

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 55+551.22+552.3+552.163+550.8

О. Митрохин¹, д-р геол. наук, проф.
E-mail: mitrokhin.a.v@ ukr.net ,
В. Бахмутов², д-р геол. наук
E-mail: bakhmutovvvg@gmail.com,
Л. Гаврилів¹, асп.
E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com ,
А. Алексєнко¹, асп.
E-mail: scr315@gmail.com

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна
²Інститут геофізики ім.С.І.Субботина НАН України
пр-т Академіка Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

**ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ОСТРОВА ПІТЕРМАН
(АРХІПЕЛАГ ВІЛЬГЕЛЬМА, ЗАХІДНА АНТАРКТИКА)**

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Острів Пітерман належить до архіпелагу Вільгельма – великої острівної групи, розташованої біля західного узбережжя Антарктичного півострова в районі Української антарктичної станції "Академік Вернадський". На Пітермані відслонюються усі головні петрографічні представники "Андійської габро-гранітної інтрузивної світи", які вважаються складовою частиною протяжного "Батоліту Антарктичного півострова". Подібно до багатьох інших мезо-кайнозойських орогенних інтрузій, що складають протяжний магматичний пояс Західної Антарктики, гірські породи о. Пітерман зазнали метаморфічних перетворень різного типу та інтенсивності. Автори дослідили особливості геологічної будови о. Пітерман, отримавши принципово нові дані про просторову локалізацію та умови залягання окремих інтрузивних тіл, їх вікові співвідношення, петрографічні особливості та речовинний склад. Метою досліджень було з'ясування геологічної послідовності вкорінення та метаморфічного перетворення інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман. За результатами польових геологічних робіт та наступних мінералого-петрографічних досліджень з'ясовано, що габроїди та гранітоїди сформовані в результаті двох самостійних етапів магматичної активності, розмежованих вкоріненням догранітних базитових дайок та наступним регіональним метаморфізмом. Відповідно, інтрузивні утворення о. Пітерман не можуть бути складовими єдиного магматичного комплексу (Андійської інтрузивної світи чи Батоліту Антарктичного півострова), як це вважалось попередниками. Продемонстровано, що найдавніші інтрузивно-магматичні утворення о. Пітерман представлені розширеною габроїдною інтрузією, фрагмент якої відслонюється на північному узбережжі острова, а більша частина знаходиться під рівнем моря північніше та східніше. Серед базитових дайок о. Пітерман, розрізняються щонайменше дві вікові групи. Петрографічні особливості догранітних дайок габро-порфіритів вказують на гіпсальний рівень їх вкорінення, на відміну від плутонічного рівня формування вмисних габроїдів. Доведено, що габроїди та догранітні дайки зазнали регіональних метаморфічних перетворень в умовах амфіболітової фації, ще до вкорінення гранітоїдів. Розвиток накладеної актиноліт-епідот-хлоритової мінералізації пояснюється або контактово-метаморфічною дією гранітоїдної інтрузії, або ще більш пізніми навколотрищинними гідротермально-метасоматичними процесами, які відбувалися після формування гранітоїдів. З'ясовано, що гранітоїди о. Пітерман не зазнавали властивих для габроїдів регіонально-метаморфічних перетворень амфіболітової фації. З огляду на це, зроблено висновок про формування гранітоїдів після піку регіонального метаморфізму в регіоні. Дослідження постгранітних діабазових дайок показало, що їх вкорінення відбувалося на субвулканічному рівні глибинності, тобто після значної ерозії вмисних гранітоїдів. Для накладеної альбітизації, епідотизації та хлоритизації постгранітних дайок припускається локальний навколотрищинний характер та зв'язок з низькотемпературними гідротермально-метасоматичними процесами.

Ключові слова: геологія, магматичні породи, архіпелаг Вільгельма, острів Пітерман, Західна Антарктика.

Постановка проблеми. Інтрузивно-магматичні утворення габроїдного, діоритового та гранодіорит-гранітного складу, які значно поширені на багатьох островах архіпелагу Вільгельма та прилеглому узбережжі Антарктиди в районі Української антарктичної станції (УАС) "Академік Вернадський", наразі вважаються складовими частинами протяжного Батоліту Антарктичного півострова (БАП). Їх геологічна позиція, вік та геодинамічні умови формування досі є дискусійними, що зумовлено неповнотою та суперечливістю первинних геологічних даних. Зокрема, результати геологічної зйомки, виконаної в районі УАС у 50–60 рр. минулого сторіччя, не задовольняють потреб сучасних геолого-геофізичних та геохімічних досліджень у регіоні. Під час сезонних робіт в лютому – квітні 2017 р. О. Митрохином та В. Бахмутовим було виконано детальне геологічне дослідження о. Пітерман, на якому відслонюються всі головні петрографічні представники габро-гранітної асоціації БАП. Подальше вивчення зібраної колекції гірських порід дало змогу суттєво уточнити геологічну будову о. Пітерман, отримавши принципово нові дані про просторову локалізацію та умови залягання окремих інтрузивних тіл, їх вікові співвідношення, петрографічні особливості та речовинний склад. Дослідження виконувалися за сприяння

Національного антарктичного наукового центру МОН України в рамках Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр. Метою досліджень було з'ясування геологічної послідовності вкорінення та метаморфічного перетворення інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман.

Аналіз попередніх досліджень. Острів Пітерман був відкритий німецькою антарктичною експедицією 1873–74 рр. та названий на честь географа Августа Пітермана. Французька антарктична експедиція під керівництвом Ж.В. Шарко 1908–10 рр. провела зимівлю на східному узбережжі острова в бухті, що отримала назву Port Circumcision (Порт Сокамсижіон). Один з учасників цієї експедиції Е. Gourdon зібрав колекцію гірських порід з території, що простягається від о. Вінке (на 50 км північніше о. Пітерман) до мису Туксен (на 10 км південніше). Серед інших зразків ця колекція включала амфіболіві граніти, кварцові діорити та уралітизовані габро. Чи були там зразки з о. Пітерман, достеменно невідомо. Тим не менше, Е. Gourdon зробив висновок, що досліджувані ним інтрузивні породи утворюють безперервну петрографічну серію, зокрема – безперервну серію між кварцовими діоритами та гранітами. Подальші геологічні дослідження в регіоні продовжилися аж у 1934–37 рр. Британською експедицією до Землі Греяма (BGLE), учасники якої провели

зимівлю на о. Вінтер (Аргентинські острови), побудувавши там першу базову станцію. Зразки, які були відібрані учасниками цієї експедиції, стисло описані в роботі [11].

Після Другої світової війни геологічним вивченням Землі Греяма займалась Колоніальна служба Фолклендських островів (FIDS), що пізніше у 1962 р. була реорганізована у Британську антарктичну службу (BAS). Під проводом FIDS була заснована нова базова станція F на місці зруйнованої станції на о. Вінтер. G.R. Roe (1958–59 рр.) виконав першу детальну геологічну зйомку навколишніх територій. R.J. Adie публікує цикл наукових робіт присвячених петрографії Землі Греяма [6–8]. Разом з іншими петрографічними асоціаціями регіону цей автор виділяє Андійську габро-гранітну інтрузивну світу (Andean Intrusive Suite), яка на його думку має пізньокрейдяний-ранньотретинний вік. При цьому робиться припущення про петрогенетичну спорідненість габроїдів та гранітоїдів, а також доводиться їх схожість із найтипівшими світовими представниками вапняно-лужних серій.

Петрографію Узбережжя Греяма, а також окремих прилягаючих островів з архіпелагів Вільгельма та Біско охарактеризовано в роботі R. Curtis [9]. Ця публікація насичена чисельними описами геологічних відслонень і гірських порід, а також містить дрібномасштабні геологічні карти, на яких, зокрема, зображено й о. Пітерман та його найближче оточення. У текстовій частині наведена стисла петрографічна характеристика гірських порід Андійської інтрузивної світи, які відслонюються на о. Пітерман. Серед них розрізняються рогово-обманкові габро, гранодіорити та тоналіти (кварцові діорити за сучасною класифікацією). Виявлено інтрузивний контакт гранодіоритів із габроїдами, на підставі вивчення якого обґрунтовано більш давній вік габроїдів. Побіжно описані жили мікрогабро, які також інтродують у габроїди. Геологічні співвідношення цих жил із гранітоїдами залишилися нез'ясованими.

P.T. Leat зі співавторами першими застосовують найменування Antarctic Peninsula Batholith для всіх плутонічних і пов'язаних з ними гіпабісальних порід Антарктичного півострова, вік вкоріння яких лежить у часовому інтервалі 240–10 млн років з головним піком магматичної активності у крейдяному періоді [10]. Незважаючи на цілком очевидну суперечність найменування "Батоліт Антарктичного півострова", воно широко застосовується в сучасних публікаціях паралельно з таким же невдалим визначенням "Андійська інтрузивна світа".

З 1996 р. систематичні геолого-геофізичні дослідження в регіоні проводяться українськими вченими. В. Бахмутов склав узагальнюючий геологічний нарис для Аргентинських островів та прилеглої території Антарктичного півострова [2]. Автори робіт [1, 4] дослідили прояви ільменіт-магнетит-піритової мінералізації у габроїдах о. Пітерман, а також описали ритмічну "дюймову" розшарованість, що була виявлена в окремих відслоненнях габроїдів. У публікації [5] вперше згадуються чисельні дайки основного складу, які перетинають гранодіорити в південно-східній частині о. Пітер-

ман. Зроблено висновок про те, що ці дайки вкорінювались в існуючі розриви західного та південно-західного напрямку. Петрографія постгранітних дайкових порід не досліджувалася.

Дані ізотопного датування засвідчили верхньокрейдяний вік гранітоїдів о. Пітерман. Зокрема, за результатами U-Pb ізотопного датування одиничних зерен циркону з гранодіоритів мису Руф отримано вік 96 ± 1 млн років [3]. Ця цифра добре узгоджується з попередніми даними [12], згідно з якими Rb-Sr ізохронний вік зазначених гранодіоритів сягає 93 ± 8 млн років. У той же час термометричні дослідження [13] вказують на тривалі та багатоетапні тектоно-термальні процеси, яких зазнавали гранітоїди Пітерману у часовому інтервалі 43–11 млн років при значеннях температури 260–50 °C. Будь які дані про ізотопний вік геологічно давніших за гранітоїди габроїдів о. Пітерман на сьогодні відсутні. Так само залишилися недатованими й постгранітні дайкові породи основного складу.

Фізико-географічний нарис. Острів Пітерман належить до архіпелагу Вільгельма – великої острівної групи, розкиданої вздовж західного узбережжя Антарктичного півострова в акваторії Берега Греяма (рис. 1). Географічні координати о. Пітерман $65^{\circ}10'$ півд. ш., $64^{\circ}09'$ зах. д. Він розташований на відстані 2 км від Антарктичного півострова, від якого відокремлюється протокою Пенола. Північніше від Пітерману, на відстані 1,6 км, знаходиться один із найбільших островів архіпелагу Вільгельма – о. Хогвард. На північний захід та захід з боку Тихого океану лежать острови Уедела та Стрей. Біля південно-західного узбережжя о. Пітерман розкидані невеличкі острови Чарлет, Боудет, Тайбаулт, далі на південний захід – о. Хералд. Ще далі на південь, поза Французькою протокою, розташовані Аргентинські острови, на одному з яких міститься Українська антарктична станція "Академік Вернадський". Відстань у 9 км від Української антарктичної станції до о. Пітерман можна подолати на човні "Зодіак" за 50–60 хв. На східному узбережжі о. Пітерман у бухті Порт Сокамсижон міститься аварійно-рятувальна будівля, побудована Аргентинським урядом у 1955 р. У цій же частині острова споруджений пам'ятний знак на честь французької експедиції Charcot 1908–10 рр., а також хрест у пам'ять про трьох британських зимівників, що загинули у 1982 р на шляху з о. Пітерман до станції Фарадей (нині УАС "Академік Вернадський"). Розміри о. Пітерман від крайньої північної точки мису Годфрой до крайньої південної – мису Діпіаукс становлять всього 1,8 км. У широтному напрямку від крайнього західного мису Руф до мису Лайоувіль на сході маємо 1,2 км. Найбільша висота – г. Клейтон сягає 128 м над рівнем моря. На північ та захід від о. Пітерман морські глибини звичайно не перевищують 100 м, оскільки цей острів локалізований у південно-східній частині великого підводного підняття, над яким височіють деякі інші острови архіпелагу Вільгельма – Ховгаард, Бус, Уедела та Данебруг. На півдні згадане підняття обмежується Французькою протокою, на сході – протоками Пенола та Лемейр, де глибини швидко збільшуються до 200–400 м.

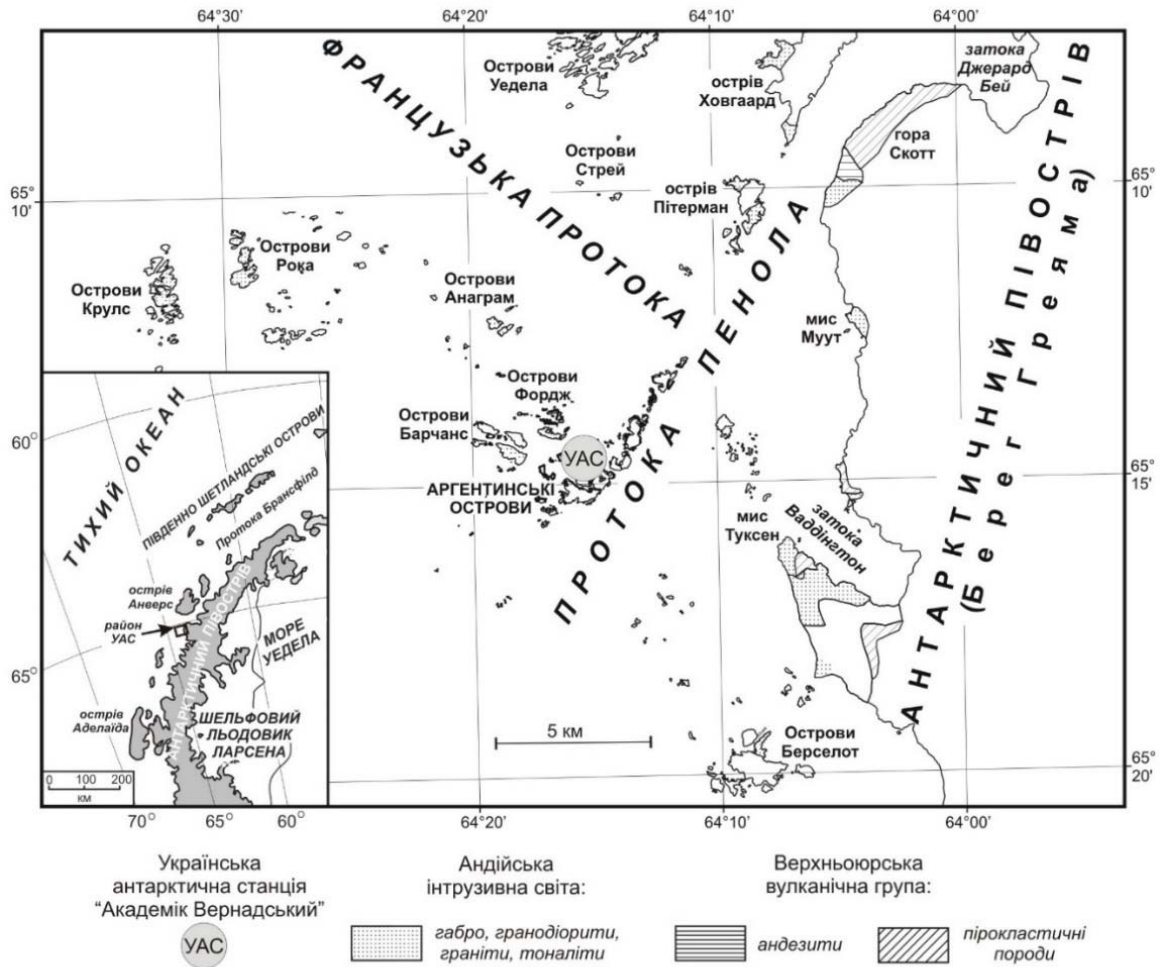


Рис. 1. Схема геологічної будови архіпелагу Вільгельма та прилягаючого узбережжя Антарктичного півострова в районі Української антарктичної станції "Академік Вернадський" (УАС). Складена за матеріалами [3, 9]

Особливості геологічної будови о. Пітерман. Більша частина острова вкрита постійним сніговим та льодовиковим покривом. Тим не менше, під час антарктичного літа чисельні корінні відслонення простежуються вздовж майже всієї берегової лінії, а також, частково, на найбільш підвищених ділянках всередині острова. Розривна тектонічна зона, яка трасується двома фіордоподібними затоками з південного заходу на північний схід, поділяє острів на дві частини. Останні відрізняються не лише рельєфом, а й петрографічним складом та умовами залягання гірських порід. Загалом у геологічній будові острова беруть участь інтрузивно-магматичні породи плутонічної та гіпабісальної фацій глибинності: габроїди, гранітоїди та базитові дайки (рис. 2).

У північній частині острова на значній площі відслонюються габроїди. Ними складені стрімкі схили північного узбережжя, а також найбільша вершина острова – г. Клейтон. В окремих відслоненнях габроїди фрагментарно виявляють первинно-магматичну розшарованість.

Розмір ділянок із шаруватою текстурою сягає 10–20 м. Шаруватість звичайно залягає субвертикально або зі стрімким падінням на південний захід під кутами більше 75°. Простягання шаруватості північно-західне з азимутами $\text{Apr}=330\text{--}355^\circ$, навіть на поруч розташованих ділянках шаруватість може орієнтуватись "перехресно". Ритмічно-шарувата текстура габроїдів характеризується чергуванням прошарків, що різняться кількісним співвідношенням плагіоклазу та мафічних мінералів. Кожний ритм потужністю від 2–5 до 10 см складається з мезократового та лейкократового прошарку, що поступово переходять один в один за рахунок збільшення вмісту плагіоклазу від 50–60 % до 90 % та більше. Межі між ритмами прямолінійні, чіткі без приконтартових змін. Потужності сусідніх ритмів майже однакові, витримані по простяганням. Тим не менше, зустрічаються ділянки з лінзовидно-шаруватою будовою, де окремі габроїдні прошарки поступово виклинюються по простяганням.

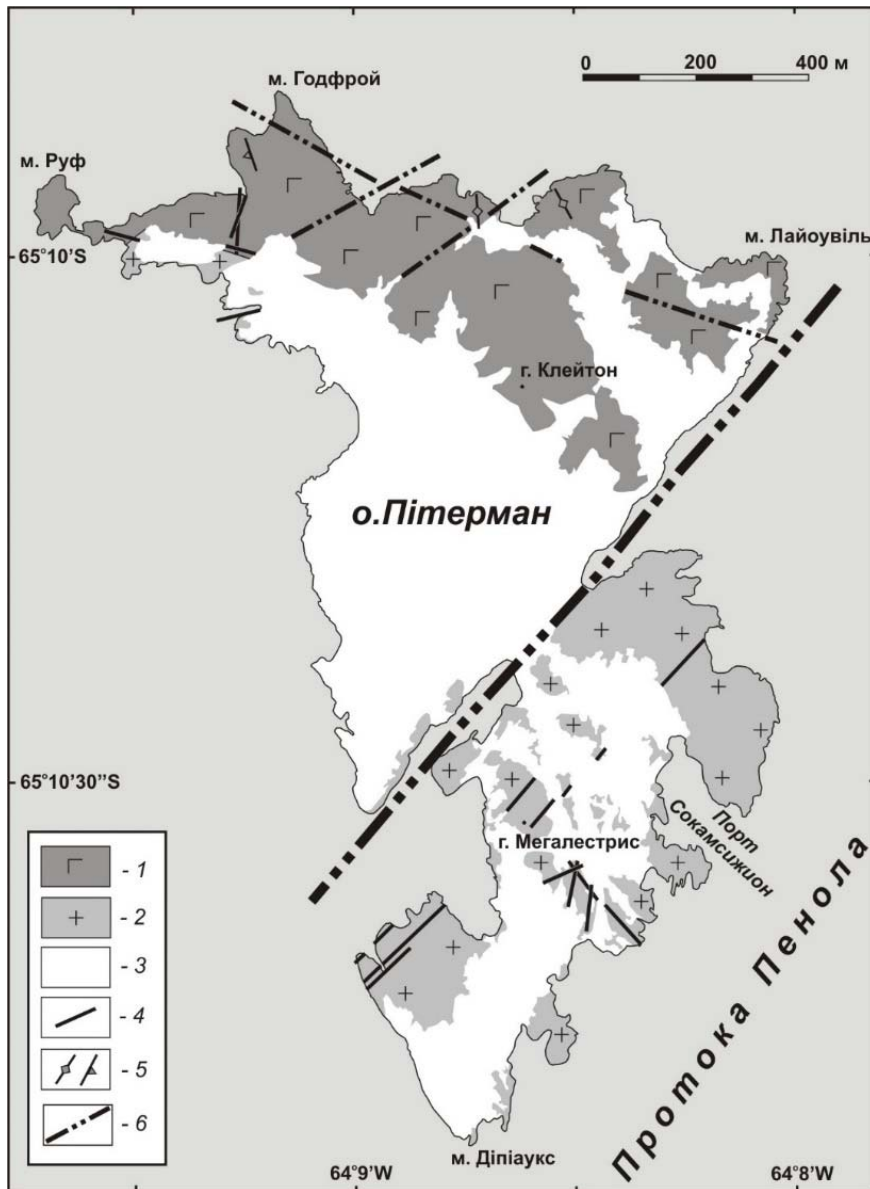


Рис. 2. Геологічна карта о. Пітерман. Умовні позначення: 1 – габроїди; 2 – гранітоїди; 3 – сніговий та льодовиковий покрив станом на січень 2006 р.; 4 – базитові дайки, 5 – елементи залягання шаруватості габроїдів, вертикальне та стрімке падіння відповідно; 6 – розломи.

Карта складена О.В. Митрохином за даними польових досліджень 2017 р. та результатами дешифрування космоснімків Google Earth за 26.01.2004 р.

Як топооснова використана топографічна карта 1 : 5000 Petermann Island, Graham Coast, Series BAS 5, Sheet 1, Edition 1, 2006

У багатьох місцях габроїди перетинаються базитовими дайками та жилами аплітоїдних гранітів. Серед базитових дайок, що інтродують у габроїди, розрізняються щонайменше дві вікові групи. Так, у північно-західній частині острова на ділянці узбережжя між мисами Руф та Годфрой у межах протяжного відслонення, що має координати 65°09'55,4" пвд. ш. та 64°09'6,1" зхд. д., маємо дві різновікові дайки (рис. 3). Більш давня дайка, складена габро-порфіритом, має потужність 50–55 см, залягає у габроїдах, має з ними різкі контакти, щоправда, з недостатньо чіткими зонами

загартування. Елементи залягання габро-порфіритової дайки наступні: $\text{Апд}=276^\circ$ кут 75° . Вона з перервами простежується по простяганню у субмеридіональному напрямку на відстані 85 м починаючи від узбережжя вглиб острова, де "зрізається" розташованими південніше гранітоїдами. У кількох місцях видно, що дайка габро-порфіриту інтродується жилами аплітоїдних гранітів, що додатково доводить її "догранітний" вік. У північній частині відслонення габро-порфіритова дайка перетинається ще більш молодію діабазовою дайкою.

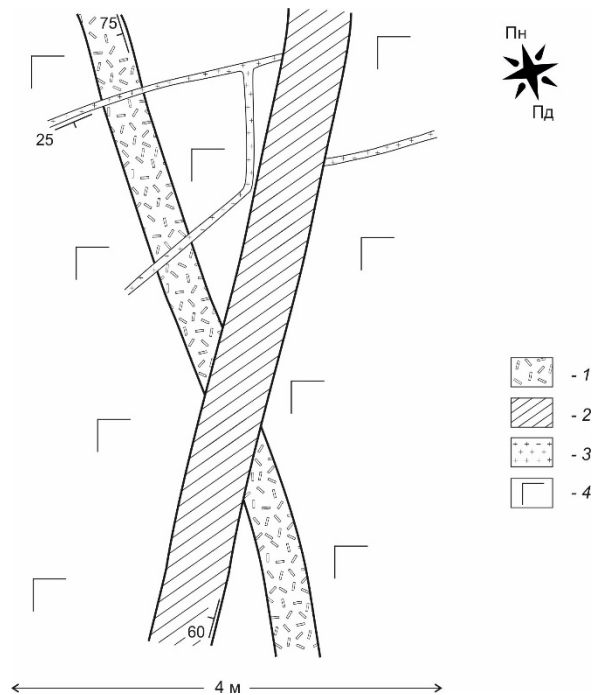


Рис. 3. Замальовка відслонення на північно-західному узбережжі о. Пітерман, де габроїди перетинаються різновіковими базитовими дайками та жилами аплітоїдних гранітів: 1 – догранітна дайка габро-порфіриту; 2 – постгранітна діабазова дайка; 3 – жили аплітоїдних гранітів; 4 – вмісні габроїди

Діабазова дайка потужністю 60 см також залягає у габроїдах, щодо яких має різкі інтрузивні контакти. Зони загартування виявлені помітно краще порівняно з вищеописаною габро-порфіритою дайкою. У поперечному перетині діабазова дайка має смугасту будову, зумовлену неоднорідністю забарвлення та вторинних змін. Елементи залягання діабазової дайки такі: $A_{pd}=291^\circ$, кут 60° . Ця дайка простежена від узбережжя у південно-західному напрямку на відстані 50 м, далі – виклинюється. На одній ділянці видно, як вона повністю перетинає вищеописану габро-порфіриту дайку. Жил аплітоїдних гранітів в діабазовій дайці немає. Навпаки, вона сама зі зміщенням січе одну з жил аплітоїдного граніту, що перетинає габро-порфіриту дайку. Згадана жила аплітоїдного граніту потужністю 6 см має північно-східне простягання, $A_{pd}=161^\circ$ кут 25° . У межах більшості ділянок свого поширення вона залягає у габроїдах, щодо яких має різкі лінійні контакти з ендоконтактовими зонами дещо збагаченими на темноколірні мінерали.

Дещо більше гранітоїди поширені вздовж південного узбережжя мису Руф (рис. 2). На відміну від вищеописаних жил аплітоїдних гранітів це типові представники плутонічної фації, серед яких найбільш характерними є гранодіорити. У кількох місцях відслонюється контакт гранітоїдів із габроїдами. Найцікавішою є ділянка контакту з координатами $65^\circ 09' 57,3''$ пвд. ш. та $64^\circ 09' 7,4''$ зхд. д. (рис. 4, а-б). Лінія контакту різка та звивиста, простягання північно-західне, падіння північно-східне $A_{pd}=41^\circ$ кут 20° . Габроїди, які перекривають гранітоїди, в області контакту інтродовані чисельними гранітоїдними жилами. Гранітоїди, які підстилають габроїди, у вузькій приконтактової зоні ~1-3 м набувають плямисто-смугастої будови за рахунок неоднорідного розподілу мафічних мінералів. Крім нечітких смуг гранодіоритового та кварц-діоритового складу, у гранітоїдах також зустрічаються різною мірою "засвоєні" ксеноліти габроїдів.

Уся південна частина о. Пітерман, починаючи від згадуваної вище розривної тектонічної зони північно-східного простягання, також значною мірою складена гранітоїдами. Головне місце серед них посідають знову таки гранодіорити. Габроїди ж зустрінуті лише у вигляді ксенолітів серед гранодіоритів на південному узбережжі затоки Порт Сокамсжион (рис. 4, в). Такі ксеноліти зазвичай мають гострокутну форму з різкими границями та темними приконтактовими облямівками. Крім габроїдів, гранодіорити на цій ділянці також містять ксеноліти темних дрібнозернистих порід вулканогенного вигляду. Гранодіорити південної частини острова інтродуються чисельними базитовими дайками (рис. 4, г). За значних варіацій потужності більшість дайок мають північно-східне простягання та субвертикальне падіння. На окремих ділянках спостерігаються ознаки багатофазового вкорінення дайок у гранодіорити. Наприклад, на відслоненні, що має координати $65^\circ 10' 33,6''$ пвд. ш. та $64^\circ 08' 21,3''$ зхд. д., маємо зчленування як мінімум трьох різновікових дайок. Найдавніша дайка, складена дрібнофенокристовим плагіопорфіритом, має потужність 190 см, простягання – північно-західне, $A_{pd}=53^\circ$ кут 63° . Більш молода дайка діабазового складу, потужністю 120 см, залягає вертикально з $A_{pr}=11^\circ$. Інтродуючи гранодіорит, вона теж перетинає найдавнішу плагіопорфіриту дайку, а також невелику аплітоїдну жилу у гранодіоритах. Наймолодша дайка, складена діабазом, має потужність 200 см, залягає вертикально з $A_{pr}=66^\circ$. Разом із вмісними гранодіоритами вона перетинає й обидві вищезгадані дайки цього відслонення. Усі три описувані дайки характеризуються різкими інтрузивними межами з добре виявленими зонами загартування та дрібно-смугастою будовою в приконтактових частинах. Крім базитових дайок, у гранодіоритах спостерігаються декілька аплітоїдних жил. Одна з них, потужністю 8 см, має широтне простягання з $A_{pd}=181^\circ$ та кутом 70° . Перетинаючи гранодіорити, ця жила сама січеться діабазовою дайкою.

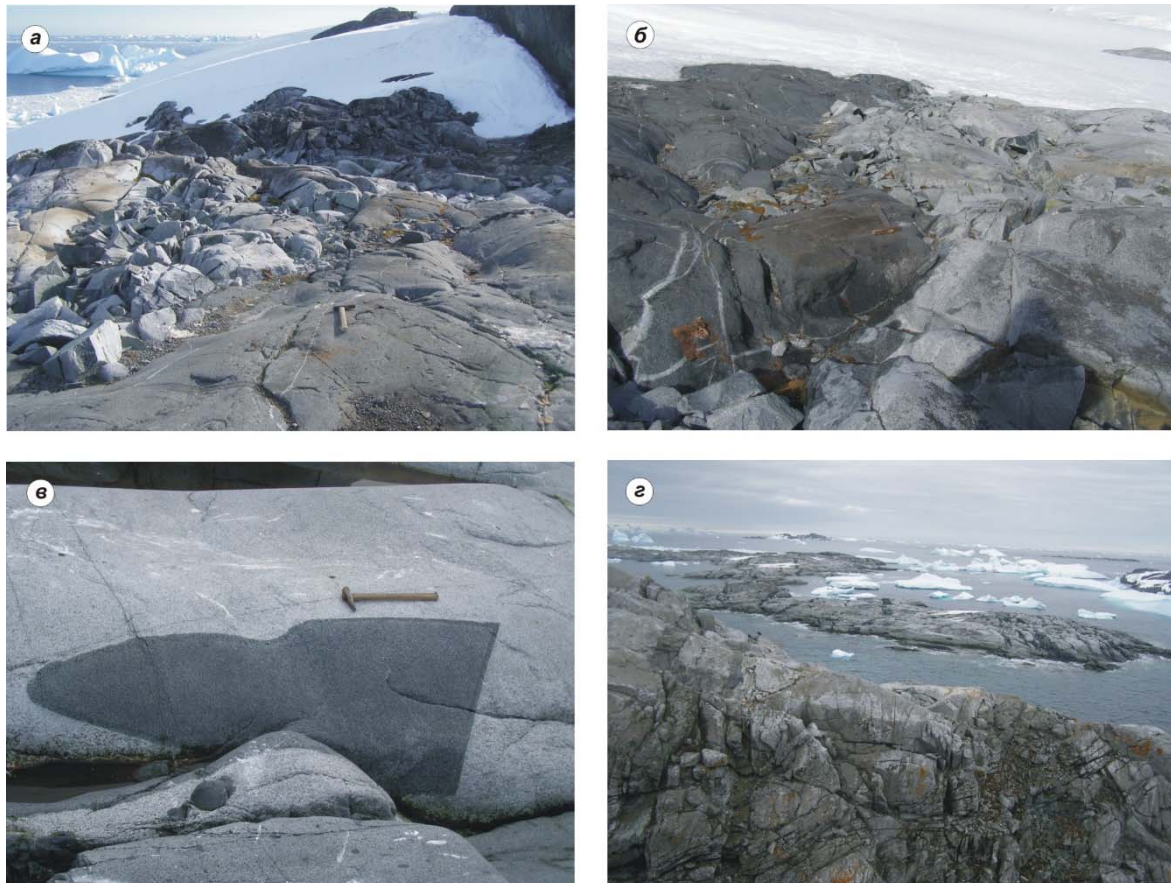


Рис. 4. Геологічні співвідношення інтрузивних порід о. Пітерман:
 а-б – інтрузивний контакт гранітоїдів з більш давніми габроїдами, відслонення в північно-західній частині острова;
 в – ксеноліт габроїда в гранодіориті, відслонення на південному узбережжі затоки Порт Сокамсхион;
 г – гранодіорити інтродуються чисельними базитовими дайками північно-східного простягання, південне західне узбережжя о. Пітерман

Петрографічні особливості інтрузивних утворень о. Пітерман. Спільною рисою всіх інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман є метаморфічні перетворення, яких вони зазнають. Тим не менше, незалежно від масштабу та ступеня метаморфізму, усі досліджувані зразки зберігають реліктові структурно-текстурні особливості та мінеральні парагенезиси, що дозволяє використовувати до них номенклатуру магматичних порід.

Амфіболізовані габро є найхарактернішими представниками габроїдів о. Пітерман. Це фанеритові середньозернисті породи з реліктовою гіпідіоморфнозернистою кумулятивною структурою. Їх головні породотвірні мінерали – основний плагіоклаз та амфіболи. Реліктовий піроксен, магнетит та ільменіт мають другорядне значення. Таблитчасті кристали плагіоклазу, розміром 2–5 мм, проявляють частковий ідіоморфізм щодо інтерстиційних зерен зеленої рогової обманки, що заміщує первинний клінопіроксен, утворюючи по ньому гомоосові псевдоморфози. Сама рогова обманка подекуди заміщується волокнистим агрегатом актиноліту. Місцями всередині актинолітових агрегатів зустрічаються своєрідні скупчення вторинного дрібнокристалічного магнетиту, в обрисах яких вгадується морфологія якогось первинного мафічного мінералу, можливо – олівіну. Вторинний біотит поширений у зразках габро достатньо неоднорідно, утворюючи більші за розміром самостійні зерна, а також дрібнолускаті агрегати. Останні формують реакційні оболонки навколо зерен магнетиту. В окремих зразках спостерігається зачаткова хлоритизація біотиту, яка зазвичай супроводжується кристалізацією епідоту на межі

із сусіднім актинолітом. Кварц, напевно, також має вторинне походження. Його ксеноморфні зерна затиснуті в інтерстиціях плагіоклазів. Звичайно, кристалізація кварцу не супроводжується розчиненням плагіоклазу і лише в деяких місцях межі між цими мінералами є корозійними. У схрещених ніколях кварц характеризується нормальним згасанням без ознак деформацій. Магнетит найбільш поширений серед рудних мінералів досліджуваних габроїдів. Він представлений двома морфологічними типами. Перший морфотип – відносно великі, 0,4–0,6 мм, ксеноморфні та гіпідіоморфні зерна, які звичайно асоціюють з ільменітом, утворюючи з ним незаконірні зростки. Останні виявляють ознаки більш пізнього виокремлення магнетиту щодо ільменіту. Інколи у цьому морфотипі магнетиту зустрічаються поодинокі таблитчасті вклучення ільменіту, які орієнтуються паралельно до однієї з кристалографічних граней. Другий морфотип – набагато менші, 0,01–0,05 мм, субідоморфні та ідіоморфні мікрокристали, які неоднорідно насичують усі породотвірні мінерали. За даними мікросондового аналізу обидва морфотипи магнетиту характеризуються майже стехіометричним складом, позбавленим будь яких ізоморфних домішок. Ільменіт – другий за поширеністю рудний мінерал. Звичайно він кристалізується у вигляді ідіоморфних та субідоморфних таблитчастих зерен розміром 0,5–0,7 мм. Деякі з них демонструють екзолюційну будову, що виявляється у вигляді чисельних мікроскопічних, 0,02–0,04 мм, вклучень гематиту, які орієнтуються паралельно до грані (0001). Серед акцесорних мінералів габро діагностовані апатит, сфен, циркон, пірит, халькопірит та сфалерит.

Гранодіорити найбільш поширені серед гранітоїдів о. Пітерман. Ці фанеритові середньозернисті породи характеризуються типовою гіпідіоморфнозернистою гранітною структурою. Головні породотвірні мінерали гранодіоритів – кислий плагіоклаз, кварц та мікроклін-пертит. Біотит та рогова обманка мають другорядне значення. Плагіоклаз характеризується олігоклазовим складом. Його таблитчасті зерна, розміром 2–4 мм, проявляють ідіоморфізм щодо інших салічних мінералів. Зональна будова плагіоклазових зерен виявляється за характером згасання та нерівномірним розподілом вторинних змін. У найбільш змінених зразках центральна частина зерен плагіоклазу сосуритизована, у крайовій частині розвиваються серицит та глинисті мінерали. Ксеноморфні зерна кварцу, розміром 1–3 мм, затиснуті в інтерстиціях плагіоклазів. Вони мають слабо хвилясте згасання та насичені чисельними пиловидними мінеральними включеннями. Мікроклін розподіляється в породі неоднорідно. Його неправильні зерна кородують плагіоклаз, місцями наростаючи на нього у вигляді переривчастих оболонки. Неправильні пертитові вrostки альбіту на окремих ділянках продовжуються у сусідні зерна плагіоклазу. У схрещених ніколях ясно виявлена мікроклінова ґратка. Порівняно з плагіоклазом мікроклін менш змінений, хоча й по ньому розвивається пелітизація. Біотит в одному ніколі густо плеохроє у зеленувато-коричневих тонах. Він кристалізується у вигляді ідіоморфних та гіпідіоморфних товсто-таблитчастих зерен розміром 0,5–1,5 мм. Містить пойкилітові включення апатиту та рудних мінералів. Різною мірою заміщується хлоритом, подекуди з формуванням повних псевдоморфоз. Зазвичай хлоритизація біотиту супроводжується виокремленням зерен епідоту, що включені у хлорит. Рогова обманка густо забарвлена у коричнево-зелений колір. Утворює ідіоморфні короткостовпчасті кристали розміром 1–2 мм, що місцями зібрані у зростки. Звичайно вона містить пойкилітові включення плагіоклазу та апатиту. У деяких зразках видно як рогова обманка кристалізується поверх біотиту. Також зустрічаються зростки рогової обманки зі сфеном та епідотом. Характерними акцесорними мінералами гранодіоритів є апатит та циркон.

Догранітні дайкові породи о. Пітерман представлені амфіболізованими габро-порфіритами. Для них характерна поліфірова структура з чисельними фенокристами лабрадорового плагіоклазу, розміром 5–10 мм, зануреними у дрібнозернисту загальну масу. Місцями такі фенокристи формують гломеропорфірові агрегати. Основна маса складена дрібними, 0,2–0,4 мм, зернами основного плагіоклазу та амфіболу. Таблитчасті індивіди плагіоклазу демонструють частковий ідіоморфізм по відношенню до новоутворених амфіболів, виявляючи реліктову габро-офітову структуру. Первинні мафічні мінерали повністю заміщені новоутвореними роговою обманкою та актинолітом. Місцями видно, що амфіболи разом з підпорядкованим біотитом заліковують тонкі катакластичні тріщини, що наочно підтверджує вторинний генезис цих мафічних мінералів. Вторинним є також ксеноморфні виокремлення кварцу. Реліктові ксеноморфні та субідіоморфні зерна магнетиту розміром 0,05–0,1 мм містять закономірно-орієнтовані таблитчасті мікрівключення ільменіту. Крім таких ексолоційних включень, ільменіт зустрічається й у вигляді самостійних субідіоморфних таблитчастих кристалів, розміром близько 0,1 мм. Вторинний магнетит кристалізується у вигляді чисельних мікроскопічних включень розміром ~0,02 мм, які неоднорідно насичують плагіоклаз та амфіболи. Найбільш звичайним акцесорним мінералом досліджуваних габро-порфіритів є апатит. За допомогою мікрозондового аналізу також діагностовані циркон та халькопірит.

Постгранітні дайкові породи представлені діабазами, значно зміненими процесами альбітизації, епідотизації та хлоритизації. Це дрібнозернисті афірові породи з реліктовою офітовою структурою. Порівняно з вищеописаними габро-порфіритами для них властиві більш низькотемпературні метаморфічні перетворення та набагато гірша збереженість первинно-магматичних мінеральних парагенезисів. Головні породотвірні мінерали метадіабазів – плагіоклаз, епідот та хлорит. Плагіоклаз утворює лейстовидні зерна розміром 0,1–0,2 мм. Його склад у результаті постмагматичних процесів розкислений до альбіт-олігоклазу. Надлишок вапна при цьому вивільнився у формі мікрокристалічного кліноцоїзиту. Епідот та хлорит виповнюють інтерстиції плагіоклазів, повністю заміщуючи первинні мафічні мінерали та можливо – вулканічне скло. Дрібні неправильні зерна вторинного кварцу також займають інтерстиційне положення. Характерними рудними мінералами метадіабазів є магнетит та ільменіт. Ідіоморфні та гіпідіоморфні зерна магнетиту, розміром 0,06–0,09 мм, неоднорідно заміщуються сфеном. Це припускає їх первинно-титанистий склад, хоча мікрозондовим аналізом домошок титану у магнетиті не виявлено. Ільменіт поширений помітно менше магнетиту. Він кристалізується у вигляді сильно сплосчених скелетних кристалів розміром 0,09–0,1 мм. Загалом така морфологія ільменіту властива для дуже швидко охолоджених дайкових порід субвулканічної фації. Крім ільменіту та магнетиту, рудна мінералізація представлена вторинними сульфідами – піритом та галенітом. Серед акцесорних мінералів діагностовано апатит та циркон.

Висновки.

1. Інtruзивні утворення о. Пітерман не можуть бути складовими єдиного магматичного комплексу (Андійської інtruзивної світи чи Батоліту Антарктичного півострова), як це вважалося попередниками. Зокрема, габроїди та гранітоїди сформовані у результаті двох самостійних етапів магматичної активності, розмежованих вкоріненням догранітних дайок та наступним регіональним метаморфізмом.

2. Найдавнішими інtruзивно-магматичними утвореннями о. Пітерман є габроїди. Верхня вікова межа їх формування сягає не менш ніж 96 млн років, нижня – лишається нез'ясованою. У північній частині острова на денну поверхню виходить фрагмент розшарованої габроїдної інtruзії, більша частина якої має бути під рівнем моря північніше о. Пітерман. Враховуючи вимірні елементи залягання шаруватості габроїдів у північній частині острова, а також наявність їх ксенолітів у гранітоїдах його південно-східної частини, можна очікувати продовження габроїдної інtruзії й у цьому напрямку.

3. Габроїди інtruдуються догранітними дайками габро-порфіритів, вік вкорінення яких також не менший ніж 96 млн років. З огляду на мікроструктурні особливості габро-порфіритів їх слід вважати менш глибинними магматичними утвореннями порівняно із вмисними габроїдами. Це припускає підняття та ерозію габроїдної інtruзії перед вкоріненням дайок. Тим не менше, не виключається, що дайки габро-порфіритів та габроїди є похідними єдиного магматичного джерела, що потребує додаткової перевірки.

4. Габроїди та догранітні дайки зазнали регіональних метаморфічних перетворень в умовах амфіболітової фації ($t \sim 500\text{--}700^\circ\text{C}$) ще до вкорінення гранітоїдів. Наступні діафоричні перетворення, які проявилися в розвитку накладеної актиноліт-епідот-хлоритової мінералізації, мали локальний характер. Їх розвиток був пов'язаний або з приконтатковим ореолом гранітоїдної інtruзії, або з більш пізніми навколотріщинними гідротермально-метасоматичними процесами, що відбувалися після формування гранітоїдів.

5. Гранітоїди о. Пітерман не зачеплені регіонально-метаморфічними перетвореннями амфіболітової фації, тобто формувалися після піку регіонального метаморфізму в регіоні. Отримана попередниками цифра U-Pb ізотопного датування цирконів – 96 млн років з великою мірою вірогідності відповідають віку вкорінення гранітоїдів.

6. Постгранітні базитові дайки о. Пітерман формувалися на субвулканічному рівні глибинності, тобто після значної ерозії гранітоїдних інтрузій. За віком вони, імовірно, також значно відірвані від гранітоїдів. Накладена альбітизація, епідотизація та хлоритизація постгранітних дайок має локальний навколотріщинний характер і пов'язана з низькотемпературними гідротермально-метасоматичними процесами.

7. Подальші дослідження слід спрямувати на вивчення породотвірних, рудних та акцесорних мінералів, а також на з'ясування особливостей хімічного складу інтрузивних утворень о. Пітерман з метою визначення їх рудогенеруючого потенціалу.

Подяка. Автори висловлюють свою подяку керівництву Національного антарктичного наукового центру та персоналу Української антарктичної станції "Академік Вернадський" за організацію та всебічну підтримку польових досліджень. Значний внесок у проведення геологічних маршрутів внесли М.П. Старинець, В.В. Храпач та інші зимівники XXI Української антарктичної експедиції, яким автори щиро вдячні.

Список використаних джерел:

1. Артеменко Г. В. Результаты геохимических исследований проявлений рудной минерализации в породах батолита Антарктического полуострова / Г. В. Артеменко, В. Г. Бахмутов, Л. Н. Бахмутова // Укр. антарктичний журнал. – 2011. – № 10–11. – С. 13–25.
2. Бахмутов В. Г. Геологический обзор архипелага Аргентинские острова и прилегающей территории Антарктического полуострова / В. Г. Бахмутов // Бюлл. УАЦ. – 1998. – № 2. – С. 77–84.
3. Бахмутов В. Г. Возрастная позиция, геодинамическая специфика и палеомагнетизм интрузивных комплексов западного побережья Антарктического полуострова / В. Г. Бахмутов, Д. П. Гладкочуб, В. В. Шпира // Геофиз. журнал. – 2013. – Т. 35, № 3. – С. 3–30.
4. Магматическая расчлененность габброидов батолита Антарктического полуострова / Г. В. Артеменко, В. Г. Бахмутов, И. А. Самборская и др. // Укр. антарктический журнал. – 2013. – № 12. – С. 30–33.
5. Муровская А. В. Предварительные результаты полевых тектонофизических исследований в районе западного побережья Антарктического полуострова / А. В. Муровская, В. Г. Бахмутов // Укр. антарктический журнал. – 2015. – № 14. – С. 66–73.
6. Adie R. J. The petrology of Graham Land: The basement complex; Early Palaeozoic plutonic and volcanic rocks / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1954. – № 11. – 29 p.
7. Adie R. J. The petrology of Graham Land: The Andean granite-gabbro intrusive suite / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1955. – № 12. – 41 p.

A. Mitrokhin¹, Dr. Sci. (Geol.), Professor

E-mail: mitrokhin.a.v@ukr.net

V. Bakhmutov², Dr. Sci. (Geol.)

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com

L. Gavryliv¹, PhD student

E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com

A. Aleksieienko¹, PhD student

E-mail: scr315@gmail.com

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

²Institute of Geophysics National Academy of Sciences of Ukraine

32 Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

8. Adie R. J. The petrology of Graham Land: Metamorphic rocks of the Trinity peninsula series / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1957. – № 20. – 31 p.

9. Curtis R. The petrology of the Graham Coast, Graham Land / R. Curtis. – British Antarctic Survey Scientific reports. – 1966. – № 50. – 70 p.

10. Leat P. T. On the Antarctic peninsula batholith / P. T. Leat, J. H. Scarrow, I. L. Millar // Geological Magazine. – 1995. – V. 132, № 4. – P. 399–412.

11. Notes on the scientific work of the British Graham Land Expedition, 1934–37 / W. L. S. Fleming, A. Stephenson, B. B. Roberts, G. C. L. Bertram // The Geographical Journal. – 1938. – V. 91, № 6. – P. 508.

12. Pankhurst R. J. Rb-sr geochronology of Graham Land, Antarctica / R. J. Pankhurst // Journal of the Geological Society. – 1982. – V. 139, № 6. – P. 701–711.

13. Slab window migration and terrane accretion preserved by low-temperature thermochronology of a magmatic arc, northern Antarctic peninsula / W. R. Guenther, D. L. Barbeau, P. W. Reiners, S. N. Thomson // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2010. – V. 11, № 3. – P. 1–13.

References:

1. Artemenko, G. V., Bakhmutov, V. G., & Bakhmutova, L. N. (2011). The results of geochemical investigations of ore mineralization at the Antarctic Peninsula Batholith rocks. *Ukrainian Antarctic Journal*, 10-11, 13-25. [in Russian].
2. Bakhmutov, V. G. (1998). Geological overview of the Argentine islands and the adjacent area of the Antarctic Peninsula. *Ukrainian Antarctic Journal*, 2, 77-84. [in Russian].
3. Bakhmutov, V. G., Gladkochub, D. P., & Shpyra, V. V. (2013). The age, geodynamics and paleomagnetism of the intrusive complexes of West Antarctica. *Geophysical Journal*, 3, 3-30. [in Russian].
4. Artemenko, G. V., Bakhmutov, V. G., Samborskaya, I. A., Bakhmutova, L. N., & Shpyra, V. V. (2013). Magmatic layering of the Antarctic Peninsula Batholith gabbroids. *Ukrainian Antarctic Journal*, 12, 30-33. [in Russian].
5. Murovskaya, A. V., & Bakhmutov, V. G., (2015). Preliminary results of field tectonophysical studies of the West Antarctica area. *Ukrainian Antarctic Journal*, 14, 66-73. [in Russian].
6. Adie, R. J. (1954). The petrology of Graham Land: The Basement Complex; early Palaeozoic plutonic and volcanic rocks. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 11, 1-29.
7. Adie, R. J. (1955). The petrology of Graham Land: The Andean granite-gabbro intrusive suite. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 12, 1-41.
8. Adie, R. J. (1957). The petrology of Graham Land: Metamorphic rocks of the Trinity Peninsula series. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 20, 1-31.
9. Curtis, R. (1966). The petrology of the Graham coast, Graham Land. British Antarctic Survey Scientific reports, 50, 1-70.
10. Leat, P. T., Scarrow, J. H., & Millar, I. L. (1995). On the Antarctic Peninsula batholith. *Geological Magazine*, 132(4), 399-412. <https://doi.org/10.1017/S0016756800021464>
11. Fleming, W. L. S., Stephenson, A., Roberts, B. B., & Bertram, G. C. L. (1938). Notes on the scientific work of the British Graham Land Expedition, 1934-37. *The Geographical Journal*, 91(6), 508-528. doi:10.2307/1787413
12. Pankhurst, R. J. (1982). Rb-Sr geochronology of Graham Land, Antarctica. *Journal of the Geological Society*, 139(6), 701-711. <http://doi.org/10.1144/gsjgs.139.6.0701>
13. Guenther, W. R., D. L., Reiners, P. W., & Thomson, S. N. (2010). Slab window migration and terrane accretion preserved by low-temperature thermochronology of a magmatic arc, northern antarctic peninsula. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 11 (3), 1-13. doi:10.1029/2009GC002765.

Надійшла до редколегії 26.06.17

GEOLOGY OF PETERMANN ISLAND (WILHELM ARCHIPELAGO, WEST ANTARCTICA)

Petermann Island belongs to the Wilhelm Archipelago – a large island arc near the west coast of the Antarctic Peninsula in the area of the Ukrainian Antarctic Station "Akademik Vernadsky". All the principal petrographic units of the Andean gabbro-granite Intrusive Suite which belong to the Antarctic Peninsula Batholith, outcrop on the island. Similar to several other Meso- Cenozoic orogenic intrusions, which form a large magmatic belt of West Antarctica, the rocks of Petermann Island underwent metamorphism of different type and intensity. The authors examined geological setting of the Petermann Island and acquired principally new data on the spatial localization, structural measurements, age relations, petrographic features and chemical composition of separate intrusive bodies. The aim of the research was to reveal the geological sequence of magmatic intrusions and metamorphism of the intrusive bodies of Petermann Island. Geological fieldworks, followed by mineralogical and petrographic investigations prove that gabbroids and granitoids formed as a result of two different stages of magmatic activity, delimited by the intrusion of pre-granite basic dikes and subsequent regional metamorphism.

Accordingly, the intrusive suites of Petermann Island cannot be a part of one magmatic complex (Andean Intrusive Suite or Antarctic Peninsula Batholith), as it was considered by the previous researchers of the area. The paper indicates that the most ancient intrusive-magmatic formations of Petermann Island are represented by the layered gabbroid intrusion. Only a fragment of the latter one outcrops on the northern shore of the island,

while the biggest part of the intrusion being located under the sea level to the north and east. At least two groups of dikes are identified among the basic dikes of Petermann Island based on the age of their intrusion. Petrographic features of pre-granite gabbro-porphyrite dikes indicate hypabyssal level of their intrusion, unlike the plutonic level of the enclosing gabbroids. It is pointed out that the gabbroids and pre-granite dikes were significantly altered by regional metamorphism under amphibolite facies conditions prior to the intrusion of granitoids. The development of the superimposed actinolite-epidote-chlorite mineralization is associated either with the contact metamorphism induced by the intrusion of granitoids or with later fracture-controlled hydrothermal flow and metasomatism that occurred after the intrusion of granitoids. The granitoids of Petermann Island show no evidence of regional metamorphic alteration under amphibolite facies, which is characteristic of the gabbroids. Therefore, it is assumed that the granitoids were formed after the peak of regional metamorphism in the area. The examination of post-granite diabase dikes indicates that they were intruded at subvolcanic level, after a significant erosion of the enclosing granitoids. The superimposed albite-epidote-chlorite mineralization of post-granite dikes is assumed to be associated with local fracture-controlled low temperature hydrothermal-metasomatic processes.

Keywords: geology, intrusive rocks, Wilhelm Archipelago, Petermann Island, West Antarctica.

А. Митрохин¹, д-р геол. наук, проф.

E-mail: mitrokhin.a.v@ukr.net

В. Бахмутов², д-р геол. наук

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com

Л. Гаврылив¹, асп.

E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com

А. Алексеевко, асп.

E-mail: scr315@gmail.com

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

²Институт геофизики им. С. И. Субботина НАНУ

пр-т Академика Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСТРОВА ПИТЕРМАН (АРХИПЕЛАГ ВИЛЬГЕЛЬМА, ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА)

Остров Питерман принадлежит к архипелагу Вильгельма – большой группе, расположенной возле западного побережья Антарктического полуострова, в районе Украинской антарктической станции "Академик Вернадский". На Питермане обнажаются все главные петрографические представители "Андийской габбро-гранитной интрузивной свиты", которые считаются современниками и составляющей частью протяженного "Батолита Антарктического полуострова". Подобно многим другим мезо-кайнозойским орогенным интрузиям, которые формируют протяженный магматический пояс Западной Антарктики, горные породы о. Питерман подверглись метаморфическим изменениям разного типа и интенсивности.

Авторы исследовали особенности геологического строения о. Питерман и получили принципиально новые данные касательно пространственной локализации, а также условий залегания отдельных интрузивных тел, их возрастные соотношения, петрографические особенности и вещественный состав. Целью исследований было выяснение геологической последовательности внедрения и метаморфических изменений интрузивно-магматических образований о. Питерман. По результатам полевых геологических работ и следующих минералого-петрографических исследований было установлено, что габброиды и гранитоиды сформированы в результате двух самостоятельных этапов магматической активности, разделенных внедрением догранитных базитовых даек и следующим региональным метаморфизмом. Соответственно, интрузивные образования о. Питерман не могут быть составляющими единого магматического комплекса (Андийской Интрузивной Свиты или Батолита Антарктического полуострова), как это считалось предшественниками. Продемонстрировано, что наиболее древние интрузивно-магматические образования о. Питерман представлены расчлененной габброидной интрузией, фрагмент которой обнажается на северном берегу острова, а большая часть находится под уровнем моря севернее и восточнее. Среди базитовых даек о. Питерман выделяются как минимум две возрастные группы. Петрографические особенности догранитных даек габбро-порфиритов указывают на гипабиссальный уровень их внедрения, в отличие от plutonic уровня формирования вмещающих габброидов. Доказано, что габброиды и догранитные дайки подверглись региональным метаморфическим изменениям в условиях амфиболитовой фации до внедрения гранитоидов. Развитие наложенной актинолит-эпидот-хлоритовой минерализации объясняется либо контактово-метаморфическим воздействием гранитоидной интрузии, либо еще более поздними околотрещинными гидротермально-метасоматическими процессами, которые имели место после формирования гранитоидов. Установлено, что гранитоиды о. Питерман не подверглись свойственным для габброидов регионально-метаморфическим изменениям амфиболитовой фации. Опираясь на это, был сделан вывод о формировании гранитоидов после пика регионального метаморфизма на территории. Исследования постгранитных диабазовых даек показали, что их внедрение происходило на субвулканическом уровне глубинности, то есть после существенной эрозии вмещающих гранитоидов. Для наложенной альбитизации, эпидотизации и хлоритизации постгранитных даек предполагается локальный околотрещинный характер и связь с низкотемпературными гидротермально-метасоматическими процессами.

Ключевые слова: геология, магматические породы, архипелаг Вильгельма, остров Питерман, Западная Антарктика.