

ЛИТЕРАТУРА

1. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог землетрясений Таджикистана, 2002. Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – На CD.
2. Bulletin of the International Seismological Centre for 2002. – Berkshire: ISC, 2003–2004.
3. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Чепкунас Л.С. Гиндукушское землетрясение 3 марта 2002 г. с $M_w=7.3$, $I_0=8$ (южное Таджикистана) // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – 332–337.
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
5. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 153–167.
6. Закиров М.С. (отв. сост.). Список ощутимых землетрясений на территории Республики Узбекистан. Обнинск: Фонды ГС РАН, 28.08.2007. – 2 с.
7. Старовойт О.Е., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Чепкунас Л.С. Северная Евразия // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – 19–44.
8. Карта разломов территории СССР и сопредельных стран / Под ред. А.В. Сидоренко. – М.: ВСЕГЕИ, 1978.
9. Астафьева Е.Г., Горбунова И.В. и др. Землетрясения Средней Азии // Землетрясения в СССР в 1965 году. – М.: Наука, 1967. – С. 44–70.
10. Леонов Н.Н., Иодко В.К. и др. Землетрясение в Северном Афганистане 14 марта 1965 г. // Землетрясения в СССР в 1965 году. – М.: Наука, 1967. – С. 77–86.
11. Уломов В.И., Фадинова Р.П. и др. Землетрясения Средней Азии // Землетрясения в СССР в 1974 году. – М.: Наука, 1977. – С. 49–98.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНТРАЛЬНОГО СЕКТОРА АНТАРКТИЧЕСКОГО ЩИТА В СТРОЕНИИ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Михальский Е.В.¹, Куринин Р.Г.¹, Лайба А.А.²

¹ ВНИИОкеангеология, г. Санкт-Петербург, emikhalsky@mail.ru

² Полярная морская геологоразведочная экспедиция, г. Ломоносов, laibageo@peterlink.ru

Экспонированная прибрежная часть Восточной Антарктиды рассматривается как кристаллический щит, испытавший длительную историю формирования от 3800–3900 до 500 млн лет [1, 2, 5]. Однако, даже в пределах горных систем выходы геологических тел на земную поверхность имеют фрагментарный, изолированный характер, что весьма затрудняет геологическую корреляцию и районирование. В этих условиях геофизические методы, прежде всего, – магнитометрические исследования могут быть использованы для решения этих проблем. Наиболее детально (в масштабе 1:500000) изучено аномальное магнитное поле (АМП) ([8] и ссылки в этой работе) в пределах центрального сектора Антарктического щита, где в течение многих лет выполняются аэрогеофизические работы Полярной морской геологоразведочной экспедицией. Этот сектор (60°–80° в.д.) содержит крупную мезозойско–кайнозойскую рифтовую систему, которая морфологически маркируется грабеном ледника Ламберта. Регион характеризуется развитием всех известных в Восточной Антарктиде типов тектонических провинций – архейских кратонов, областей палеопротерозойской, мезопротерозойской и раннепалеозойской тектономагматической деятельности, а также пермо-триасовых угленосных отложений. Выходы горных пород сконцентрированы в горах Принс-Чарльз, в горах Гров, на побережье шельфового ледника Эймери и залива Прюдс, на берегу Моусона.

В горах Принс-Чарльз выделяются две крупные тектонические провинции [12]: область мезо–неопротерозойского тектогенеза (1300–950 млн лет) в центральной и северной частях (к северу от параллели 72°30' ю.ш.), включающая две структурно-формационные зоны (Биверская и Фишерская), и раннекембрийская провинция архейско–палеопротерозойского развития (3400–2100 млн лет) в южной части (к югу от параллели 72°30' ю.ш.), включающая Рукерскую архейскую гранит-зеленокаменную область [2, 10], имеющую двухъярусное строение (мезо-неоархейский фундамент и протерозойские супракrustальные образования, содержащие железистые кварциты) и палеопротерозойскую Ламбертскую сланцево-гнейсовую область [11]. Ламбертская область испытала значительную тектонотермальную активизацию в раннепротерозойское (930–905 млн лет) и кембрийское (530–510 млн лет) время. Эти территории характеризуются в целом различающимися на статистическом уровне значениями модельных Sm–Nd возрастов T_{DM} [6, 12]. Для Рукерской области характерны породы с $T_{DM} = 3,2$ –3,8 млрд лет; в Ламбертской области преобладают возрасты 2,3–3,3 (единичные – 4,0) млрд лет; в Фишерской зоне – 1,3–2,0 и в Биверской зоне – 1,6–2,3 млрд лет [6]. На участках, расположенных в восточном борту шельфового ледника Эймери, встречаются горные породы, имеющие как протерозойские, так и архейские значения T_{DM} . В оазисе Вестфолль на побережье залива Прюдс развиты неоархейские (2500 млн лет) ортогнейсы и метаосадки гранулитовой фации, имеющие сравнительно малые значения T_{DM} до 3,0 млрд лет.

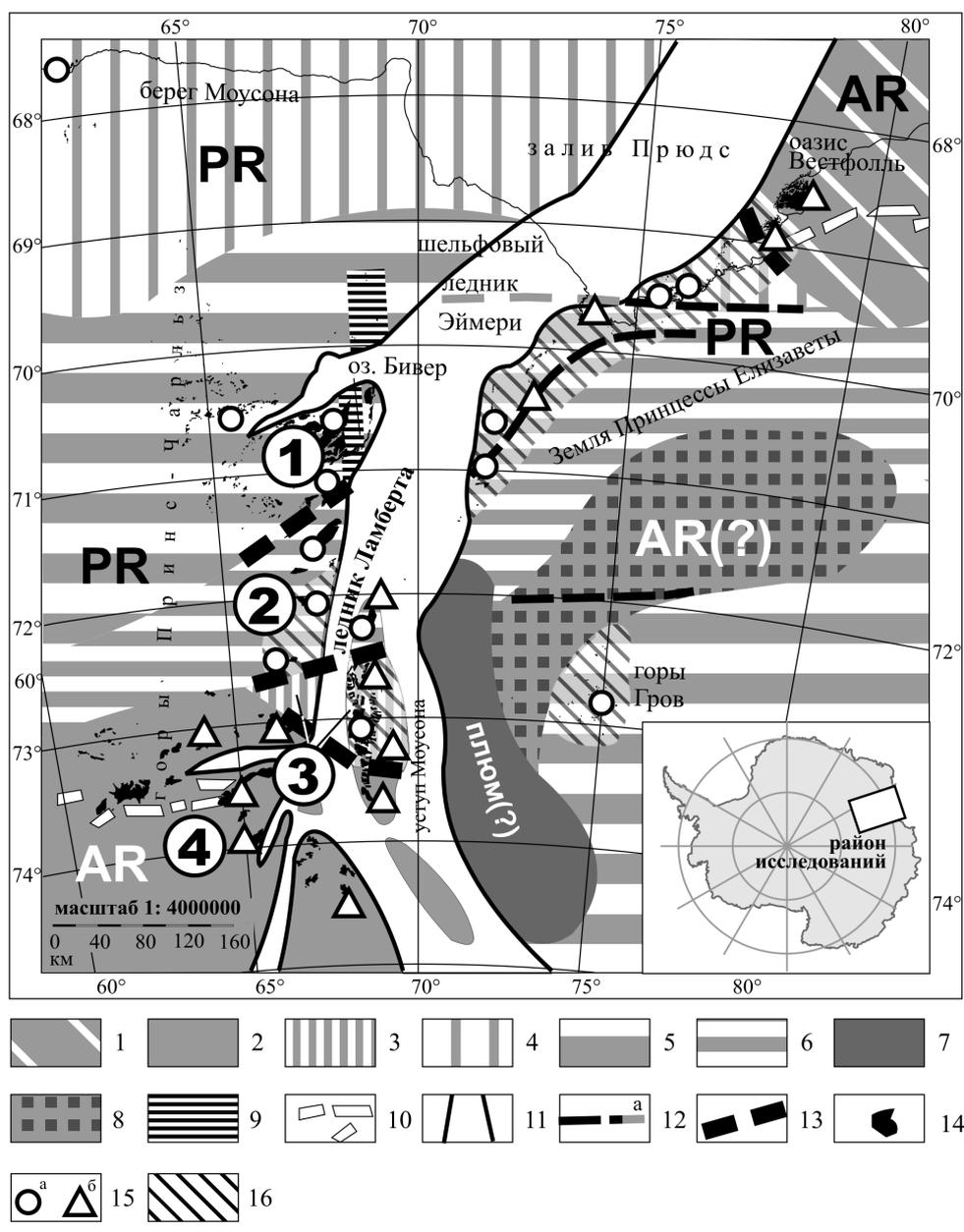
Вещественный состав ортогнейсовых толщ Рукерской области показывает, что большая часть этой территории сложена мезоархейскими гранитоидами, имеющими внутрикоровое происхождение и только на юго-востоке территории развиты толщи низко-У плагиогнейсов, которые имеют черты сходства с ассоциацией TTG [12]. Ламбертская область сложена известково-щелочными ортогнейсами и супракрустальными метаосадочными толщами, включающими тектонически разобщенные мантийные дериваты (мафические и ультрамафические породы) [5, 11].

Область мезо–неопротерозойского тектогенеза в горах Принс-Чарльз сложена разнообразными породами с преобладанием глубоко метаморфизованных внутриплитных ортогнейсов, метаосадков и плутонических чарнокитов (Биверская зона) и менее метаморфизованных толеитовых и известково-щелочных вулканогенных толщ и комплекса габбро–диорит–плагиогранитовой формации (Фишерская зона) [3]. На берегу Моусона в редких выходах развиты преимущественно магматические чарнокиты и метаосадочные толщи. Раннепалеозойские геологические процессы проявлены крайне неравномерно [4]. В восточной части региона (побережье шельфового ледника Эймери, залива Прюдс, горы Гров, частично уступ Моусон) с рубежом 530–500 млн лет назад связаны мощные процессы метаморфизма (до гранулитовой фации в северной части территории), анатексиса, гранитообразования и пластических деформаций. В западной части региона кембрийские процессы ограничены внедрением редких маломощных жил гранитоидов и милонитами; деформации не имели проникающий характер. Развитые на некоторых участках мафические и ультрамафические тела не имеют значительной мощности и только локально магнитны, поэтому их влияние на строение АМП не представляется значительным.

Изучение особенностей строения АМП [9] показывает, что выделенные геологические области характеризуются определёнными типами магнитного поля (рис. 1). Территории распространения архейских геологических комплексов характеризуются двумя типами магнитного поля. В районе оазиса Вестфолль на фоне крупной региональной положительной аномалии северо-западного простирания размером 250x150 км и интенсивностью до 300-400 нТл выделяется линейный максимум протяженностью до 150 км, шириной 10 км и интенсивностью свыше 1000 нТл, который может быть связан с железистыми кварцитами. Другой тип выделяется в пределах Рукерской области в горах Принс-Чарльз, где распространены разнообразно ориентированные как положительные, так и отрицательные аномалии слабой интенсивности (до 100 нТл). На этом фоне выделяется интенсивная (свыше 1000 нТл) положительная аномалия протяженностью 150 км и шириной 10 км, обусловленная частично вскрытыми железистыми кварцитами [7]. Поле аналогичного типа установлено над подледным пространством к северу от района гор Гров, где можно также предполагать развитие раннекембрийских образований. Палеопротерозойская Ламбертская область, выделенная в северной части уступа Моусон, также имеет своеобразный магнитный облик. АМП здесь отличается более однородным строением и устойчивыми отрицательными значениями до -100 нТл. В западном направлении эта область быстро выклинивается на стыке Рукерской области и Фишерской зоны. С востока она ограничена полностью закрытой ледяным покровом областью разнонаправленных (от северо-западного до широтного) положительных аномалий различного типа (интенсивностью до 500 нТл). Эти аномалии могут быть обусловлены внедрением в основание коры глубинных масс (плюм), возможно, юрско-мелового возраста, что послужило началом активных рифтогенных процессов в районе ледника Ламберта.

В пределах мезопротерозойского подвижного пояса выделяются три типа АМП. Один тип характерен для района берега Моусона, где распространены глубокие отрицательные аномалии (до 200-4300 нТл) с отдельными проявлениями магнитных максимумов до 100 нТл. Другой тип отмечается в северной части гор Принс-Чарльз (Биверская зона), где на фоне отрицательного, иногда интенсивного (до 300 нТл) поля выделяются положительные аномалии (до 500 нТл) северо-восточного и субширотного простирания протяженностью до 100 км и шириной 20-30 км. Однако в восточном борту шельфового ледника Эймери этот комплекс характеризуется изометрическими и менее интенсивными положительными аномалиями (до 350 нТл). Южнее Биверской зоны (между нею и Рукерской областью) расположена Фишерская зона, для которой также присущи положительные аномалии северо-восточного простирания, но меньшей интенсивности (250 нТл). По облику магнитного поля продолжение Фишерской зоны прослеживается в восточном направлении в восточном борту шельфового ледника Эймери. Магнитное поле гор Гров по своему облику сопоставимо с восточным флангом Биверской зоны. По магнитным данным можно также выделить в восточном борту рифта Ламберта две широтных зоны разломов – вдоль 69°30' ю.ш. и 72° ю.ш.

Верхнепалеозойские (пермские) толщи, выполняющие грабен в районе озера Бивер отличаются отрицательными аномалиями интенсивностью 100 нТл. Продолжение вмещающего эти толщи грабена к северу можно предполагать в районе 69° в.д. и 70° ю.ш., где выделяется сходная по морфологии поля субмеридиональная отрицательная аномалия такой же интенсивности.



Районирование аномального магнитного поля и некоторые черты геологического строения центрального сектора Антарктического щита

1-10 – области аномального магнитного поля: 1 – оазис Вестфолль, 2 – южная часть гор Принс-Чарльз (Рузерская область), 3 – уступ Моусона (Ламбертская область), 4 – берег Моусона, 5 – северная часть гор Принс-Чарльз (Биверская зона), 6 – центральная часть гор Принс-Чарльз (Фишерская зона), 7 – подледная область в восточном борту грабена ледника Ламберта, 8 – подледная область на Земле Принцессы Елизаветы к северу от гор Гров, 9 – озеро Бивер (грабен, выполненный Р-Т угленосными отложениями), 10 – интенсивные положительные аномалии. 11 – контуры рифтовой системы грабена ледника Ламберта. 12 – тренд предполагаемого линеамента (нарушение) (а – под днищем грабена). 13 – граница тектонических провинций, по геологическим данным. 14 – выходы горных пород. 15 – модельная Sm-Nd датировка T_{DM} : а – палео- мезопротерозойская, б – архейская. 16 – район, испытавший кембрийскую тектонотермальную активизацию. Цифра в кружке: 1 – Биверская зона, 2 – Фишерская зона, 3 – Ламбертская область, 4 – Рузерская область. Индексы AR и PR относятся к территориям архейской (AR) или мезопротерозойской (PR) стабилизации.

Сопоставление геологического строения региона и особенностей АМП позволяет сделать следующие выводы.

1. Выделенные магнитные провинции хорошо согласуются с закартированными геологическими областями раннедокембрийского или мезопротерозойского развития. В строении этих областей участвуют различные по вещественному составу геологические комплексы, а горные породы в целом отличаются величиной Sm-Nd возрастов T_{DM} .

2. Вероятно, наблюдаемая структура региона главным образом обусловлена мезопротерозойскими тектоническими процессами. Вместе с тем, тектонотермальная переработка раннедокембрийских комплексов на рубеже 1000–900 млн лет назад не проявлена особенностями строения АМП.

3. Рифтовая система ледника Ламберта в первом приближении наследует направление области кембрийской тектономагматической активизации; вместе с тем, возможно, что эта структура заложена на границе глубоко переработанного раннедокембрийского блока и опоясывающей его мезопротерозойской провинции (на Земле Принцессы Елизаветы, рис. 1); об этом свидетельствуют находки пород с архейскими значениями модельных возрастов. Эта граница, впрочем, могла иметь тектонический характер и представлять собой неопротерозойский прогиб (авлакоген?), закрытый и инвертированный в раннепалеозойское время.

4. Особенности аномального магнитного поля, отражающего строение земной коры в некотором ее объеме, может служить хорошим критерием для распознавания тектонических провинций, установленных на поверхности, и их прослеживания на подледных территориях.

Работа поддержана грантом РФФИ №07-05-01001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грикуров Г.Э., Михальский Е.В. Некоторые черты тектонического строения и эволюции Восточной Антарктиды в свете представлений о суперконтинентах // Российский журнал наук о земле. 2002. Т.4. № 4. С. 247–257.
2. Иванов В.Л., Каменев Е.Н. (ред.). Геология и минеральные ресурсы Антарктиды. М.: Недра, 1990. 242 с.
3. Михальский Е.В. Мезопротерозойские геологические комплексы Восточной Антарктиды: вещественный состав и геодинамические условия формирования // Бюллетень МОИП, отдел геол. 2007. Т. 82. № 5. С. 3-18.
4. Михальский Е.В. Неопротерозойские и раннепалеозойские геологические комплексы Восточной Антарктиды: вещественный состав и происхождение // Вестник МГУ. Сер.4. Геология. 2007. № 5. С. 3-15.
5. Михальский Е.В. Основные этапы и геодинамические режимы формирования земной коры Восточной Антарктиды в протерозое–раннем палеозое // Геотектоника. 2008, в печати.
6. Михальский Е.В. Районирование земной коры Антарктиды по Sm–Nd изотопным данным // Доклады РАН. 2008. Т. 419. № 4. С. 519–523.
7. Равич М.Г., Соловьев Д.С., Федоров Л.В. Геологическое строение Земли Мак-Робертсона (Восточная Антарктида). Л.: Гидрометеиздат, 1978. 230 с.
8. Golynsky A.V., Masolov V.A., Volnukhin V.S., Golynsky D.A. Crustal provinces of the Prince Charles Mountains region and surrounding areas in the light of aeromagnetic data / In: Futterer D.K., Damaske D., Kleinschmidt G. et al. (eds.), Antarctica: contributions to global earth sciences. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2006. P. 83-94.
9. Golynsky A.V., Morris P., von Frese R. et al. ADMAP – Magnetic anomaly map of the Antarctic, 1:10000000 scale map. BAS Miscellaneous Series, Sheet 10. 2001. Cambridge, British Antarctic Survey.
10. Kamenev E.N. Structure and evolution of the Antarctic shield in Precambrian / In: Findley R.H., Unrug R., Banks M.R. & Veevers J.J., eds. Gondwana eight: assembly, evolution and dispersal. Rotterdam, 1993. P. 141-151.
11. Mikhalsky E.V., Beliatsky B.V., Sheraton J.W., Roland N.W. Two distinct Precambrian terranes in the southern Prince Charles Mountains, East Antarctica: SHRIMP dating and geochemical constraints // Gondwana Research. 2006. V. 9. P. 291–309.
12. Mikhalsky E.V., Sheraton J.W., Laiba A.A., Tingey R.J., Thost D.E., Kamenev E.N., Fedorov L.V. Geology of the Prince Charles Mountains, Antarctica // AGSO – Geoscience Australia Bulletin. 2001. V. 247. 209 p.

МОНИТОРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ

Мищенко О.Н.

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана»,
г.Санкт-Петербург, labMGM@yandex.ru

Сейсмический мониторинг – это целенаправленная программа наблюдений за изменением напряженного состояния земной коры во времени. Мониторинговая система включает в себя технические устройства регистрации геофизических и других полей, сети наблюдений, систему обработки информации, базу данных, базу знаний и систему принятия решений, включающую экспертную самообучающуюся программу.

Контроль за сейсмической активностью земной коры в районах существующих и вновь строящихся стратегически важных и экологически опасных объектов относится к малоисследованной до недавнего времени области сейсмологии, так как слабые землетрясения обычно не представляют опасности для зданий и сооружений. Однако, крайне слабые подвижки в земной коре могут привести к катастрофам в районе действующих и строящихся атомных электростанций и других стратегически важных объектов. К сожалению, необходимые для функционирования АЭС реки, заливы и другие водные бассейны, как правило, приурочены к зонам неотектонических разломов.