

ВСТУП

Дослідження Антарктики починається, мабуть, з перших переходів до Південного полярного кола, зокрема, з відомого плавання голландця Д. Геєрїтца, судно якого вперше перетнуло Південне полярне коло. У 1559 р. судно Д. Геєрїтца в складі ескадри Я. Магю після шторму в Магеллановій протоці несподівано втратило з поля зору інші кораблі і пішло на південь. Коли воно спустилося до широти 64° S, там була виявлена невідома “висока земля”. Наступний внесок зробив відомий англійський мореплавець Джеймс Кук, який під час кругосвітньої подорожі в південних широтах на судах “Adventure” і “Resolution” досяг широти $67^{\circ} 15' S$ на меридіані $37^{\circ} 33' E$ після заходу за Полярне коло в січні 1773 р. У грудні 1773 р. Д. Кук здійснив новий перехід через південний океан і на паралелі $67^{\circ} 5' S$ його зупинила крига. Звільнившись від льоду, Д. Кук пішов далі на південь і наприкінці січня 1774 р. стіна криги знову зупинила його.



Рис. 1. Карта світу 1721 р., яку побудував географ John Seney

У результаті цього плавання Д. Кук писав: “Я не стану заперечувати, що поблизу полюса може знаходитися материк або значна земля. Навпаки, я переконаний, що така земля там є...” Д. Кук одним з перших досяг південно-полярних морів, однак після того, як натрапив в декількох місцях на суцільний лід, оголосив, що далі від нього проникнути не можна. Учасники нових експедицій спочатку не повірили Д. Куку. Вони почали доводити, що, окрім Землі Сандвіча і острова Південного Георгія, в південно-полярній зоні нічого немає. Багато географів почали відображати цей “факт” на картах в південній півкулі з суцільним океаном від помірних широт до Південного полюса, як це наведено, наприклад, на рис. 1 ще згідно з картою John Seneу 1721 р. Майже п’ятдесят років жоден мореплавець не зміг спуститися південніше від Д. Кука.

Офіційно Антарктиду відкрили у 1820 р. перша російська антарктична експедиція на шлюпах “Восток” і “Мирный” під керівництвом Ф.Ф. Беллінсгаузена і М.П. Лазарєва. У січні 1820 р. майже на меридіані Грінвіча російські мореплавці виявили материк, коли їхні кораблі перебували на широті $69^{\circ} 21' S$ і довготі $2^{\circ} 15' W$ (Берег Принцеси Марти). Після виходу за межі полярного кола, Беллінсгаузен пройшов уздовж нього на схід до довготи $19^{\circ} E$, де знову його перетнув і досяг в лютому 1820 р. знову майже тієї самої широти $69^{\circ} 6' S$. Далі на схід він піднявся лише до паралелі $62^{\circ} S$ і продовжив свій шлях уздовж границь плаваючої криги. Потім, на меридіані островів Баллені, Беллінсгаузен дійшов до широти $64^{\circ} 55' S$ (довгота $161^{\circ} E$) у грудні 1820 р., перетнувши Південне полярне коло, він досягнув паралелі $67^{\circ} 15' S$, а в січні 1821 р. дійшов до широти $69^{\circ} 53' S$. Майже на меридіані $81^{\circ} E$ він відкрив острів Петра I, а після проходження на схід – берег Землі Александра I. Отже, члени експедиції Беллінсгаузена і Лазарєва першими здійснили повне плавання довкола Антарктиди на широтах від $60^{\circ} S$ до $70^{\circ} S$. Раніше існування південного материка (Terra Australis) було лише гіпотезою і його часто об’єднували з Південною Америкою та Австралією, названою на честь “південного материка”. Проте саме експедиція Ф.Ф. Беллінсгаузена і М.П. Лазарєва в південно-полярних морях підтвердила факт існування шостого материка, після дворічного плавання навколо Антарктиди та шестикратного перетинання полярного кола.

Незважаючи на відмінні результати плавання Беллінсгаузена – Лазарєва, згадаємо не тільки цікавий, але й важливий історичний факт. На рис. 3 показано фрагмент однієї з перших справжніх карт світу, яку створено ще в XVI ст. в Константинополі (Османська імперія). Ця карта відома ще як карта Пірі Рейса (Piri Reis) і є однією з найзагадковіших в світі. Її знайшли в 1929 р. під час робіт над головним султанським палацом Топкапи. Пірі Рейс (Хаджі Мухеддін Пірі ібн Хаджі Мехмед) був турецьким адміралом і картографом. На його карті, датованій 1513 р., змальовані береги Антарктиди і Америки. У примітках Пірі Рейс писав, що перемалював карту з попередньої, де були детально прописані береги Антарктиди.

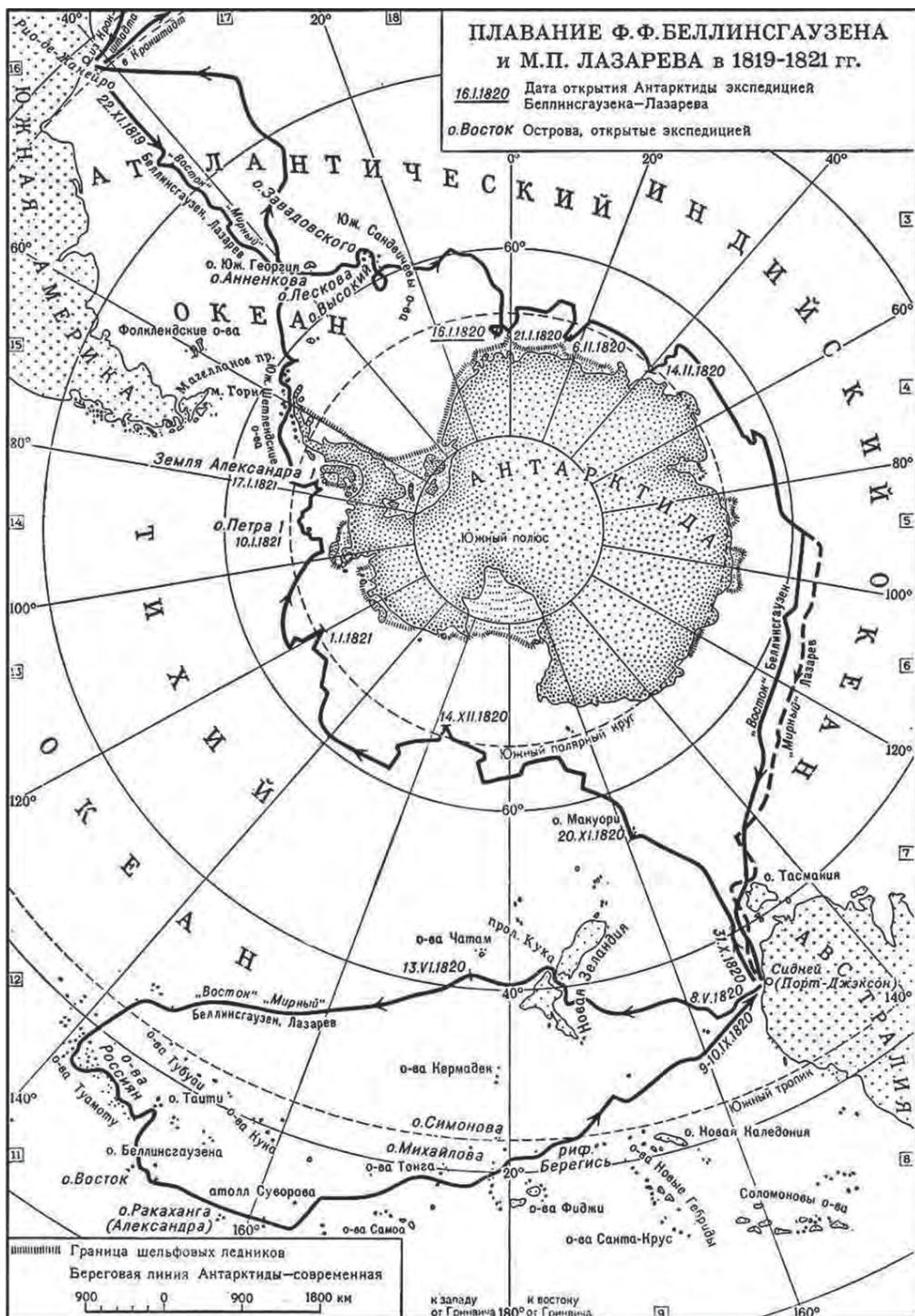


Рис. 2. Схема досліджень Антарктики Ф.Ф. Беллінсгаузенем і М.П. Лазаревим



Рис. 3. Перша повна карта світу (1513 р.), яку створив турецький адмірал Пірі Рейс

У 1953 р. копію цієї карти надіслали в Бюро гідрографії ВМС США знавцю стародавніх карт А.Х. Маллері, який виявив використану картографічну проекцію. Він зробив сітку, наклав карту Пірі Рейса на карту світу і отримав абсолютну збіжність. Після цієї роботи було одержано висновок, що єдиний спосіб створити карту такої точності – це аерознімання. Також для побудови карти, показаної на рис. 3, необхідно мати знання зі сферичної тригонометрії, яка була розроблена лише у XVIII ст. Крім того, це єдина карта XVI ст., де Південноамериканський континент є розташованим правильно відносно Африканського. Іншою з головних особливостей є розміщення на карті елементів Південного континенту, що вважається доказом обізнаності стародавніх картографів про існування Антарктиди. Саме цей факт, можливо, і став причиною того, що зроблене в 1820 р. відкриття Беллінсгаузена і Лазарева “шостого континенту” вважається офіційним (майже після трьох століть створення карти Пірі Рейса).

Після експедиції Беллінсгаузена і Лазарева почали вивчати узбережжя континенту і його внутрішню частину. У 1831–1833 рр. навколо Антарктиди здійснив плавання англієць Д. Бісків. Французький мореплавець Ж. Дюмон-Дюрвіль в 1837–1840 рр. керував експедицією в південні полярні широти, під час якої були знайдені Земля Аделі, острів Жуанвіль і Земля Луї Філіпа. У 1838–1842 рр. Ч. Уїлкс очолював комплексну експедицію в південну частину Тихого океану, під час якої була відкрита частина узбережжя Східної Антарктиди – Земля Уїлкса. Д. Росс, що вирушив до Антарктиди в 1840–1843 рр., відкрив Землю Вікторії, вулкани Еребус і Терор та море і величезний льодовий бар’єр заввишки близько 50 м (названі пізніше його ім’ям), що простягається із заходу на схід на відстань 600 км. Плавання до Антарктиди після тривалої перерви поновилися наприкінці XIX ст. у зв’язку зі зростаючими потребами китобійного промислу. Першими вступили на континентальну частину 24 січня 1895 р. капітан норвезького судна “Antarctic” Крістенсен і викладач природничих наук К. Борхгревінк. У 1898–1899 рр. К. Борхгревінк провів першу зимівлю на материк на мисі Адер, під час якої він систематично спостерігав за погодою, обстежив море Росса, піднявся на однойменний бар’єр і на саях досяг рекордної широти – 78° 50' S. Багато досліджень виконували англійські експедиції під керівництвом Ернеста Шеклтона. Рис. 4 ілюструє уявлення наприкінці XIX століття не тільки про Антарктиду, але й про Антарктичну кругову полярну течію на основі карти, створеної у Шотландії в 1894 р.

Однак першою експедицією, яка перезимувала в Південному океані, стала Бельгійська антарктична експедиція “Belgica” (1897–1899 рр.). Ця зимівля розпочалася після перетинання полярного кола 15 лютого 1898 р. Південна ніч закінчилася лише 23 липня 1898 р. Експедиція з великими труднощами повернулася в Антверпен 5 листопада 1899 р. Потрібно зауважити, що в ній брали участь Р. Амундсен, А. Добровольський і Адріан Де Герлаше – керівник експедиції. Науковим віце-директором експедиції “Belgica” і відповідальним за фізичні спостере-

ження був Генрик Броніслав Арцтовський. Автори не можуть не відзначити, що за свої дослідження у науках про Землю Г. Арцтовському присвоєно почесне звання професора Львівського університету ще в 1912 р. Доктор філософії Г. Арцтовський (1871–1956 рр.) навчався в Парижі, Льєжі, Цюріху і Львові. Спектр його наукових інтересів був дуже широким, але найвагоміші наукові результати концентрувалися у фізичній метеорології, кліматології, гідрометеорології, геології, тектоніці тощо. Ім'я Г. Арцтовського одержали чимало географічних назв, зокрема, півострів в Антарктиці і льодовик на Шпіцбергені.

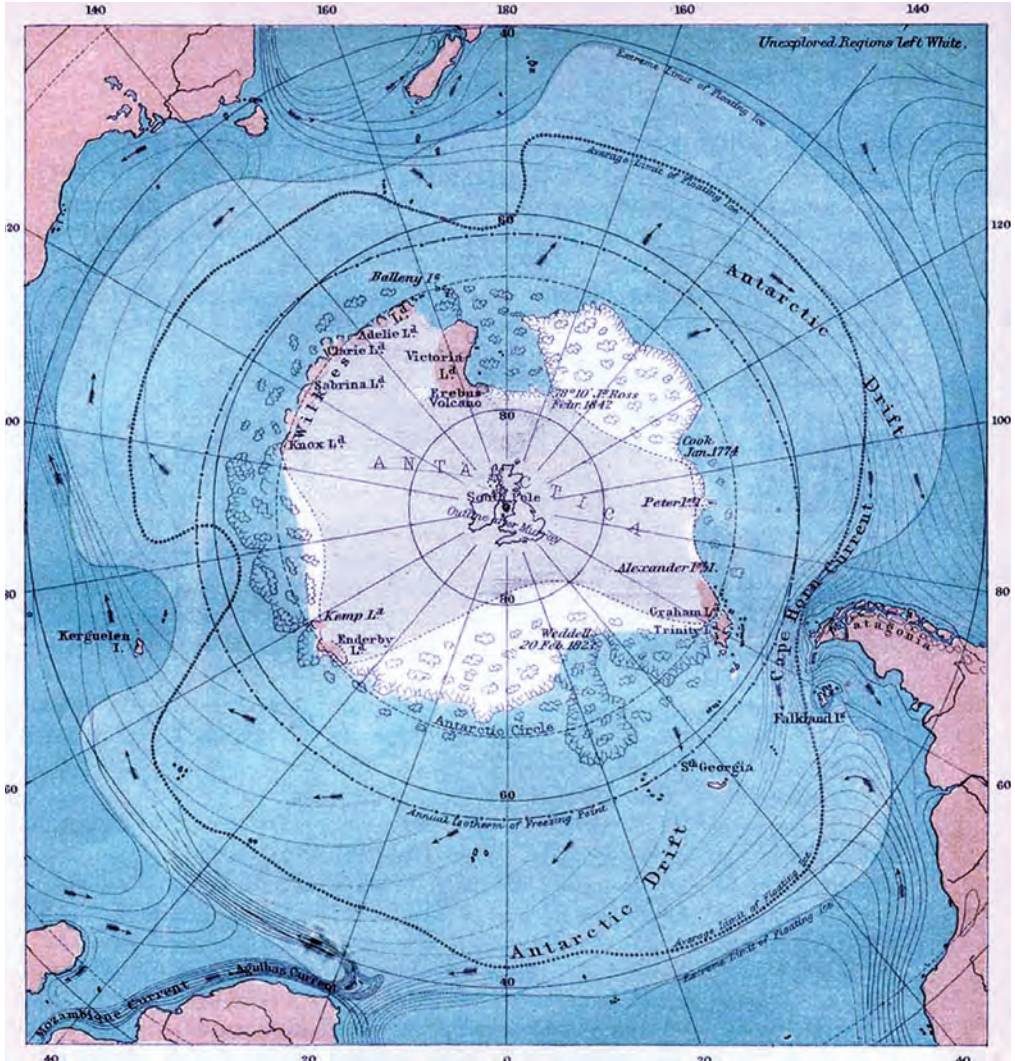


Рис. 4. Карта Антарктики і Антарктичної течії, виготовлена у Шотландії в 1894 р.

Вперше у ХХ ст. подорож до Антарктиди здійснив Р. Скотт, який у 1901–1904 рр. на судні “Discovery” підійшов до берегів континенту, досліджував узбережжя моря Росса, відкрив півострів Едуарда VII, льодовик Росса, по західному краю якого дійшов до широти 82° 17' S. Під час цієї, однієї з найрезультативніших для свого часу, експедиції був зібраний багатий матеріал з геології Антарктиди, її флори, фауни і корисних копалин. У 1911–1912 рр. між експедиціями норвезького дослідника Р. Амундсена і англійця Р. Скотта почалися справжні перегони за підкорення Південного полюса. Першим Південного полюса досяг Р. Амундсен, а через місяць після нього прибула і партія Р. Скотта, але загинула по дорозі назад.

З середини ХХ ст. почалося міжнародне систематичне вивчення Антарктиди на промисловій основі. На континенті різні країни створюють численні постійні бази, що цілий рік здійснюють метеорологічні, геофізичні і геологічні дослідження. З кінця 50-х років у морях, що омивають континент, проводяться океанологічні роботи, регулярні геофізичні експерименти на стаціонарних станціях, а також експедиції на вищих широтах відносно центру континенту.

Ідею Першого міжнародного полярного року ІРУ (International Polar Year), як програми комплексного дослідження Арктики і Антарктики, запропонував Австрійський дослідник і морський офіцер К. Вейпрехт, (командир Австро-Угорської північної полярної експедиції), який зрозумів необхідність здійснення широкомасштабних досліджень обох полюсів Землі. За допомогою підтримки Міжнародної організації метеорології (МОМ) експедиції в 1882–1883 рр. організували 12 країн: з них 12 – до Північного полюса і лише 2 – до Південного полюса. Результати першого ІРУ, фактично, створили прецедент для міжнародної наукової співпраці.

Другий міжнародний полярний рік ІРУ було проведено в 1932–1933 рр., незважаючи на Велику депресію. Це дало змогу зосередити науково-дослідницькі програми 40 країн за підтримкою МОМ. У результаті було досягнуто істотного прогресу в метеорології, магнетизмі, вивченні атмосфери, зокрема розумінні іоносферних явищ.

Під час підготовки до Міжнародного геофізичного року ІГР (International Geophysical Year) 1957–1958 рр. на узбережжі, льодовиковому щиті і островах було засновано 67 баз і станцій. Відзначимо, що саме у 1957 р. був запущений перший штучний супутник Землі. Численні досягнення цього ІГР об'єднують відкриття радіаційного пояса, що оточує Землю, перші оцінки розміру антарктичної льодової маси і підтвердження теорії континентального дрейфу. Відомий політичний результат – це ратифікація договору 1961 р. про міжнародну кооперацію в регіоні Антарктиди.

Міжнародний полярний рік 2007–2008 рр. є значно скоординованішою міжнародною програмою міждисциплінарних наукових досліджень і спостережень у полярних регіонах Землі, яка присвячена, зокрема, ювілеям ІРУ та ІГР.

Концепція цієї програми має своєю метою вивчення нових проблем і поглиблення відомих досліджень полярних процесів, зокрема виявлення і моделювання їхніх змін з часом. Однією з найважливіших наукових тем є визначення, зокрема, сучасного екологічного статусу полярних регіонів, яке необхідне для знаходження їхніх просторових і часових змін та прогнозу глобальних змін клімату, оскільки полярні регіони є інтегральними компонентами земної системи. Вони чинять глобальний вплив на клімат планети, рівень моря, біохімічні цикли екосистеми і людську діяльність. Саме через це “високі широти”, фактично, і керують змінами у інших місцях планети. Тобто, кріосфера – це важлива стихія земної системи, для вивчення якої необхідне вдосконалення координації спостережень з метою оперативного прогнозу клімату. Через 50 років IGY 1957–1958 рр. суспільство потребує, зокрема: 1) результати дистанційного зондування та наземні спостереження кріосфери вищої якості для забезпечення повного уявлення про процеси накопичення і танення льодових мас в Антарктиді; 2) докладні спостереження льодових характеристик моря; 3) істотно покращену систему моніторингу льодових щитів і льодовиків. Загалом такі виміри передбачають геодезичні, геологічні, геофізичні, океанографічні, гляціологічні, атмосферні і біологічні дані. Особливе місце знайшли супутникові технології як найточніші та найоперативніші з погляду проведення моніторингу екосистеми.

Отже, порівняно з геофізичним роком 1957–1958 рр., сьогодні істотно змінились не тільки завдання, але й якість досліджень, що відображено в значно точніших результатах цілої низки різноманітних геодезичних вимірів, які використовуються як для добре відомих, так і нових задач.

Насамперед відзначимо, що основний акцент вивчення кінематики тектонічних плит поступово перенесено із сейсмічних спостережень на значно точніші виміри: SLR (лазерна локація супутників), VLBI (радіоінтерферометрія з наддовгою базою), GNSS (глобальні позиційні системи) і Doris (доплерівська орбітографія). Розвиток цих технологій не може відбутися без поступового уточнення реалізацій земної системи координат та вивчення деформацій земної поверхні, з врахуванням чого методи VLBI, SLR, DORIS і GNSS мають головне значення і під час створення земних референсних систем.

Вивчення глобальних змін клімату тісно пов’язано з варіаціями залежного від часу гравітаційного поля Землі. Для дослідження цих задач було спроектовано спеціальні супутники LEO на низьких орбітах. Найвідоміші з них – це місії GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment, – геодезія, океанографія) і GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer – геодезія, океанографія, гляціологія, вивчення змін рівня моря), які призначені для сумісного дослідження часових змін гравітаційного поля Землі і глобальних змін клімату та океану. Пара супутників GRACE реалізує технологію супутник – супутник на середній висоті ~450 км. Супутник GOCE розташований значно

нижче – на висоті ~250 км і 17 лютого 2010 р. минула його річниця спостережень трьохосним градієнтметром, що дало можливість істотного покращення довгохвильової та середньохвильової складових гравітаційного поля Землі. Відзначимо, що супутник GOCE, фактично, втілює на практиці ідеї барона Етвеша, пов'язані з визначенням других похідних потенціалу сили тяжіння. Для деталізації локального гравітаційного поля додатково застосовують дані аерографіметричного знімання: комбінація даних GOCE, гравіметричних вимірів і GNSS-спостережень на висоті польоту літака.

Для дослідження стану океану і його поверхні застосовують дані сучасних альтиметричних місій ERS-1, ERS-2, ENVISAT-1, TOPEX/POSEIDON, GFO, JASON-1, JASON-2 та інформацію, яку одержали за допомогою комбінованих пристроїв, розташованих на буйах типу “ARGO”, що застосовуються для проведення аналізу морської води і визначення їхніх геодезичних координат у кінематичному режимі з спеціальних перманентних GNSS-станцій. Для вивчення льодових щитів Антарктиди – використовуються технології InSAR (супутникові радарні інтерферометричні технології), ICESAT та GNSS. Дослідження підльодового шару Антарктиди ґрунтується на даних радарної та лазерної альтиметрії.

Колектив авторів Національного університету “Львівська політехніка” підготував до друку цю монографію не випадково, адже згаданий вище львів'янин, професор Львівського університету геофізик Генріх Арцтовський брав безпосередню участь у антарктичних експедиціях Руала Амундсена. У післявоєнну епоху випускники геодезичного факультету Львівської політехніки були учасниками радянських та російських антарктичних експедицій: В.А. Савчук (16–17 РАЕ); О.І. Юр (17–19, 22–24, 26–28 РАЕ); О.В. Юськевич (17–19, 21 РАЕ); С.М. Матвієнків (17, 23, 24, 26 РАЕ), В.М. Кочерга (19 РАЕ), І.Д. Янів (19, 23, 24 РАЕ), В.В. Соколов (24–28, 30.32, 33, 36 РАЕ), В.Т. Агнісенков (25, 26, 28, 32, 34 РАЕ), І.Р. Кочержук (26, 27, 30, 31, 35, 36 РАЕ, 40 Рос. А.Е), В.М. Івегеш (27, 28, 33 РАЕ), О.О. Возняк (27 РАЕ), О.В. Шишкін (28 РАЕ), О.Є. Потапов (30, 32 РАЕ), В.В. Виноградов (31 РАЕ), М.І. Жибак (34 РАЕ), А.Ю. Коханов (47 Рос. А.Е).

Значний внесок у дослідження антарктичного континенту зробили учасники українських антарктичних експедицій (2002–2005 рр.) працівники Інституту геодезії Національного університету “Львівська політехніка” проф. Володимир Глотов (7, 8, 10 – УАЕ), проф. Корнилій Третяк (8, 10 – УАЕ), інж. Віталій Чижевський (9 УАЕ). Представники інституту геодезії були співвиконавцями міжнародного проекту, підготовленого в межах міжнародного полярного року (2007–2008) Polar Earth Observing Network (POLENET) – керівник Terry Wilson, Ohio State University, USA. Власне у межах цього проекту було підготовлено деякі результати, які наведені у монографії.