій. Джерела цих, найбільш короткоперіодних, магнітних аномалій розташовані, як свідчать розрахунки, на глибині перших сотень метрів нижче морського дна, а значення розрахункової інтенсивності намагнічення близькі до величини, отриманої за результатами визначення магнітних характеристик осадового комплексу свердловини ODP-1099 [2].

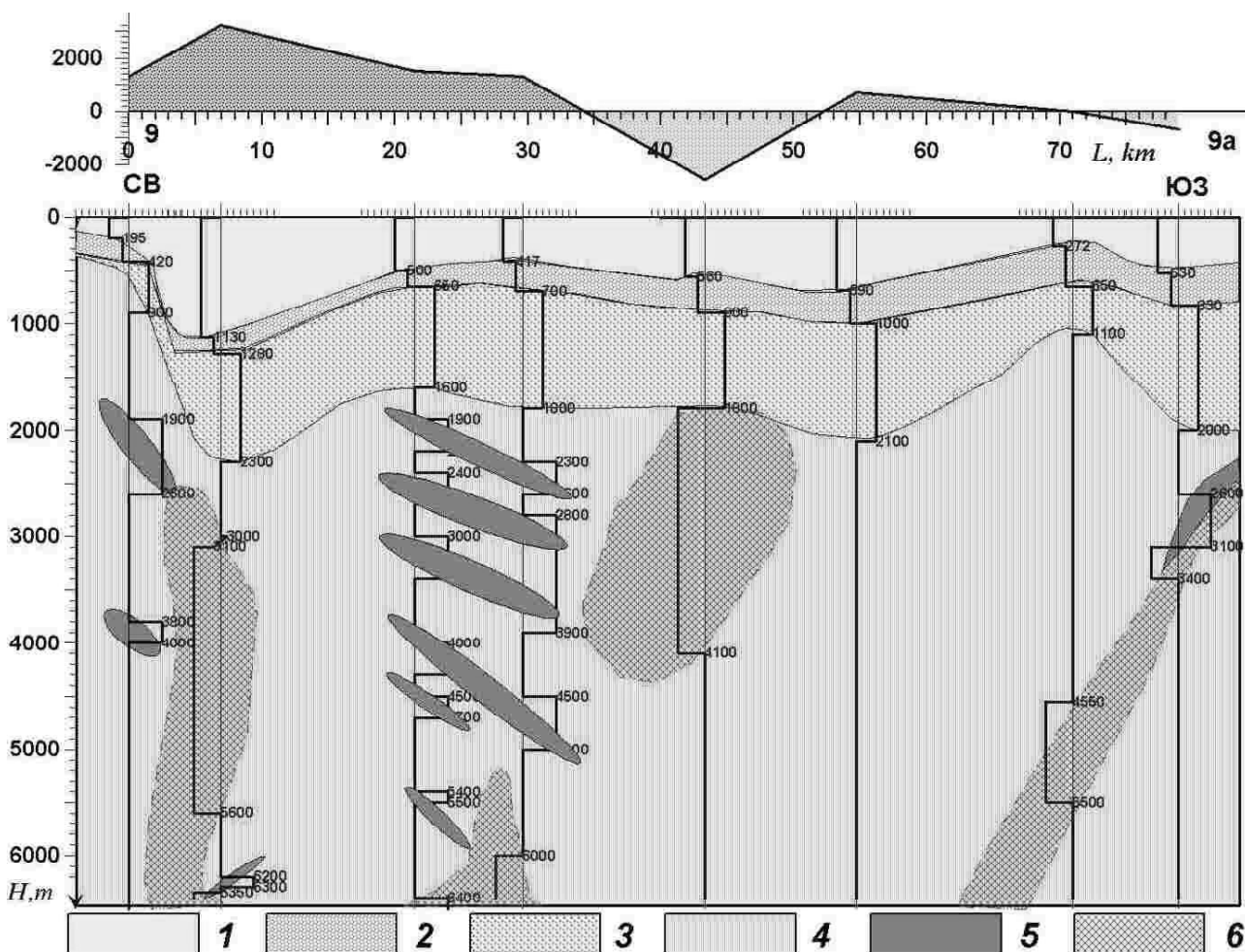


Рис. 5. Модель глибинної будови земної кори за даними ВЕРЗ вздовж профілю 9—9а через континентальний шельф Антарктичного півострова в районі о. Анверс (умовні позначення див. на рис. 3)

За межами западини магнітні аномалії мають інший вигляд, їх джерела розташовуються на глибині 2,0–4,0 км.

Закономірності глибинної будови ділянок континентального шельфу, виявлені за даними ВЕРЗ в IX-ій УАЕ, були підтверджені матеріалами зондування вздовж профілю 5 під час робіт XI-ої УАЕ (рис. 6). Цими роботами були виявлені глибинні неоднорідності розрізу не тільки у верхній частині земної кори (до 6,0 км), але і на глибині 10,0–12,0 і 16,0–18,0 км.

Найважливішою особливістю побудованої моделі глибинної будови є ускладнення структури кори за рахунок включення численних комплексів ефузивних і кристалічних порід, а також порід перехідного горизонту “кора-мантія” змінної потужності. Ускладнення розрізу тут супроводжується збільшенням потужності земної кори до 30–31 км поблизу о. Анверс.

На глибинному розрізі профілю 5 за допомогою методу ВЕРЗ було виявлено крупну зону тектонічних порушень, об’єднаних у глибинний розлом, витягнутий уздовж узбережжя півострова. Цілком імовірно, що цей

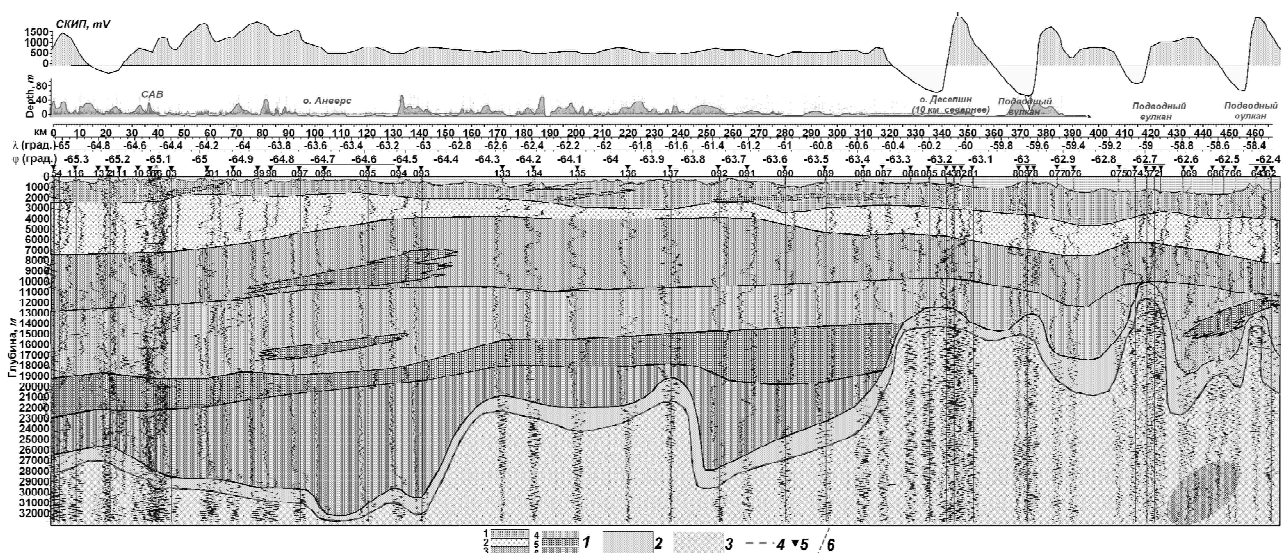


Рис. 6. Модель глибинної будови земної кори за даними ВЕРЗ вздовж профілю 5 через континентальний шельф Антарктичного півострова: 1 – комплекс ефузивних та кристалічних порід; 2 – породи прошарку “кора-мантія”; 3 – породи верхньої мантії; 4 – розділ Мохо(?); 5 – пункти зондування ВЕРЗ; САВ – станція “Академік Вернадський”

розлом має тривалу історію формування, на що вказують особливості глибинних розрізів за профілями 8–8а, 3–3а, 9–9а.

Слід зазначити, що за даними ВЕРЗ уздовж профілю 10–10а, розташованого в області внутрішнього шельфу узбережжя Антарктичного півострова, в розрізі шельфу не спостерігаються ускладнення розрізу кори, які могли б свідчити про тектонічну активність цієї ділянки шельфу. Такі ознаки виразно виділяються в розрізі ст. 53, що може свідчити про значну локальну неоднорідність глибинної будови і різну насиченість земної кори континентального шельфу Антарктичного півострова ефузивними та інтрузивними включеннями.

Геофізичні дослідження методом глибинних ВЕРЗ, проведені в районі о. Анверс і протоки Герлач [3], дають можливість не тільки визначити особливості поведінки глибинних горизонтів земної кори західного узбережжя Антарктичного півострова, але і порівняти отримані результати з даними глибинних сейсмічних досліджень, виконаних у цьому районі. Дані глибинних сейсмічних зондувань щодо глибини залягання розділу Мохо, отримані польськими дослідниками [4] для цього району, не співпадають з наведеними вище значеннями глибини розділу Мохо за даними ВЕРЗ. На розрізі (рис. 7) відсутня значна диференціація положення окремих глибинних горизонтів, на них немає областей збагачення розрізів протяжними горизонтами дайок. Можливо, положення розділу Мохо, отримане для цього регіону за даними ВЕРЗ, співпадає з усередненим положенням “нижнього горизонту земної кори”, який виділяється за даними ГСЗ [4].

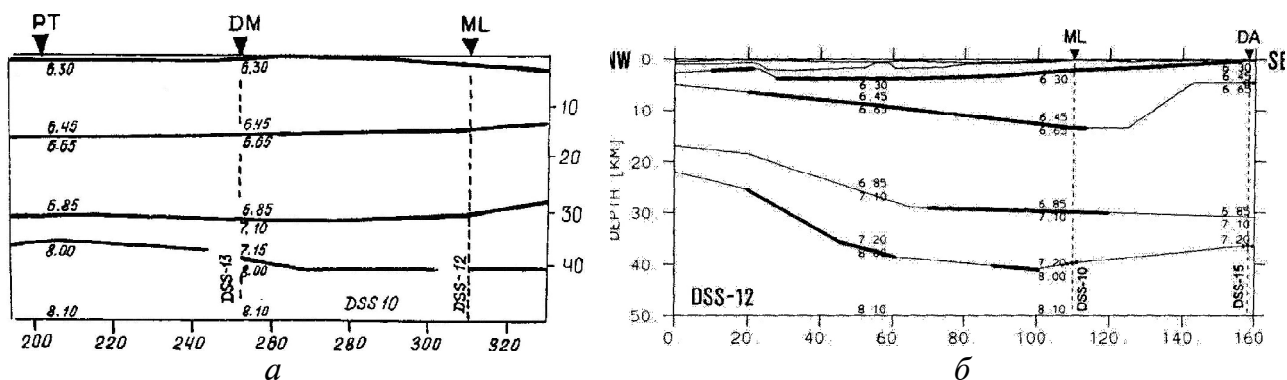


Рис. 7. Швидкісні моделі глибинної будови континентальної окраїни Антарктичного півострова поблизу о. Анверс вздовж профілів 10 (а) і 12 (б) [4]

Проведені дослідження в області западини Палмер вперше показали збільшену потужність осадових утворень середнього і внутрішнього шельфу Антарктичного півострова, які формувалися в межах окремих структур, що локально ускладнюють будову континентального шельфу.

Тривале і багатоетапне формування структур узбережжя в умовах регіональної тектонічної активізації окремих їх сегментів могло сприяти формуванню в цьому районі найважливіших видів корисних копалин.

Про це, зокрема, можуть свідчити результати досліджень вздовж профілю, на якому вперше методом ВЕРЗ в інтервалі до 3500 м виділено аномально поляризовані горизонти типу “поклад вуглеводнів” [5]. Нажаль, додаткові, більш детальні дослідження з метою оконтурювання аномальної зони по площі і проведення детального зондування для визначення типу вуглеводневого покладу, виконати в цьому районі не вдалося. Подальше його вивчення може відкрити нові ділянки, перспективні на вуглеводні.

Висновки. За даними геофізичних досліджень, проведених в УАЕ, вивчені особливості глибинної будови структур континентального (тихоокеанського) шельфу Антарктичного півострова. Побудовані розрізи характеризують не тільки верхню частину земної кори, але й її глибинні горизонти. Дані щодо потужності земної кори показали значну диференційованість по площі. Вони відрізняються від значень, отриманих раніше за даними сейсмічних досліджень, що може пояснюватися їх різною глибинністю і детальністю.

Глибинні неоднорідності земної кори западини Палмер, виділені за даними ВЕРЗ уздовж серії профілів (3–3а, 8–8а, 9–9а, 10–10а), свідчать про тривалі процеси тектонічних перетворень структур середнього і внутрішнього шельфу Антарктичного півострова. Наявність тектонічних порушень в тілі фундаменту шельфу сприяла новітнім геологічним процесам перетворення структур западини Палмер. Можливо саме тектонічним чинником пояснюються закономірності формування льодовикових потоків континентального шельфу недавнього геологічного минулого.

Нові дані про розподіл потужності осадочного чохла мають важливе значення для визначення перспектив цього району на формування скопчень вуглеводнів.

1. Rebesco M., Camerlenghi A., De Santis L., Domack E., Kirby M. Seismic stratigraphy Palmer Deep: a fault-bounded late Quaternary sediment trap on inner continental shelf, Antarctic Peninsula Pacific margin. – *Marine geology*, 1998. – **151**, 1. – P. 89–110.
2. Domack E., Amblas D., Gilbert R. et. al. Subglacial morphology and glacial evolution Palmer deep outlet system, Antarctic Peninsula. – *Geomorphology*. – 2005.
3. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. et al. New data about crustal inhomogeneities and fluid regime features of West Antarctica bottom structures. 69nd EAGE Conference and Technical Exhibition (London, United Kingdom, 11–14 June 2007). – CD-ROM Abstracts volume. – P013. – 4 p.
4. Janik T., Sroda P., Grad M., Guterch A. Moho depth along Antarctic Peninsula and Crustal structure across Landward Projection on Hero fracture zone // *Antarktika: Contributions to global Earth sciences*. – Springer –Verlag, Berlin Heidelberg New York. – 2006. – P. 229–236.
5. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Возможности геоэлектрических методов при поисках и разведке месторождений углеводородов в морских акваториях // *Материалы Междунар. конф. “Нефть и газ Арктического шельфа”* (Мурманск, Россия, 15–17 нояб. 2006 г.). – CD-ROM Abstracts volume. – 4 p.