

ДЕТАЛІЗОВАНА ГЕОДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РОЗЛОМУ ПЕНОЛА (АНТАРКТИЧНИЙ ПІВОСТРІВ) НА ОСНОВІ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ ТА ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДАНИХ

Наведена деталізована геодинамічна модель літосфери району української антарктичної станції “Академік Вернадський”, побудована на підставі опрацювання результатів GPS-спостережень та геолого-геофізичних даних, отриманих в рамках досліджень 8-ї і 10-ї українських антарктичних експедицій. Виділено локальні та регіональні геодинамічні компоненти впливу на тектоніку досліджуваної території.

Ключові слова: геодинамічні дослідження; геодинамічна мережа; Антарктичний півострів; Аргентинські острови; розлом протоки Пенола.

Постановка проблеми

Під час 8-ї Української антарктичної експедиції (УАЕ) (лютий – березень 2003 р.) в районі розташування станції “Академік Вернадський” працівники Національного університету “Львівська політехніка” (К. Третьак, В. Глотов) та ЗАТ “ЕСОММ” (Ю. Ладановський, П. Бахмач) за підтримки Українського антарктичного центру створили прецизійну геодезичну мережу [Бахмутов, Глотов, , 2003], основним завданням якої є вивчення деформацій земної кори і створення опорної геодезичної основи для виконання топо-графо-геодезичних спостережень.

Повторні GPS-виміри, виконані у березні та квітні 2005 р. під час сезонних робіт 10-ї УАЕ, дали змогу визначити вектори зміщень окремих станцій і побудувати узагальнену геодинамічну модель території протоки Пенола [Третьак, Кульчицький, 2006а]. Розширення геодезичної мережі та доповнення геолого-геофізичних даних планувалось провести під час наступної Антарктичної експедиції. Ці плани не були реалізовані, тому деталізація гео-динаміки району протоки Пенола була здійснена на основі інтерпретації наявних геодезичних та геолого-геофізичних матеріалів з залученням нових даних щодо регіональної геодинаміки Антарктичної літосферної плити [Третьак, Кульчицький, 2006б] і гравіметричної томографії [Yegorova, Bakhmutov, 2009].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Наукові дослідження на території Аргентинських островів розпочали бельгійські науковці наприкінці XIX ст. під керівництвом Андріана Герлаха, які, зокрема, склали першу геологічну карту цього району. Найдосконаліше геологічне районування цієї території було виконано Британською антарктичною службою (БАС). Детальний ретроспективний тектоно-геологічний огляд архіпелагу Аргентинські острови виконано на основі геологічних та палеомагнітних досліджень [Geological..., 1981] з використанням даних англійських геологів. Результати інструменталь-

них тектономагнітних досліджень території Аргентинських островів висвітлені у роботах [Бахмутов, 1998, 2002]. За результатами визначення часових варіацій магнітного поля [Maksymchuk, Kuznetsova, 2002] прогнозується тектонічну активність у цьому районі. Детальна тектонічна карта [Larter, Barker, 1991] моря Скоша і Антарктичного півострова відтворює взаємні зміщення крупних регіональних тектонічних елементів. Дані про регіональні зміщення Антарктичної літосферної плити відображені у нашій публікації [Третьак, Кульчицький, 2006а], присвяченій геодинамічним дослідженням. Результати сейсмічного та гравіметричного моделювання літосфери Антарктичного півострова викладені у статті групи авторів в Українському антарктичному журналі № 8 за 2009 р. [Yegorova, Bakhmutov, 2009].

Невирішені частини загальної проблеми

Обмежена кількість наявної геодезичної та геолого-геофізичної інформації вимагає залучення додаткових даних для аналізу геодинаміки території Антарктичного півострова в зоні протоки Пенола.

Постановка завдання

Метою дослідження є побудова детальної геодинамічної моделі досліджуваної території на основі комплексного аналізу геодезичних даних та геолого-геофізичної інформації.

Виклад матеріалу

Створена геодинамічна мережа охоплює північно-східні прилеглі до станції “Академік Вернадський” острови та частину материка в радіусі 15 км (рис. 1). Мережа складається з восьми геодезичних пунктів разом із маркою VER1. Центри геодезичних пунктів закладені на виходах скельних порід. Зовнішньою частиною центра кожного з геодезичних пунктів є металевий стержень довжиною до 40 см з насічкою для примусового центрування GPS-антени. Видимість супутників практично на всіх пунктах забезпечена на висоті 10–15° і вище. Середня довжина вимірю-

ваних векторів становить 7–8 км, максимальна – 17 км, мінімальна – 2,5 км. Висоти пунктів у системі WGS-84 коливаються в межах 20–30 м. Спостереження виконувались за допомогою двочастотних GPS-приймачів Trimble 4800, Leica SR-399, Leica SR-9500, одночастотного Trimble 4600LS (перший цикл спостережень) та двочастотних Ashtech Z-12, Leica SR-399, Leica SR-9500, Javad TPSHIPER-GGD, одночастотних Thales and Ashtech ProMark2 (другий цикл спостережень).

Висока собівартість мережі вимагала розроблення і застосування особливих методичних та технічних засобів для отримання максимальної точності визначення координат пунктів. Зацікавленому читачу для ознайомлення з методикою досліджень та схемами GPS-вимірів з відображенням похибок рекомендуємо нашу попередню публікацію [Третяк, Романишин, 2002].

Технічні характеристики повторних циклів спостережень наведено в таблиці, де в останньому стовпчику наведено середньоквадратичну похибку (СКП) визначення планових координат (верхній рядок) та висот (нижній рядок).

В обох циклах спостережень з метою врахування ексцентриситетів фазових центрів GPS-антен на спеціальній жорсткій базі за розробленою методикою [Третяк, Романишин, 2002] було виконано тестування антен усіх використаних приймачів. Для підвищення достовірності та точності визначення координат пунктів у виміряні вектори було введено поправки за ексцентриситет фазових центрів GPS-антен та виконана апостеріорна оптимізація мережі. Завдяки застосуванню методики визначення ексцентриситетів фазових центрів антен GPS-приймачів та апостеріорній оптимізації вимірів GPS-мереж вдалось на 15–25 % підвищити точність та достовірність визначення координат пунктів.

За результатами обох циклів спостережень встановлено чітку диференціацію напрямків зміщень пунктів мережі в горизонтальному та вертикальному напрямках, які відображені на рис. 1. Максимальні амплітуди зміщень за два роки досягають 17 мм.

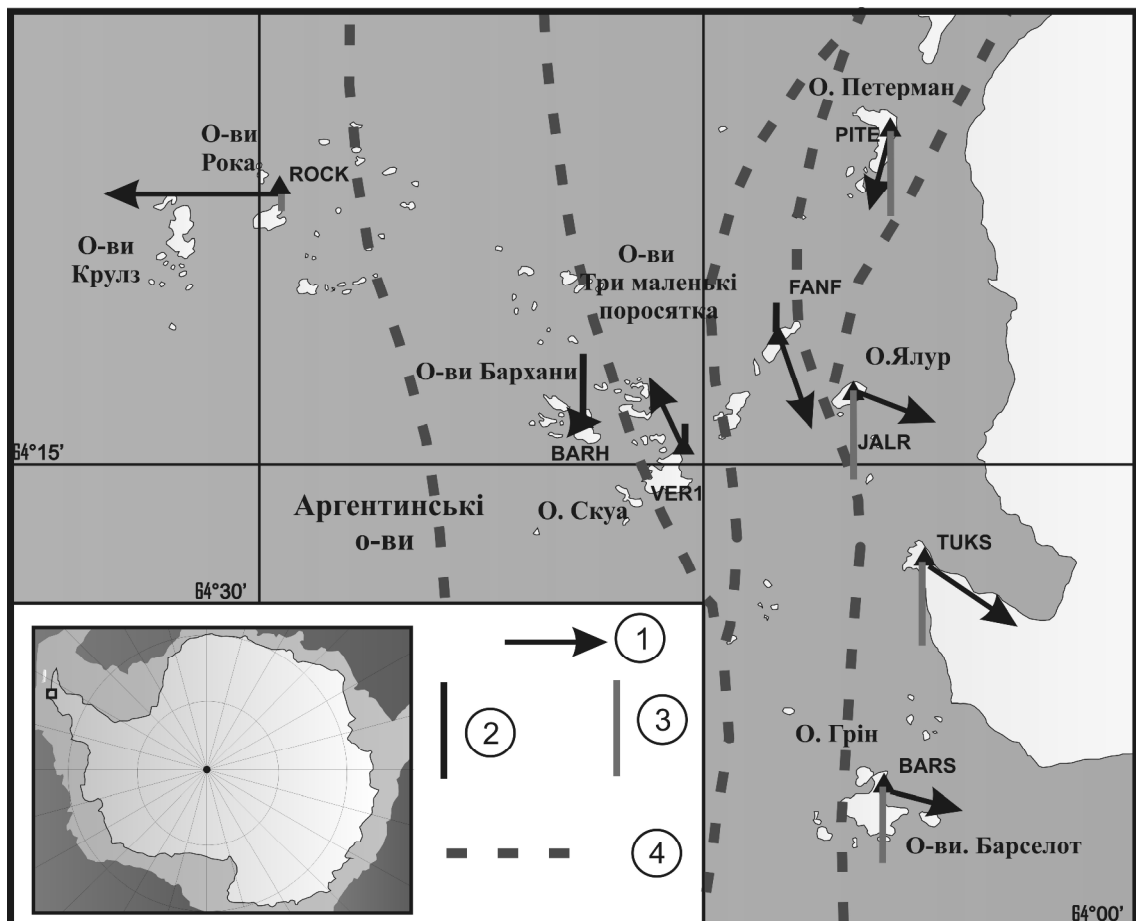


Рис. 1. Схема мережі та вектори зміщень геодезичних пунктів геодинамічного полігону Аргентинських островів і Антарктичного півострова. Вектори зміщень геодезичних пунктів (довжини векторів пропорційні швидкості зміщень у см/рік): 1) – горизонтальні; 2) – вертикальні підняття; 3) – вертикальні опускання; 4) – лінії прогнозного залягання розривних порушень

Технічні характеристики повторних циклів GPS-спостережень

№ циклу	Тривалість циклу вимірів	Тривалість виміру векторів (години)	Кількість повторних вимірів векторів	Кількість вимірюваних векторів	Апріорна та апостеріорна СКП одиниці ваги (мм)	СКП (мм)	
						сер.	макс.
1	12.02–28.02 2003 р.	2–12	1–6	37	3	3	3
						5	8
2	23.06–01.04 2005 р.	5–24	1–5	68	1.5	1.5	1.5
						2	2

З геологічного погляду досліджувана територія складається з двох частин: синкліноної зони Антарктичного півострова і антикліноної зони Аргентинських островів [Бахмутов, 1998]. Між

цими двома зонами англійські дослідники [Geological..., 1981] прогнозують залягання розривного порушення, простягання якого збігається з напрямком фарватерної частини протоки Пенола.

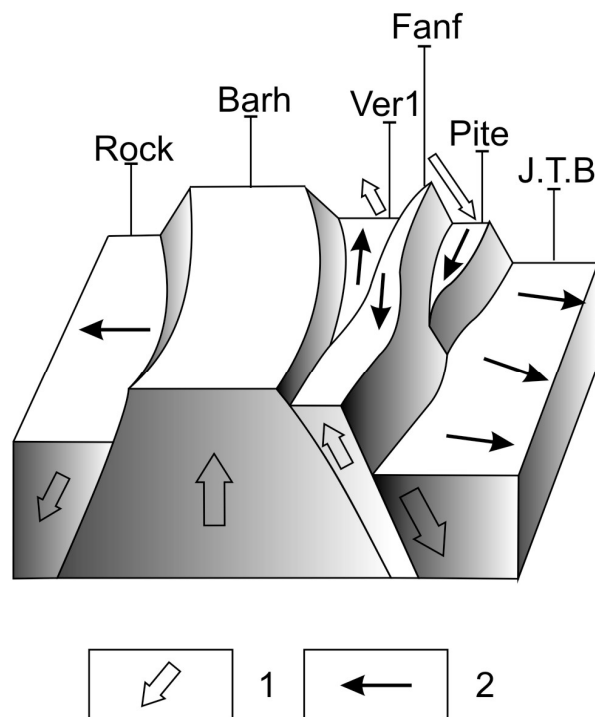


Рис. 2. Тектонічна блок-діаграма векторних зміщень пунктів геодинамічного полігону Аргентинських островів і Антарктичного півострова. Стрілки відображають напрямки зміщень: 1) вертикальних; 2) горизонтальних

На рис. 1 показано лінії прогнозного розташування окремих розривних дислокацій. Назви окремих тектонічних блоків відповідають назвам GPS-станцій, розміщених на них (рис. 2). Назва крайнього східного блока J.T.B. утворена аббревіатурою перших літер назв GPS-станцій JALR, TUKS і BARS, розміщених на ньому. Взаємні зміщення GPS-станцій виникають у результаті підймання блока BARH, який створює боковий тиск на сусідні блоки та “розсуває” їх у західному та східному напрямках. Загалом цю структуру можна класифікувати як горст з ускладненою ступінчастою будовою східного крила і простою одноблоковою – західного крила.

Тектоніка західного крила не вимагає особливих коментарів, тому детальніше розглянемо характеристики взаємних зміщень тектонічних блоків VER 1, FANF і PIT східного крила горсту (рис. 2). Вертикальні та горизонтальні зміщення цих блоків зумовлені особливостями будови кожного з них та їх взаємним розташуванням. Підняття блоків VER 1 і FANF відбувається за рахунок їх “потоншення” у глибину, а напрямки горизонтального зміщення зумовлені клиноподібною будовою в плані (рис. 2). Тобто при інтенсивному стиску вони виштовхуються у напрямку потовщення “клина”. Опускання блока PIT теж зумовлене його клиноподібною будовою – у

вертикальному перерізі він розширюється донизу. Враховуючи тектонічну блок-діаграму (рис. 2), горизонтальне зміщення блока PIT за наявності бокового стиску має відбуватися у північному напрямку, але геодезичні виміри фіксують його зміщення на південь. Протилежне до передбачуваного зміщення цього блока спричиняється ротацією Антарктичної літосферної плити, яка розглянута у наших попередніх дослідженнях [Третяк, Кульчицький 2006а]. У результаті обертання плити відбувається “втискування” блока PIT між структурами FANF і J.T.B., яке

призводить до незначного відхилення останньої у південно-східному напрямку (рис. 2).

З погляду регіонального впливу на геодинаміку досліджуваної території потрібно відзначити два фактори. Це, по-перше, близьке розташування (північно-західніше) активної рифтової зони Брансфілда (рис. 3), де відбувається інтенсивне розширення та формування нової океанічної земної кори, яке, своєю чергою, спричиняє аналогічне розширення виділеної нами локальної горстової структури.



Рис. 3. Тектонічна карта Антарктичного півострова та моря Скоша за даними Лартера та Баркера [Larter, 1991]. Квадратом позначено територію досліджень

По-друге, це згадана вище ротація Антарктичної літосферної плити за годинниковою стрілкою, яка особливо яскраво проявляється на контакті її та плити Скоша. На рис. 3 проковзування Антарктичної літосферної плити у східному напрямку щодо плити Скоша відображене стрілками. На контакті з сусідніми літосферними плитами в тілі Антарктичної плити внаслідок ротації варто очікувати утворення тріщин та видовжених блоків-сколів клиноподібної форми. Утворення таких структур відбувається і біля самого Антарктичного континенту, що підтверджують наші дослідження в районі протоки Пенола (рис. 2). Напрямок простягання гравіметричних аномалій уздовж шельфу західного узбережжя Антарктичного півострова [Yegorova, Bakmutov, 2009] перебуває у тісному зв'язку з особливостями тектоніки досліджуваної території і підтверджує зроблені припущення щодо утворення тріщин та блоків-сколів у крайових частинах Антарктичної літосферної плити.

Отже, незважаючи на незначну кількість фактичного матеріалу, створено деталізовану геоди-

намічну модель району антарктичної станції “Академік Вернадський”. Для підтвердження та уточнення зроблених побудов необхідне проведення нових повторних циклів спостережень, значне розширення мережі та залучення нових геолого-геофізичних даних.

Висновки

У результаті детального аналізу результатів геодинамічних досліджень у районі антарктичної станції “Академік Вернадський” виділено локальну структуру типу горсту з ступінчастою дрібно-блоковою будовою східного крила.

Широтні зміщення крайових крил горсту ROCK і J.T.B. у східному та західному напрямках викликаються підніманням блока BARH та впливом регіонального розширення розміщеної північно-східніше активної рифтової зони Брансфілда.

Меридіональні зміщення тектонічних блоків сколювання VER 1, FANF і PIT викликаються боковим (широтним) стиском та впливом регіональної ротації Антарктичної літосферної плити за годинниковою стрілкою.

Література

- Бахмач П.Г., Глотов В.М., Ладановський Ю.В. та ін. Геодинамічна мережа Аргентинських островів, прилеглих до української антарктичної станції “Академік Вернадський” // Український антарктичний журнал. – 2003 – №1. – С. 149–150.
- Бахмутов В. Геологический обзор архипелага Аргентинские острова и прилегающих территорий Антарктического полуострова // Бюлетень Українського Антарктичного Центру. – 1998. – № 2. – С. 77–84.
- Бахмутов В. Геологическое строение и палеомагнитные исследования в западной Антарктике (район Аргентинских островов) и их значение для палеотектонических реконструкций Антарктического полуострова // Бюлетень Українського Антарктичного Центру – 2002. – № 4. – С. 11–24.
- Третяк К., Кульчицкий А., Голубінка Ю. (2006а) Геодинамічні дослідження тектонічного розлому протоки Пенола (Антарктичний півострів, архіпелаг Аргентинські острови) // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2006. – II (12). – С. 134–140.
- Третяк К., Кульчицкий А., Голубінка Ю. (2006б) Геологічна інтерпретація сучасної динаміки Антарктичної тектонічної плити // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2006. – № 67. – С. 24–30.
- Третяк К., Романишин І., Голубінка Ю. До питання визначення ексцентриситету фазового центра антени GPS-приймача // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2002. – № 62. – С. 87–96.
- Deitrich R., Dach R. at all. ITRF coordinates and plate velocities from repeated GPS campaigns in Antarctica – an analysis based on different individual solutions // Journal of Geodesy. – 2001. – №74. – С. 756–766.
- Geological map of the Southern Graham Land. – 1:500000 / BAS (500G) // Cambridge British Antarctic Survey. – 1981.
- Larter R., Barker P. Effects of ridge crest-trench interaction on Antarctic-Phoenix spreading: Forces on a young subduction plate // Journ. Geophys. Res. – 1991. – № 96. – С. 19, 583–19, 607.
- Maksymchuk V., Kuznetsova V., Chobotok I. at all. First results of tectonomagnetic investigations at Akademik Vernadsky station // Бюлетень Українського Антарктичного Центру. – 2002. – №4. – С. 197–201.
- Yegorova T., Bakhmutov V., Gobarenko V. at all New insight into the deep structure of Antarctic Peninsula continental margin by methods of 2D gravity/magnetic modeling and 3D seismic // Український антарктичний журнал. – 2009. – № 8. – С. 67–87. Geophys. Res. – 1991. – № 96. – С. 19, 583–19, 607.

ДЕТАЛИЗИРОВАННАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗЛОМА ПЕНОЛА (АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) НА ОСНОВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.Я. Кульчицкий, К.Р. Третяк, Ю.И. Голубинка

Приведена детализированная геодинамическая модель литосферы района украинской антарктической станции “Академик Вернадский”, построенная на основе обработки результатов GPS-наблюдений и геолого-геофизических данных, полученных в рамках работ 8-й и 10-й украинских антарктических экспедиций. Выделены локальные и региональные геодинамические компоненты влияния на тектонику исследуемой территории.

Ключевые слова: геодинамические исследования; геодинамическая сеть; Антарктический полуостров; Аргентинские острова; разлом пролива Пенола.

DETAILED GEODYNAMIC MODEL OF PENOL FAULT (ANTARCTIC PENINSULA) ON THE BASE OF GEODETIC MEASUREMENTS AND GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL DATA

A.J. Kylchitskiy, K.R Tretyak, Y.I. Golubinka

Detailed geodynamic model of lithosphere of Ukrainian Antarctic station “Academic Vernadsky” area is given which is made on the basis of processing of results of GPS-measurements and the geologo-geophysical data taken during the works of 8th and 10th Ukrainian Antarctic Expeditions. The local and regional components of geodynamic influence on investigated territory tectonics are picking out.

Key words: geodynamic researches; geodynamic network; Antarctic Peninsula; Argentina islands; Penol strait fault.