

УДК 550.384:551.24

М. И. Орлова<sup>1</sup>

## ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ ПО МЕЗОЗОЙСКО- РАННЕКАЙНОЗОЙСКИМ ИНТРУЗИВНЫМ И ВУЛКАНОГЕННЫМ ОБРАЗОВАНИЯМ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА

*В результате интерпретации формы распределения направлений остаточной намагниченности определены и учтены наклоны, вращения и направления горизонтальных перемещений в обнажениях мезозойско-раннекайнозойских интрузивных и вулканогенных пород Антарктического полуострова. Вычислены новые координаты палеомагнитного полюса (144 — 85 млн лет)  $\Phi = 55,8^\circ$  ю. ш.,  $L = 201,5^\circ$  в. д.,  $a_{95} = 3,2^\circ$ .*

Как известно, основой для тектонической интерпретации региональных движений блока земной коры является кривая миграции палеомагнитных полюсов континента, которому принадлежит рассматриваемый блок. Досреднемеловые палеомагнитные полюсы микроплит Западной Антарктиды (Антарктического п-ова, гор Элсуэрта, о-ва Тёрстон, Земли Мэри Бёрд) свидетельствуют о сложных относительных движениях микроплит относительно друг друга и Восточной Антарктиды. К примеру, по существующим палеомагнитным определениям был вычислен средний полюс Западной Антарктиды возрастом приблизительно 100 млн лет — рWANT100 с координатами  $L = 215,2^\circ$  в.д.,  $\Phi = 73,5^\circ$  ю. ш.,  $a_{95} = 4,0^\circ$  и сопоставлен с синтетическим полюсом Восточной Антарктиды ( $L = 171,8^\circ$  в.д.,  $\Phi = 80,3^\circ$  ю. ш.,  $a_{95} = 4,2^\circ$ ) [1]. Установленное угловое расхождение между полюсами в  $11,5^\circ$  может свидетельствовать о 1000-километровом послесреднемеловом тектоническом перемещении между блоками Восточной и Западной Антарктиды.

В реконструкциях Grunow A. M. [9], выполненных по палеомагнитным определениям для ряда эпох (175–85 млн лет) и преимущественно без учета локальной тектоники, в первоначальном палеогеографическом ( $\approx 175$  млн лет) положении Антарктический полуостров находился на западной стороне юга Южной Америки и затем ( $\approx 155$  млн лет) переместился по широте с  $54,7^\circ$  ю.ш. до  $39^\circ$  ю.ш.

В соответствии с этим Южная Америка и Антарктический полуостров были частично соединены друг с другом и, следовательно, должны обладать сходными чертами тектонических деформаций. Однако, по наблюдениям Диэль А [2] в этот период времени интенсивная деформация южной части Южной Америки, северной части континентальных окраин в море Скоша и проливе Дрейка находится в резком контрасте с ситуаци-

<sup>1</sup> © М.И. Орлова<sup>1</sup> Институт геофизики НАН Украины, Киев, Украина

ей, наблюдаемой вдоль южного хребта Скоша и на Антарктическом полуострове. В северной части Антарктического п-ова и на Южно-Шетландских о-вах мезозойско-раннекайнозойские вулканические и осадочные породы слабо деформированы и нарушены сбросами. Кроме того, палеогеографическое положение Антарктического п-ова в реконструкциях Grunow A. M. [9] противоречит палеоклиматическим данным. Они свидетельствуют, что климат северной части Антарктического п-ова от юры до олигоцена был умеренно теплым до субтропического и изменился до современных полярных условий частично в течение миоцена, но в основном плиоцена, что предполагает довольно постоянную широту Земли Грейама от юры до олигоцена (примерно между 30 — 50° ю. ш.), которая изменилась к полярным широтам (70° ю. ш.) в плиоцене.

Таким образом, отсутствие учета локальной тектоники в единичных палеомагнитных определениях по интрузивным и вулканогенным породам, а также недостаточное количество реальных палеополюсов Восточной Антарктиды стимулирует к пересмотру существующих палеомагнитных реконструкций Антарктического п-ова и других микролит Западной Антарктиды, основанных на сравнении палеомагнитных полюсов.

Цель данной статьи — оценить и учесть влияние на палеомагнитные направления тектонических наклонов и вращений в обнажениях интрузивных и вулканогенных пород с тем, чтобы наиболее достоверно восстановить картину региональных тектонических движений Антарктического п-ова в мезо-кайнозое.

*Метод интерпретации.* Принимая во внимание германотипный характер тектонических деформаций в мезо-кайнозойских формациях Антарктического п-ова [4], интерпретация распределения палеомагнитных направлений в пределах обнажений проводилась на основе рабочей гипотезы, включающей следующие предположения: 1) обнажение горных пород представлено совокупностью небольших жестких блоков, ограниченных сколовыми трещинами; 2) форма распределения совокупности  $J_n^0$  образцов обусловлена одновременными и пропорциональными изменениями азимутов и углов падения первично горизонтальной поверхности блоков в направлении их сдвига; 3) простирание плоскостей скольжения совпадает с осью  $x$ , направленной в северных румбах, ось  $y$  горизонтальна и направлена в восточных румбах, ось  $z$  ориентирована вертикально вниз.

На основе рабочей гипотезы создана кинематическая схема перемещения горных пород в обнажениях, деформированных сдвигом. Кинематическая схема построена на общих положениях, характеризующих механику трещиноватых тел и пространственное движение твердого тела.

Задача, которая решается с помощью схемы, состоит в количественных оценках наклонов, вращений и направлений перемещения небольших жестких блоков в пределах обнажений магматических горных пород.

Направление согласованного поворота и перемещения блоков пород в пределах обнажения определяется путем сравнения формы распределе-

ния совокупности векторов  $J_n^0$  образцов в современной системе координат с теоретическим распределением  $J_n^0$  и полюса напластования [5].

Процедура "выравнивания", т.е. перевод в древнюю систему координат, осуществляется поворотом вектора  $J_n$  вокруг наклонной оси и состоит из двух поворотов: на угол  $\alpha$  вокруг горизонтальной оси и последующего поворота на угол  $\beta$  (равного углу наклона) вокруг вертикальной оси в направлении, противоположном предполагаемому сдвиганию пород.

Правильность исходных предположений проверяется: 1) сходимостью средних направлений  $J_n^0$  разновозрастных пород из обнажений с различным направлением перемещений и вращений пород; 2) соответствием направлений горизонтальных перемещений пород, полученных в результате интерпретации палеомагнитных направлений, простирацию мелких разрывов, закартированных геологической съемкой.

Результаты интерпретации ранее опубликованных фактических данных (144—85 млн лет) [2, 6, 7], а также данных, полученных автором [8] приведены в таблице и на рис. 1. Из таблицы следует, что на юго-западной оконечности полуострова Байерс (о. Ливингстон, Южные Шетландские острова) нижнемеловые морские осадочные породы (131—144 млн лет) на участках Поинт Смелли и Соут Беачес подвергались сдвиговому перемещению в северо-западном направлении по азимуту  $270^\circ$  и вращению по часовой стрелке в среднем на  $25^\circ$ . По данным геологических наблюдений эти породы пересекаются многочисленными трещинами и разломами направления восток-запад. Андезитовые и диабазовые интрузии на Сеалер Хилл (108—111 млн лет) перемещались в юго-западном направлении по азимуту  $240^\circ$  и вращались против часовой стрелки на  $15^\circ$ . Лавы (104—07 млн лет) на Виетор Рок испытали перемещение в северо-западном направлении по азимуту  $270^\circ$  и вращение по часовой стрелке на  $10^\circ$ .

На полуострове Табарин (Антарктический п-ов) интрузивные тела диоритов (приблизительно 100 млн лет) обнажаются в районе станции Хоп-Бей, Минерал Хилл, Нобби Нунатак, Фивемил Рок, Саммит Ридж и являются частями единого интрузивного тела [7]. Согласно результатам интерпретации немногочисленных палеомагнитных направлений диориты в пределах исследованных участков испытали сдвиговые перемещения преимущественно в юго-западном направлении по азимуту  $250^\circ$  и вращению по и против часовой стрелке в среднем на  $20^\circ$ .

На островах Джоинвилл, Данжер и Этна, расположенных к северу от полуострова Табарин, палеомагнитные направления из габбро и даек (приблизительно 90 млн лет) указывают на перемещение пород в юго-западном направлении по азимуту  $251^\circ$  и вращение по часовой стрелке на  $20^\circ$ .

На западном побережье Антарктического п-ова (вблизи архипелага Аргентинских о-вов) у подножия горы Демария, на мысе Туксен и острове Расмуссен гранодиориты, габбро и дайки (117—85 млн лет) испытывали сдвиговое перемещение в юго-западном направлении в среднем по азимуту  $248^\circ$  и вращение по часовой стрелке на  $36^\circ$ . На о-вах Барханы и

Таблица.

Результаты интерпретации ранее опубликованных палеомагнитных направлений средне и верхнемеловых осадочных, вулканогенных и интрузивных образований северной части Антарктического полуострова.

Возраст млн лет	Место отбора	Порода	D/I град.	n	$\alpha_{95}$ град.	K	Перемещение град.	Вращение град.
131-144	Поинт Смелли *	осадочные породы	63/-64	9	5,8	80,3	СЗ 270	+ 30
	Соут Беачес *		57/-64	4	4,6	391,8	СЗ 280	+ 25
108-111	Сеалер Хилл *	андезиты и диабазы интрузии	47/-62	5	9,6	64,5	ЮЗ 240	-15
104-107	Виетор Рок *	лавовые потоки	48/-64	4	5,4	203,8	СЗ 270	+ 10
~ 100	Минерал Хилл +	диориты	53/-62	5	7,0	120	ЮЗ 245	+ 20
	Нобби Нунатак +		34/-62	5	5,0	236,5	ЮЗ 235	- 15
	Фивемил Рок +		36/-60	4	7,0	174,6	ЮЗ 250	+ 20
	Саммит Ридж +		56/-61	5	10,8	51	ЮЗ 265	+ 30
~ 90	о. Джошвилл *	габбро и дайки	43/-63	11	3,6	161	ЮЗ 252	+ 25
	о. Данжер **		35/-62	4	5,7	257,8	ЮЗ 250	+ 20
	о. Этна **		26/-60	3	7,5	274,3	ЮЗ 251	+ 18
117	о. Расмуссен ***	гранит	67/-64	5	5,2	216,3	ЮЗ 261	+ 43
85	м. Туксен ***	габбро	53/-64	9	7,7	45,4	ЮЗ 260	+ 30
84,5	г. Демария ***	гранодиориты и дайки	77/-64	7	9,4	42,6	ЮЗ 236	+ 35
~ 100-60	о. Питермен ***		66/-58	160	4,4	10,8	СЗ 330	±45
	о. Барханы ***		63/-58	209	1,9	26	СЗ 300	±35

Примечание. D / I - склонение и наклонение вектора остаточной намагниченности в древней системе координат с учетом тектонического вращения; K - кучность, определяющая степень ориентации векторов;  $\alpha_{95}$  - радиус круга доверия при вероятности  $p = 0,95$ .

Палеомагнитные направления по данным: \* - [2]; \*\* - [6]; + - [7]; \*\*\* - [8].

Питермен породы перемещались в северо-западном направлении в среднем по азимуту  $315^\circ$ , вращались по и против часовой стрелки на  $40^\circ$ .

Таким образом, после учета тектонических наклонов и вращений в обнажениях интрузивных и вулканогенных пород северной части Антарктического п-ова, расположенных друг от друга на значительном расстоянии, палеомагнитные направления в древней системе координат хорошо согласуются (рис 1, б). Среднему направлению, переведенному к прямой полярности:  $D = 51^\circ$ ;  $I = -63^\circ$ ;  $n = 16$ ,  $\alpha_{95} = 3,2^\circ$ ,  $K = 137,1$  соответствуют координаты палеомагнитного полюса в средне-позднемеловое время (144 — 85 млн лет):  $\Phi = 55,8^\circ$  ю. ш.,  $L = 201,5^\circ$  в. д.,  $\alpha_{95} = 3,2^\circ$ . Палеоширота —  $45^\circ$  не противоречит палеоклиматическим данным.

На рис. 2 показаны три мезо-кайнозойских полюса Восточной Антарктиды. Два из них вычислены по результатам палеомагнитных исследований пород из Восточной Антарктиды: среднеюрский (175 млн лет) палеополюс из долеритов Феррара [9] ( $L = 223^\circ$  в.д. и  $\Phi = 51^\circ$  ю. ш.,  $\alpha_{95} = 2,7^\circ$ ) и третичный (42 — 22 млн лет) палеополюс из интрузивов Меандер [10] ( $L = 334^\circ$  в.д.,  $\Phi = 69^\circ$  ю. ш.,  $\alpha_{95} = 9,9^\circ$ ), третий — среднемело-

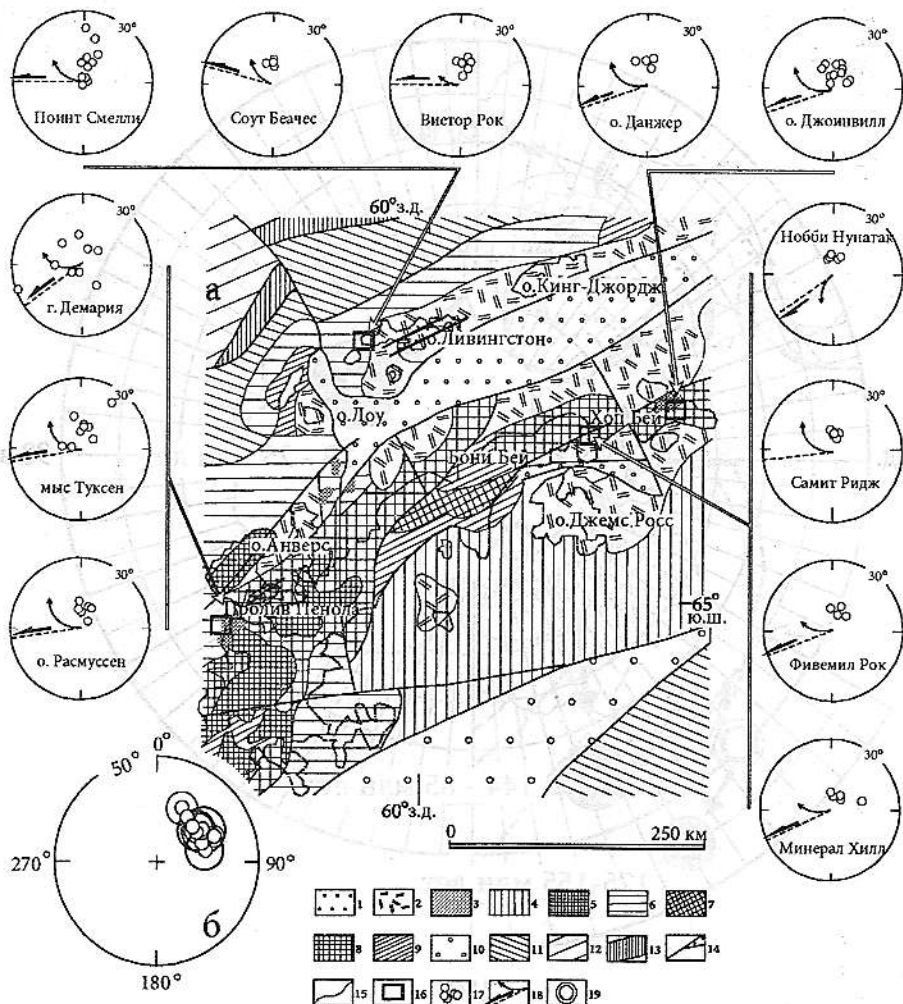


Рис. 1, а — Тектоническая схема Антарктического полуострова и прилегающих акваторий (по [4], рис. 21). Область мезозойских складчатостей и орогенезов (Западноантарктическая складчатая система). Рифтогенный комплекс:

1 — позднекайнозойские водные и ледниковые отложения в рифтовых грабенах; 2 — позднекайнозойские вулканогенные формации (высокоглиноземистые андезито-базальты, натровые базальты, кератофиры); 3 — раннекайнозойские габбро-диориты. Орогенный комплекс: 4 — поздне меловая моласса; 5 — меловые габбро-гранитные интрузии; 6 — юрско-раннемеловые формации нерасчлененные, в западной части региона преимущественно наземная дацит-липаритовая формация; 7 — раннемезозойские гранитоиды. Геосинклинальные формации: 8 — средне(?)-позднепалеозойские нерасчлененные (кремнисто-вулканогенная и сланцево-граувакковая) в зоне ранней консолидации мезозойд. Выступ русского (?) комплекса основания мезозойд: 9 — позднерифейские геосинклинальные формации нерасчлененные (метаморфизованная сланцево-граувакковая, метаморфизованная терригенно-карбонатная, метаморфизованная габбро-гранитная, возможно, заключающие блоки доросского метаморфического фундамента. Область доросских складчатостей (Антарктическая платформа): 10 — предположительно мезозойско-кайнозойские комплексы верхней части платформенного чехла. Прочие обозначения: 11 — материковый склон; 12 — океанические впадины; 13 — глубоководные желоба; 14 — крупные разломы и зоны разломов, в том числе ограничения рифтовых грабенов; 15 — границы структурных комплексов и индивидуальных формаций; 16 — места отбора ориентированных образцов для палеомагнитных исследований. На стереографических проекциях: 17 — палеомагнитные направления в современной системе координат; 18 — предполагаемые направления перемещения и вращения пород в обнажениях северной части Антарктического п-ова, по результатам интерпретации ранее опубликованных палеомагнитных данных. б, 19 — средние палеомагнитные направления с  $\alpha_{95}$  в древней системе координат, переведенные в прямую полярность.

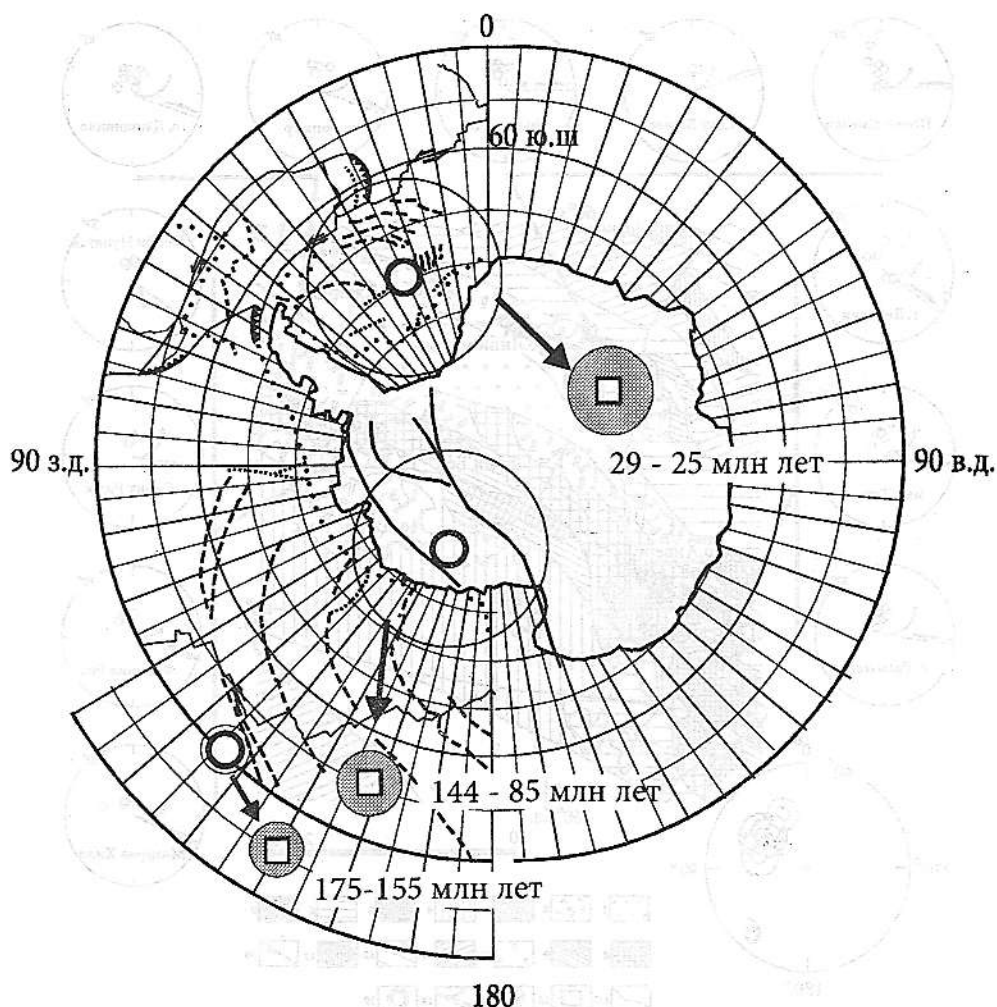


Рис. 2. Положения палеомагнитных полюсов:  $\rho$  — Антарктического п-ова,  $\theta$  — Восточно-Антарктического кратона. Стрелки указывают направление вращения Антарктического п-ова относительно Восточной Антарктиды.

вой (102 млн лет) синтетический палеополюс [1] ( $L = 204.8^\circ$  в.д.,  $\Phi = 77.5^\circ$  ю.ш.,  $a_{95} = 13.2^\circ$ ).

Сравнение нового палеополюса (144 — 85 млн лет), а также ранее полученных [11, 12] палеополюсов северной части Антарктического п-ова с траекторией миграции трех мезо-кайнозойских полюсов Восточной Антарктиды свидетельствует о тектоническом перемещении блока Антарктического п-ова в том же самом направлении с устойчивой тенденцией отклонения против часовой стрелки. Трансформные разломы, приведенные на рис. 2 по данным [13], могли бы разместить установленное перемещение Антарктического п-ова относительно Восточной Антарктиды.

1. Грикуров Г. Геология Антарктического полуострова. М: Наука, 1973. — 119 С.

2. Дилль А. Развитие континентальных окраин в море Скоша. В кн. Геология континентальных окраин. М: Мир, 1978. — Т. 2 — С. — 275 — 290.
3. Орлова М. И. Палеомагнетизм и палеомагнитная тектоническая реконструкция в пределах обнажений верхнемеловых гранодиоритов архипелага Аргентинских островов (Антарктический полуостров) // Геофиз. журн. — 2006. — 28. — № 5. — С. 131 — 153.
4. Орлова М.И. Кинематические схемы интерпретации локальных тектонических вращений // Геофиз. журн. — 2007. — 9, — № 2. — С. 146—157.
5. Орлова М.И. Юрский палеомагнитный полюс Земли Грейама (Антарктический полуостров). // Геофиз. журн. — 2007. — 29. — № 6. — С. 75—96.
6. Орлова М. И. Некоторые аспекты палеомагнетизма и палеогеографии северной части Антарктического полуострова в кайнозой // Геофиз. журн. — 2004. — 26. — № 5. — С. 81—91.
7. Belluso E and Lanza R. Palaeomagnetic results from the middle Tertiary Meander Intrusives of northern Victoria Land, East Antarctica// Antarctic Science — 1996. — 8 (1). — P. 61—72.
8. D.McAdoo and S.Laxon. Antarctic Tectonics: Constraints From an ERS-1 Satellite Marine Gravity Field// Science — 1997. — V. 276. — P. 556—560.
9. Grunow A. M. New Paleomagnetic Data From the Antarctic Peninsula and Their Tectonic Implications // J. Geophys. Res. — 1993. — 98, № B8. — P. 13.815—13.833.
10. J. Ashley. A magnetic Survey of North-east Trinity Peninsula, Graham Land: I Tabarin Peninsula and Duse Bay. // Falkland Islands Dependencies Survey Scientific Reports. — 1962. — No. 35.—35 p.
11. Lanza R, Zanella E. Paleomagnetism of the Ferrar dolerite in the northern Prince Albert Mountains (Victoria Land, Antarctica)// Geophys. J. Int. — 1993. — 114. — P. 501—511.
12. Luyendyk B, Cisowski S, Smith C, Richard S. Paleomagnetic study of the northern Ford Ranges, western Marie Byrd Land, West Antarctica// Tectonics. — 1996. — V. 15. — № 1. —P. 122—141.
13. Watts, D.R., Watts G.C, and Bramall A.M. Cretaceous and Early Tertiary paleomagnetic results from the Antarctic Peninsula// Tectonics. — 1984, — 3. — P. 333—346.

За результатами інтерпретації форми розподілу напрямків залишкової намагніченості визначені і враховані нахили, обертання і напрямки горизонтальних переміщень у відслоненнях мезозойско — ранньокайнозойських інтрузивних і вулканогенних порід Антарктичного півострова. Обчислено нові координати палеомагнітного полюса (144 — 85 млн років)  $\Phi = 55,8^\circ$  пд.ш.,  $L = 201,5^\circ$  сх. д.,  $a_{95} = 3,2^\circ$ .

According to the results of the interpretation of distribution of directions of a remanent magnetisation, different bedding, rotation and horizontal shifting were determined in the sites of the Mesozoic — Early Cainozoic intrusive and volcanic rocks in Antarctic Peninsula. New coordinates of the paleomagnetic pole (144 — 85 Ma)  $\Phi = 55,8^\circ$  S,  $L = 201,5^\circ$  W,  $a_{95} = 3,2^\circ$  were calculated.