

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2023

Материалы LIV Тектонического совещания

Том 1

Москва
ГЕОС
2023

единичны; AR2 – изменения носят умеренный характер; AR3 – интенсивные изменения. Данные параметры не следует напрямую коррелировать с метасоматическими изменениями и метасоматической зональностью. Это предварительная оценка степени и пространственного положения областей, где наблюдается повышенный уровень изменений минералов и минеральных агрегатов, что позволяет локализовать возможное положение проникающих деформаций.

На сводной схеме объединяются литолого-структурные и вспомогательные структурные схемы, опирающиеся на анализ деформаций в петрографических шлифах. Комплексный анализ схем позволяет локализовать на изучаемой площади деформированные породы, выполнить их районирование по интенсивности и условиям деформирования. Выявить области распространения хрупких, хрупко-пластических и пластических деформаций, а также области проницаемости, благоприятные с позиций структурной геологии и тектоники для поиска полезных ископаемых

Исследование выполнено по государственному заданию ИГМ СО РАН.

**В.Ю. Водовозов^{1,2}, Г.Л. Лейченков^{3,4}, М.С. Егоров⁵,
Н.А. Гонжуров⁵, Н.В. Боровков³**

**Ключевой мезопротерозойский палеомагнитный полюс
Восточной Антарктиды и его значение
для палеотектонических реконструкций
Родинии и Гондваны**

Из всех материков наименее изученным является Антарктида, на 99% закрытая ледяным покровом. Это в полной мере касается изучения ее геологической эволюции. Антарктида входила в состав всех древних суперконтинентов, но при этом для докембрийского интервала получено всего два надежных палеомагнитных полюса [5, 8], что оставляет выполненные

¹ Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

³ ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Ломоносов, Санкт-Петербург, Россия

реконструкции с участием Антарктиды в значительной мере спекулятивными. Цель нашего исследования – получение надежного палеомагнитного определения и уточнение на его основе тектонической эволюции Восточной Антарктиды. Полевые исследования и отбор ориентированных образцов из мезопротерозойских габбро-долеритовых даек оазиса Бангера были проведены в 2019 и 2022 гг., в работе мы представляем результаты палеомагнитного анализа 436 образцов из 32 даек.

В геологическом и тектоническом отношении антарктический материк делится на две крупные области – Восточную Антарктиду, преимущественно сложенную докембрийскими комплексами кристаллического щита, частично перекрытыми платформенным чехлом, и Западную Антарктиду, где преобладают фанерозойские орогенные комплексы Тихоокеанского подвижного пояса. В надледных выходах фундамента, сосредоточенных в прибрежной зоне Восточной Антарктиды, распознаются две главные категории докембрийских структур: архейские–палеопротерозойские ядра древней стабилизации земной коры (кратоны) и мезопротерозойско–неопротерозойские подвижные пояса (орогены). Наиболее обширный кратон Восточной Антарктиды, известный как кратон Моусон, предположительно протягивается от Земли Адели на юг вглубь материка до хребта Миллер в Трансантарктических горах и, возможно, далее до хребта Шеклтона, где обнажаются палеопротерозойские метаморфические комплексы. Оазис Бангера – крупный выход пород фундамента Восточной Антарктиды с конца мезопротерозоя составлял единое целое с кратоном Моусон [14]. В геологическом строении Оазиса по данным [13] и геологической съемке ПМГРЭ, принимают участие 8 толщ метаморфических пород от неoarхея до мезопротерозоя и не менее 5 комплексов магматических пород мезопротерозойского возраста.

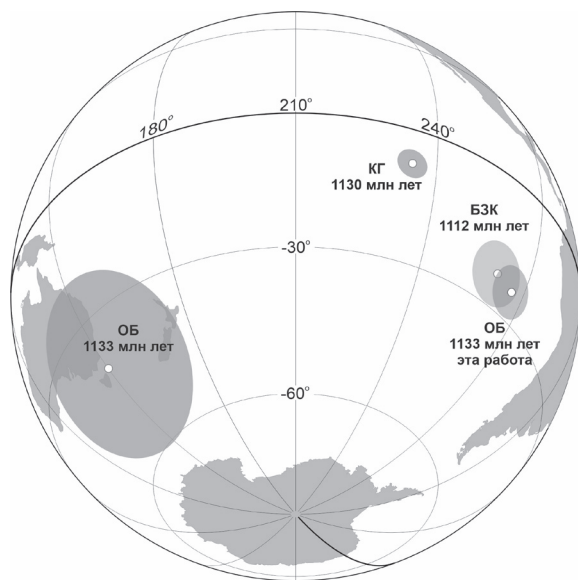
Дайковый комплекс габбро-долеритов надежно датирован U–Pb методом по циркону и бадделейту возрастом 1134 ± 9 млн лет и 1131 ± 16 млн лет, соответственно, и имеет ясную геодинамическую позицию – дайки внедрялись на заключительных стадиях орогении Олбани-Фрейзер, которая привела к объединению антарктической и австралийской частей кратона Моусон [14]. Дайки являются посткинematическими и неметаморфизованными. Тела имеют преимущественно северо-западное простирание и крутое падение. Их мощность колеблется от десятков сантиметров до 125 метров, а количество исчисляется десятками (возможно, сотнями). Породы представлены оливиновыми габбро-долеритами или оливиновыми габбро.

Для получения палеомагнитной записи естественной остаточной намагниченности (ЕОН) 381 образец были полностью размагничены нагреванием в лаборатории палеомагнетизма ГИН РАН, 55 образцов – переменным полем в лаборатории главного геомагнитного поля и петромагнетизма

ИФЗ РАН. На диаграммах Зийдервельда выделяются одна или две компоненты ЕОН. Средние направления высокотемпературных компонент ЕОН даек на стереограмме образуют два антиподальных кластера, но тест обращения для них отрицательный ($\gamma/\gamma_c = 24.7/18.5$), что вероятно связано с наличием в распределении неосредненных за палеовековые магнитные вариации данных [3]. После обращения в одну полярность мы получили по всем 32 дайкам среднее направление высокотемпературных компонент ЕОН: $D = 166.4^\circ$ $I = 1.9^\circ$ $k = 10.0$ $a95 = 8.5^\circ$. На первичность выделенных высокотемпературных компонент указывает положительный тест контакта [1]. Палеомагнитный полюс ($P_{lat} = -24.1^\circ$ $P_{long} = 266.1^\circ$ $A95 = 6.0^\circ$ $N = 32$) рассчитан по всем 32 виртуальным геомагнитным полюсам отдельных даек. Согласно нашим данным в конце мезопротерозоя блок «Оазис Бангера» находился на экваторе.

Полученные нами результаты значительно расходятся с данными [10] по тому же дайковому комплексу оазиса Бангера, это расхождение может быть связано с разным объемом опробования в нашей работе и в работе [10]. Мы имеем возможность сравнить наш полюс с двумя надежными докембрийскими полюсами Восточной Антарктиды (рисунок), полученным по примерно одновозрастным породам других тектонических блоков, слагающих фундамент Восточной Антарктиды. В пределах доверительного интервала наш палеомагнитный полюс совпал с полюсом, полученным по кислым вулканитам Земли Котса с возрастом 1112 ± 4 млн лет [5]. Совпадение одновременных палеомагнитных полюсов двух блоков, которые при-

Рис. 1. Сравнение полученного в работе полюса с известными определениями Восточной Антарктиды. ОБ – оазис Бангера, по [10], КГ – кратон Грюнехогна, по [8], БЗК – блок Земли Котса, по [5]



надлежат в настоящее время одной литосферной плите, означает, что весь данный интервал они не двигались относительно друг друга, возможны только незначительные вращения в пределах доверительных интервалов полюсов. Существует вероятность совпадения полюса вращения двух блоков с палеомагнитным полюсом, оба блока в таком случае могли разойтись и сойтись в той же конфигурации на сколь угодно большой угол, но совпадение палеомагнитного полюса с полюсом вращения является маловероятным событием [2]. Таким образом, начиная с 1112 млн лет назад блок Земли Котса и агломерат Моусон-Бангер, вероятнее всего, составляли единый континентальный массив. Оба определения – наше по оазису Бангера и определение по Земле Котса [5] отличаются от полюса [8], полученного по базитам кратона Грюнехогна с возрастом ~1130 млн лет, но достаточно близки к нему. Мы не выявили жесткую тектоническую связь в позднем мезопротерозое между агломератом Моусон–Земля Котса и кратоном Грюнехогна, но можем оценить возможные взаимные вращения, связанные, вероятно, с раскрытием и закрытием неопротерозойского океанического бассейна между этими тектоническими блоками. Их широтное расхождение было около 1000 км ($9.3^{\circ} \pm 5.2^{\circ}$), вращение составило 33° ($32.9^{\circ} \pm 5^{\circ}$).

Наличие всего трех надежных палеомагнитных полюсов, полученных по разновозрастным породам трех различных докембрийских блоков Восточной Антарктиды, позволяет протестировать имеющиеся палеотектонические реконструкции, выполненные на геологической основе. Согласно [9] на рубеже мезопротерозоя и неопротерозоя антарктические блоки совместно с другими континентальными блоками сформировали суперконтинент Родиния. В неопротерозое суперконтинент Родиния подвергся рифтогенезу и распался на несколько крупных палеоконтинентов. Предполагается, что в это время между Моусоном и кратоном Грюнехогна был заложен океанический бассейн, размер которого к концу неопротерозоя мог достигать ширины 3000 км [12]. В позднем неопротерозое – кембрии произошло закрытие этого палеоокеана, а также других океанических бассейнов, что привело к формированию Гондваны в результате двух главных коллизионно-аккреционных событий [4, 6]: Восточноафриканской (650–550 млн лет) и Куунгской (580–520 млн лет) орогений. Восточноафриканская орогения отражает коллизию палеоконтинентов Индии, Африки и Восточной Антарктиды, образовавших единый Восточноафрикано-Антарктический ороген в процессе закрытия Мозамбикского палеоокеана [7]. Среди геологических формаций океанической природы, относимых к этому орогену, можно отметить офиолиты хребта Шеклтон [15], обрамляющие блок берега Котса с юга. Вместе с тем, принадлежность офиолитов хребта Шеклтон к Мозамбикскому океану, принимаемая многими исследователями как данность, не является доказанной.

Рассматривается альтернативная гипотеза формирования Гондваны в результате коллизии на куунгском этапе палеоконтинентов Конго–Индия–Эндерби и Калахари–Антарктида–Австралия [4, 11]. В этом случае офиолиты хребта Шеклтона могут представлять собой дериваты океанического бассейна, закрывшегося в процессе неопротерозойско-кембрийского росско-деламерийского орогенеза на противоположной окраине со стороны Протопацифики. Полученные нами данные в большей степени соответствуют этой модели становления Гондваны.

Литература

1. *Водовозов В.Ю., Лейченко Г.Л., Егоров М.С. и др.* Палеомагнетизм мезопротерозойских габбро-долеритов оазиса Бангера (Восточная Антарктида): ключевое палеомагнитное определение и тектонические следствия // *Геотектоника*. 2021. № 2. С. 24–40.
2. *Кокс А., Харп Р.* Тектоника плит. М.: Мир, 1989. 427 с.
3. *Щербакова В.В., Водовозов В.Ю., Жидков Г.В. и др.* Ультранизкая напряженность геомагнитного поля в мезопротерозое по породам дайкового комплекса оазиса Бангера (1133 млн лет, Восточная Антарктида) // *Физика Земли*. 2022. № 6. С. 90–112.
4. *Boger S.D.* Antarctica – before and after Gondwana // *Gondwana Research*. 2011. V. 19. N 2. P. 335–371.
5. *Gose W.A., Helper M.A., Connelly J.N. et al.* Paleomagnetic data and U-Pb isotopic age determinations from Coats Land, Antarctica: Implications for late Proterozoic plate reconstructions // *J. Geophys. Res., Ser. B: Solid Earth*. 1997. V. 102. P. 7887–7902.
6. *Jacobs J.* Neoproterozoic/Lower Paleozoic events in Dronning Maud Land // *Gondwana Research*. 1999. V. 2. P. 473–480.
7. *Jacobs J., Thomas R.J.* Himalayan-type indenter-escape tectonics model for the southern part of the Neoproterozoic – early Paleozoic East African–Antarctic orogen // *Geology*. 2004. Vol. 32. P. 721–724.
8. *Jones D.L., Bates M.P., Li Z.X. et al.* Palaeomagnetic results from the ca. 1130 Ma Borgmassivet intrusions in the Ahlmannryggen region of Dronning Maud Land, Antarctica, and tectonic implications // *Tectonophysics*. 2003. V. 375. P. 247–260.
9. *Li Z.X., Bogdanova S.V., Collins A.S. et al.* Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis // *Precambrian Research*. 2008. V. 160. N 1. P. 179–210.
10. *Liu Y., Li Z.-X., Pisarevsky S.A. et al.* First Precambrian palaeomagnetic data from the Mawson Craton (East Antarctica) and tectonic implications // *Sci. Reports*. 2018. V. 8. N 16403.
11. *Meert J.G.* A synopsis of events related to the assembly of eastern Gondwana // *Tectonophysics*. 2003. V. 362. P. 1–40.

12. *Merdith A.S., Collins A.S., Williams S.E. et al.* A Full-Plate Global Reconstruction of the Neoproterozoic // *Gondwana Research*. 2017. V. 50. P. 84–134.

13. *Sheraton J.W., Tingey R.J., Oliver R.L., Black L.P.* Geology of the Bunger Hills-Denman Glacier region, East Antarctica / *Australian Geol. Surv. Organisation*. BMR Bull. 244. 1995.

14. *Stark J.C., Wang X.-C., Li Z.-X. et al.* In situ U/Pb geochronology and geochemistry of a 1.13 Ga mafic dyke suite at Bunger Hills, East Antarctica: The end of the Albany-Fraser Orogeny // *Precambrian Research*. 2018. V. 310. P. 76–92.

15. *Talarico F., Kleinschmidt G., Henjes-Kunst F.* An ophiolitic complex in the northern Shackleton Range, Antarctica // *Terra Antarctica*. 1999. V. 6. P. 293–315.

**И.П. Войнова^{1,2}, А.Н. Диденко^{1,2}, А.Ю. Песков¹,
С.В. Зябрев¹, А.В. Кудымов¹, М.В. Архипов¹**

Вулканыты Ниланского террейна (петрогеохимия, палеомагнетизм, тектонические выводы)

Ниланский террейн, как и соседний с ним с севера Ульбанский, располагаются на стыке Монголо-Охотского и Сихотэ-Алинского орогенных поясов, и существует неопределенность в понимании их принадлежности к тому или иному поясу (рис. 1). Для Ульбанского террейна нами получены первые палеомагнитные данные, на основе которых был сделан вывод о формировании его пород в приэкваториальной зоне и принадлежности к Сихотэ-Алинскому орогенному поясу [2]. Ниланский террейн рассматривается как фрагмент палеозойской аккреционной призмы на юге восточной части Монголо-Охотского орогенного пояса [1, 3]. Но при проведении геологического доизучения в масштабе 1:200 000 на территории Ниланского террейна в кремнистых и терригенных отложениях были найдены юрские радиолярии и было установлено, что фауна палеозойского возраста во многих случаях находится в известняках, слагающих глыбы в более молодых терригенных отложениях.

Нами были проведены полевые исследования ниланского аккреционного комплекса и получены новые данные по его строению и по петрогеохимии и палеомагнетизму вулканитов, залегающих среди триасовых и юрских отложений. В среднетриасовых ($T_2?$) толщах metabазальты в

¹ Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия