

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ОКРАИНЫ ЗЕМЛИ АДЕЛИ – ЗЕМЛИ ГЕОРГА V И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АБИССАЛЬНОЙ КОТЛОВИНЫ (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИКА)

геолог Л.В.ВАРОВА¹, канд. геол.-минерал. наук Г.Д.ЛЕЙЧЕНКОВ²,
ведуший геолог Ю.Б.ГУСЕВА¹

¹ – ФГУНПП «Полярная морская геолого-разведочная экспедиция», г. Ломоносов, lyuska@mail.ru, gangus_@mail.ru

² – ВНИИОкеангеология им. И.С.Граммберга, Санкт-Петербург, german_1@mail.ru

Рассматривается тектоническое строение континентальной окраины Земли Адели и Земли Георга V и прилегающей абиссальной котловины по результатам исследований 55-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в 2009–2010 гг. Используются данные российских и зарубежных исследований. Дается краткий обзор предшествующих исследований и их результатов. Выделены основные тектонические элементы континентальной окраины в секторе 140°–152° в.д., исследована их природа и взаимосвязь. Рассматриваются деформации рифтовых комплексов осадочного чехла и их связь с основными тектоническими событиями. Установлено и обосновано положение границы континент–океан.

Ключевые слова: Антарктида, Индийский океан, континентальная окраина, тектоника, граница континент–океан.

ВВЕДЕНИЕ

Континентальная окраина Земли Адели – Земли Георга V и примыкающая к ним Австрало-Антарктическая котловина являются крайней юго-восточной и наименее изученной частью Индийского океана, которая формировалась в результате рифтогенеза и разделения Австралии и Антарктиды в позднем мезозое–раннем кайнозое [Tikku, Cande, 1999; Stagg et al., 2004; Лейченко и др., 2010]. Существенное влияние на строение рассматриваемого региона оказал сдвиговый режим на границе Индийского и Тихого океанов, создавший сложную (кулисообразную) структуру и обусловивший смещение срединно-океанического хребта в секторе 140–152° в.д. более чем на 1600 км (рис. 1).

Прослеживание и идентификация спрединговых магнитных аномалий в океанической коре Австрало-Антарктической котловины, которая примыкает к континентальным окраинам юго-восточной Австралии и Берега Георга V, затруднены обилием палеотрансформных разломов (рис. 1).

Осадочный чехол континентальной окраины Земли Адели – Земли Георга V начал формироваться в позднеюрское время (около 160 млн лет назад) в результате рифтогенеза между Австралией и Антарктидой [Cande, Mutter, 1982; Veevers, 1986; Eittreim et al., 1995]. Для понимания ранней (рифтовой) истории развития континентальной окраины Земли Адели и Земли Георга V существенное значение имеют геологические и геофизические данные, полученные в разные годы на сопряженной континентальной окраине Южной Австралии (бассейн Отвей), где за период с 1967 по 1995 г. было пробурено 13 скважин с глубинами 1288–4468 м. По данным бурения в бассейне Отвей завершение рифтовой стадии (а следовательно, начало спрединга морского дна) датируется поздним маастрихтом (около 65 млн лет), хотя возраст первичной океанической коры не идентифицирован. Раскрытие

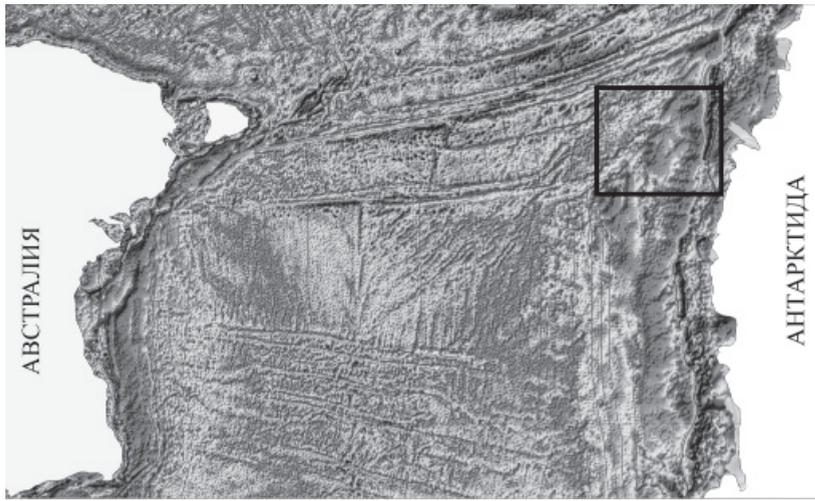


Рис. 1. Карта рельефа дна юго-восточной части Индийского океана, составленная по данным спутниковой альтиметрической съемки (по Sandwell and Smith, 2005). Рамкой обозначен район работ 55-й РАЭ



Рис. 2. Схема геофизической изученности и расположения морских геофизических профилей и сейсмозондирований МПВ 55-й РАЭ:

1 – сейсмические профили, выполненные Институтом нефти Франции (1982–1983 гг.); 2 – сейсмические профили, выполненные геологической службой США (1984 г.); 3 – сейсмические профили Японской нефтяной корпорации (1993 г.); 4 – сейсмические профили, выполненные Геологической службой Австралии (2000–2001 гг.); 5 – сейсмозондирования и их номера, выполненные Геологической службой Австралии; 6 – Итало-австралийский проект WEGA (2000–2001 гг.); 7 – сейсмические профили ФГУНПП «ПМГРЭ» в составе 53-й РАЭ (2007–2008 гг.) и их номера; 8 – сейсмические профили ФГУНПП «ПМГРЭ» в составе 55-й РАЭ (2009–2010 гг.) и их номера; 9 – сейсмозондирования и их номера ФГУНПП «ПМГРЭ» в составе 55-й РАЭ; 10 – изобатты.

Индийского океана и последующее медленное остывание литосферы привели к прогибанию земной коры континентальной окраины и океанической котловины, инициировавшему дальнейшее осадконакопление.

В сезоне 2009/10 г. в районе континентальной окраины Земли Адели и Земли Георга V (140°–152° в.д.) ФГУНПП «Полярная морская геологоразведочная экспедиция» выполнило геофизические исследования на НИС «Академик Александр Карпинский», которые включали в себя сейсмическое профилирование методом общей глубинной точки (МОГТ) объемом 4100 км в комплексе с гидромагнитными и гравитационными наблюдениями, а также 9 сейсмических зондирований методом преломленных волн (МПВ; рис. 2). При производстве работ МОГТ использовался сейсмический комплекс MSX-6000 фирмы «INPUT/OUTPUT Inc.», включающий цифровую 352-канальную приемную расстановку длиной 4500 м и две линии групповых пневмоисточников общим объемом 47 л. Сейсмические зондирования выполнялись с помощью радиобуев. Длина прослеживания преломленных волн составляла около 30 км, обеспечивая изучение земной коры на всю мощность.

В статье рассматривается тектоническое строение окраины Земли Адели и Земли Георга V и прилегающей абиссальной котловины, выявленное по данным работ 55-й РАЭ с использованием материалов зарубежных экспедиций. Для более полной картины тектонического строения антарктической континентальной окраины в районе исследований частично использованы результаты работ 53-й РАЭ, проходившей в сезон 2007/08 г. в сопряженном районе – 128°–144° в.д.

ОБЗОР ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Первые сведения о геологическом строении континентальной окраины Земли Адели и Земли Георга V были получены в первой половине 80-х годов прошлого века экспедициями Франции, США и Японии (рис. 2) [Wannesson et al., 1985; Eittrheim, Smith, 1987; Ishihara et al., 1996], выполнившими в рассматриваемом районе сейсмические, магнитометрические и гравиметрические исследования. По результатам этих исследований было установлено существование обширного рифтового бассейна с мощным (свыше 8 км) осадочным чехлом. В составе бассейна выделено несколько комплексов, нижний из которых нарушен многочисленными сбросами, образующими структуры растяжения [Eittrheim, Smith, 1987]. Поверхность континентального кристаллического фундамента по сейсмическим данным практически нигде не была надежно установлена, однако на некоторых сейсмических разрезах была выделена граница Мохоровичича. Эйттрейм и Смит [Eittrheim, Smith, 1987] отметили аномальное сокращение мощности консолидированной части коры (до 1–2 км) на внешней окраине рифтового бассейна.

В 1990-х гг. район дважды посещался экспедициями Японии, в ходе которых, помимо геофизических наблюдений, было произведено драгирование в районе подводных гор в глубоководной части континентальной окраины Земли Адели [Tanahashi et al., 1997]. В начале 2001 г. в пределах прилегающей к континентальной окраине океанической котловины Геологической службой Австралии выполнено несколько региональных геофизических профилей, а в 2000–2001 гг. были проведены совместные итало-австралийские сейсмические исследования по детальной сети на небольшой площади с целью изучения истории ледниково-морского осадконакопления [Brancolini, Harris, 2000; De Santis et al., 2003].

К настоящему времени непосредственно на площади исследований 55-й РАЭ выполнено около 10500 км комплексных геофизических наблюдений. Значительный объем геофизических работ сосредоточен на расположенной к западу от рассматриваемого района континентальной окраине Земли Уилкса. Помимо зарубежных экспедиций, здесь на протяжении трех сезонов (2006, 2007, 2009 гг.) проводила

работы Полярная морская геологоразведочная экспедиция, а площадь работ последнего сезона непосредственно граничит с районом исследований 55-й РАЭ.

По своему строению континентальная окраина Антарктиды, граничившая до распада Гондваны с континентальной окраиной Австралии, является типичным примером пассивной невулканической окраины. Невулканические континентальные окраины, развивающиеся в результате экстремального растяжения земной коры с подъемом вещества верхней мантии на дневную поверхность, достаточно хорошо изучены в северной части Атлантического океана (материковые окраины Юго-Западной Европы, Ньюфаундленда, Лабрадора и Юго-Западной Гренландии), где проведены детальные геофизические съемки и научное бурение. По данным выполненных исследований, значительная часть коры этих окраин сложена в разной степени серпентинизированными породами ультраосновного состава, наиболее явно представленными в перидотитовых хребтах [Dean et al., 2000; Voillot, Froitzheim, 2001]. По данным бурения установлено, что в описываемой коре могут присутствовать интрузивные породы (габбро) и вулканыты (базальты), образованные в результате декомпрессии и частичного плавления мантии при растяжении или разрыве коры [Voillot, Froitzheim, 2001].

Длительное растяжение коры и литосферы на подобных окраинах заканчивается их разрывом и началом спрединга (обычно в ультрамедленном режиме) с образованием стандартной магматической коры океана. По строению и составу кора, замещенная мантийными породами, строго говоря, не является ни континентальной (растянутой), ни океанической (хотя литосфера в целом, безусловно, имеет континентальную природу), и поэтому ее часто называют корой переходного типа (continent-ocean transition).

Исследования последнего десятилетия показали, что на континентальной окраине Земли Уилкса и Земли Адели развит обширный рифтогенный бассейн (окраинный рифтовый грабен) шириной 300–450 км с деформированным комплексом рифтовых отложений, подстилаемый сильно утоненной (до 4,0–5,0 км) и переработанной консолидированной корой континентального генезиса [Stagg et al., 2004, Gandyukhin et al., 2008; Лейченко и др., 2010]. Внешняя периферия грабена представлена в значительной степени ультраосновной (частично серпентинизированной) корой, образованной за счет подъема континентальной (подстилающей континентальную литосферу) мантии в основание осадочного чехла (мантийные окна), в которой могут присутствовать также блоки континентального фундамента и интрузии мафического состава. На отдельных участках поднятые блоки пород верхней мантии образуют параллельные континентальной окраине перидотитовые хребты. Деформации в рифтовых осадках, которые характеризуются пологими складками и разломами, связывались с подъемом мантии в основание осадочного чехла, создававшим горизонтальные напряжения сжатия [Лейченко и др., 2010].

Между 136 и 142° в.д. выделен поднятый, сложно построенный блок земной коры, который получил название «рифтовый блок Адели» [Stagg et al., 2004]. Мощность земной коры блока выше, чем в остальной части рифтового грабена, а фундамент и рифтовый этаж интенсивно деформированы. Континентальную природу блока подтверждают данные драгирования японской экспедиции, указывающие на присутствие пород континентального происхождения (граниты, гнейсы, диориты) на северо-восточной оконечности блока [Yuasa et al., 1997].

В области океанической коры Австрало-Антарктической котловины по результатам многолетних магнитометрических исследований выявлена последовательность линейных магнитных аномалий от 33 (79,1 млн лет – кампан) до 18 (43,8 млн лет – эоцен). Положение и возраст идентифицированных магнитных аномалий предполагает асинхронный спрединг морского дна с омоложением океанического

раскрытия в восточном направлении [Veevers, 1987; Tikku, Cande, 1999; Варова и др., 2009; Лейченков и др., 2010].

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

В настоящей статье мы следуем ранее предложенным схемам тектонического районирования пассивной континентальной окраины Антарктиды [Leitchkov et al., 2007; Лейченков и др., 2010], выделяя на изученной окраине Земли Адели и Берега Георга V следующие главные тектонические элементы: 1) Восточно-Антарктическая платформа; 2) окраинный (периконтинентальный) рифтовый грабен, в пределах которого наблюдаются зоны подъема мантии и внедрения интрузий, опоясывающие поднятие, интенсивно деформированные блоки земной коры; и 3) океаническая (спрединговая) котловина с сетью протяженных палеотрансформных разломов (рис. 3).

Восточно-Антарктическая платформа. Фундамент Восточно-Антарктической платформы обнажается на Земле Адели, представляя собой древние (раннепротерозойские) метаморфические комплексы, прорванные раннепалеозойскими гранитами [Menot et al., 2005].

Наличие платформенного чехла в пределах низменности Восточной Антарктиды (примерно между 150° и 110° в.д.) предполагается на основании геофизических данных и общих представлений о связи регионального рельефа континентов с тектоническими процессами [Ferraccioli, 2009; Грикуров, 1980; Грикуров, Лейчен-

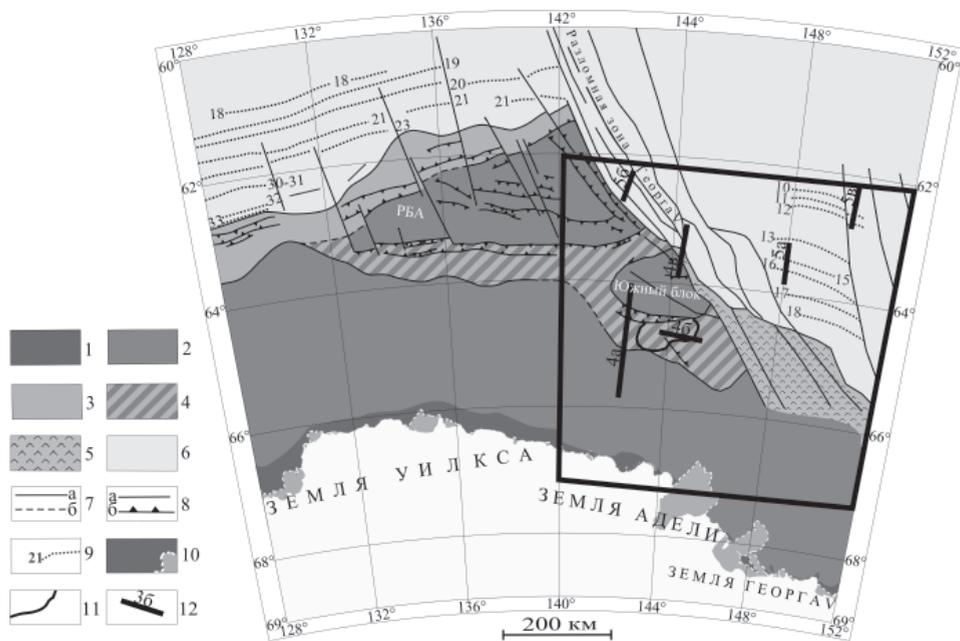


Рис. 3. Структурно-тектоническая схема континентальной окраины Восточной Антарктиды и прилегающей абиссальной котловины в секторе 128–152° в.д. Рамкой обозначен район работ 55-й РАЭ:

1 – Восточно-Антарктическая платформа; 2–5 – окраинный рифтовый грабен (2 – интенсивно растянутая и утоненная кора континентального типа; 3 – зона подъема мантии в основании осадочного чехла (мантийные окна); 4 – зоны с коро-мантийной смесью в основании осадочного чехла; 5 – зона интенсивных коровых (присдвиговых) деформаций); 6 – океаническая котловина; 7 – границы тектонических зон (*a* – достоверные, *b* – предполагаемые); 8 – основные разломы (*a* – сдвиги, *b* – сбросы); 9 – линейные магнитные аномалии и номера хронов полярности; 10 – граница шельфовых ледников; 11 – вулканические постройки; 12 – положение разрезов, показанных на рисунках 4 и 5

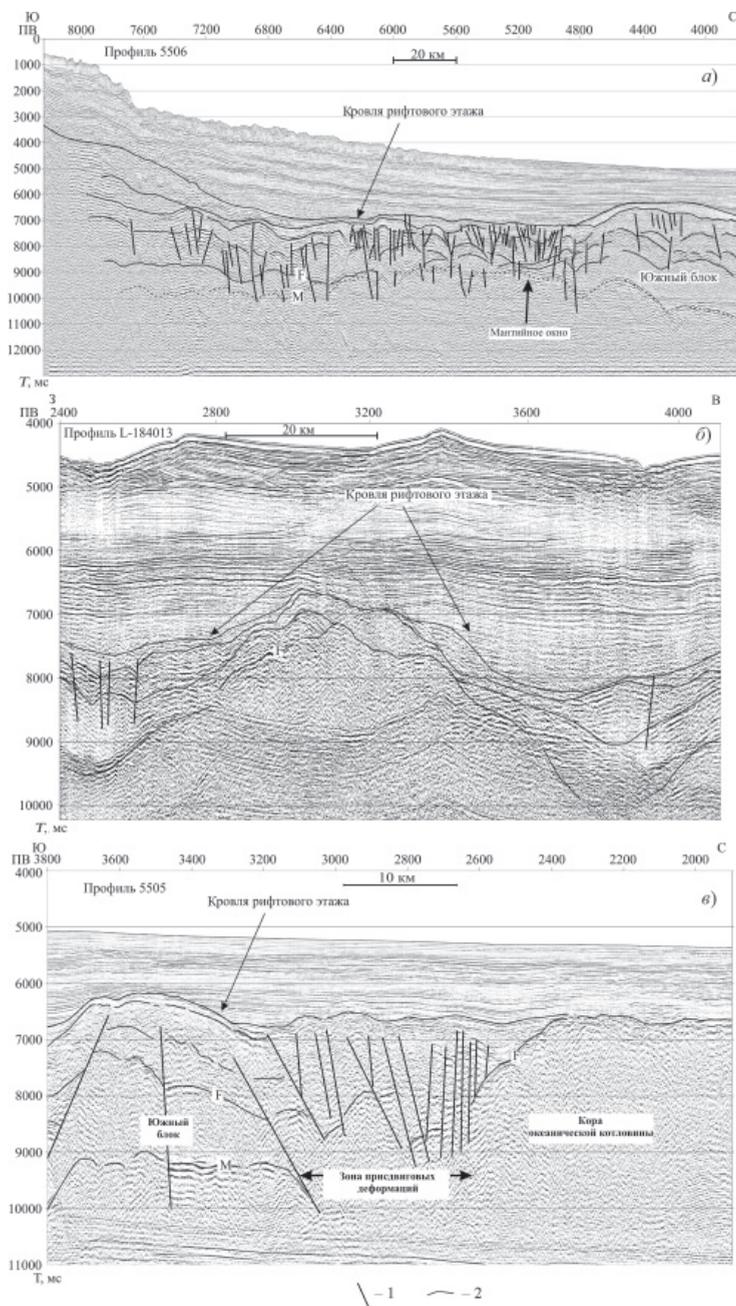


Рис. 4. Сейсмические разрезы, демонстрирующие строение земной коры континентальной окраины Земли Адели и Земли Георга V:

a – строение внутренней части периконтинентального рифтового грабена; *б* – поднятие фундамента в пределах рифтового грабена, интерпретируемое в качестве вулканической постройки; *в* – строение земной коры в зоне интенсивных коровых (присдвиговых) деформаций. F – фундамент; M – граница Мохоравичича; 1 – основные разломы; 2 – сейсмические горизонты. Положение разрезов показано на рис. 2

ков, 2011]. Аналогом этого чехла, вероятно, являются терригенные палеозойские отложения Биконского комплекса, обнаженного в Трансантарктических горах и на побережье Земли Георга V (приблизительно в районе 150° в.д.). На континентальной окраине Земли Адели, в пробах донных осадков, поднятых из глубокой (более 1400 м) впадины внутреннего шельфа, обнаружена галька песчаников, сходная по текстурным и минералогическим признакам с породами Биконского комплекса [Domack, 1987], из чего следует, что в основании рифтового этажа могут залегать дорифтовые (платформенные) отложения.

Позднеюрский-позднемеловой периконтинентальный рифтовый грабен прослеживается в южной части района (рис. 3). Южная граница периконтинентального рифтового грабена на континентальной окраине Земли Адели – Земли Георга V достоверно определена лишь в узком секторе 142–145° в.д. по сейсмическим профилям французской и итало-австралийской экспедиций, на которых приблизительно в 30 км к северу от побережья документируется резкое погружение поверхности фундамента от 0 до 4 км. На остальной части континентальной окраины эта граница проведена условно.

На большей части окраинного рифтового грабена в районе исследований надежно установить положение и структуру поверхности кристаллического фундамента не всегда удается из-за значительной (более 10 км) мощности стратифицированных осадков, почти половина которых приходится на рифтовый структурный этаж (рис. 4а). Кроме того, в рифтовом этаже здесь (так же, как и на окраине Земли Уилкса) развиты пликативные и дизъюнктивные деформации, которые снижают глубинность исследований из-за рассеяния сейсмического сигнала. В связи с этим последняя, вниз по разрезу, различаемая и коррелируемая отражающая граница, выделяемая в качестве акустического фундамента, может во многих случаях представлять собой горизонты нижней части рифтового этажа. Тем не менее в центральной части района исследований, где имеются данные МПВ (рис. 2, сейсмические зондирования 0355, 0455, 0955), значения скоростей преломленных волн 5,9–6,2 км/с являются указанием на кристаллическую природу акустического фундамента. В подножии континентального склона отложения рифтового структурного этажа смяты в пологие складки, причем степень пликативных деформаций заметно уменьшается выше границы, отделяющей два верхних рифтовых комплекса от нижних (рис. 4а). На основании сопоставления сейсмических разрезов на континентальной окраине Земли Адели – Земли Георга V с датированными бурением разрезами на сопряженной континентальной окраине Австралии [Krassay et al., 2004] предполагается, что эта граница имеет возраст около 92 млн лет и, следовательно, можно сделать вывод, что основной этап деформаций происходил примерно в это же время. Мы предполагаем, что пликативные деформации в основном связаны с подъемом мантии в основание осадочного чехла и внедрением продуктов ее дифференциации (интрузий основного состава) в рифтовые отложения. Подъем мантии, по-видимому, вызвал растяжение в осевой части рифта и локальные горизонтальные напряжения сжатия по его периферии. Возможно, что на поздней стадии рифтогенеза продолжающееся растяжение вызвало хрупкие деформации в осадочном чехле.

На сейсмических профилях, пересекающих периконтинентальный рифтовый грабен, в основании разреза прослеживаются яркие прерывистые (но уверенно коррелируемые), часто изогнутые и нарушенные низкочастотные отражения (рис. 4а), которые интерпретируются нами (а ранее и другими специалистами [Eittreim, Smith, 1987]) в качестве границы Мохоровичича (кровля верхней мантии). Такая интерпретация подтверждается данными МПВ 0755 и 0855, которые показывают, что на этой границе образуются преломленные волны с характерной скоростью

8,0 км/с. В центральной части окраинного рифтового грабена граница Мохо воздымается, приближаясь к основанию стратифицированной толщи рифтового этажа или непосредственно подстилая ее (рис. 4а, ПВ 5000–5400). Участки явного разрыва консолидированной коры (рис. 4а, ПВ 5000–5400) показаны на тектонической карте как зоны мантийных протрузий, или, иначе, мантийных окон (рис. 3). Наличие зон мантийных протрузий подтверждается линейными аномалиями поля силы тяжести амплитудой 20–40 мГал.

Та часть рифтового грабена, где происходит подъем мантии, но сейсмические разрезы не позволяют надежно определить, имеется ли там консолидированная кора (рис. 4а, ПВ 5400–6600), условно показана как область, в которой осадочный чехол подстилается коро-мантийной смесью, т.е. субстратом, включающим породы верхней мантии, мантийные расплавы и блоки континентальной земной коры. Наличие аномалий поля силы тяжести амплитудой около 30 мГал над этой областью свидетельствует все же в пользу того, что здесь преобладают слабоизмененные мантийные породы.

В результате выполненных исследований к юго-востоку от рифтового блока Адели нами выделен еще один поднятый блок земной коры (рис. 2 и 4а, 4в), названный нами «Южный блок». В его основании на глубинах 9,0–10,5 с (около 12–14 км) наблюдаются контрастные в сейсмической записи, хорошо коррелируемые куполообразные рефлекторы, иногда имеющие сложный рельеф и крутые смещения. Эти рефлекторы надежно отождествляются с границей Мохо, что подтверждается данными МПВ, которые показывают скорость 7,8–8,0 км/с, характерную для верхней мантии. Выше границы Мохо на разрезах залегает «прозрачная» толща (без внутренних отражений), которую мы интерпретируем в качестве утоненной (3–5 км) консолидированной коры. Скорость преломленных волн по трем зондированиям МПВ в кровле консолидированной коры составляет 5,7–6,0 км/с, подтверждая его сиалическую природу. Осадки большей части рифтового этажа (кроме самого верхнего комплекса) здесь интенсивно деформированы и осложнены разломами с большими смещениями (рис. 4а, 4в). Поле силы тяжести в пределах рифтового блока Адели и Южного блока характеризуется отрицательными (–25...–60 мГал) аномалиями, реагируя на увеличение общей мощности коры.

Причина воздымания рифтового этажа в выделенных рифтовых блоках пока не очень понятна. Вероятнее всего, это явление вызвано локальной термальной аномалией в литосферной мантии, возникшей в период рифтогенеза. Подтверждением повышения температуры мантии является ее частичное плавление, которое привело к магматической деятельности (нехарактерной для невулканических окраин) с внедрением интрузий в рифтовые отложения. Наиболее поднятые части этих структур (горсты) вытянуты параллельно окраине, и их образование, таким образом, определяется сложным взаимоотношением режимов растяжения земной коры, магматической активности и термального подъема земной коры.

С востока рифтовые блоки ограничиваются крутыми эскарпами (рис. 4г), типичными для окраин, образованных трансформными сдвигами (т.н. трансформных окраин). Сдвиговая окраина Земли Адели-Земли Георга V отчетливо проявлена в поле силы тяжести, полученной по данным альтиметрической съемки (рис. 1) в виде положительных и отрицательных линейных аномалий. Серия таких аномалий, достаточно сложной конфигурации, прослеживается и далее на восток, отвечая разломной зоне Земли Георга V.

В юго-восточной части района исследований прослеживается зона, испытавшая сильное воздействие сдвиговой тектоники (рис. 4в, область с точечным крапом на рис. 2). В пределах зоны выявлены наиболее интенсивные деформации рифтового этажа (с полным нарушением его внутренней структуры). Эти деформации,

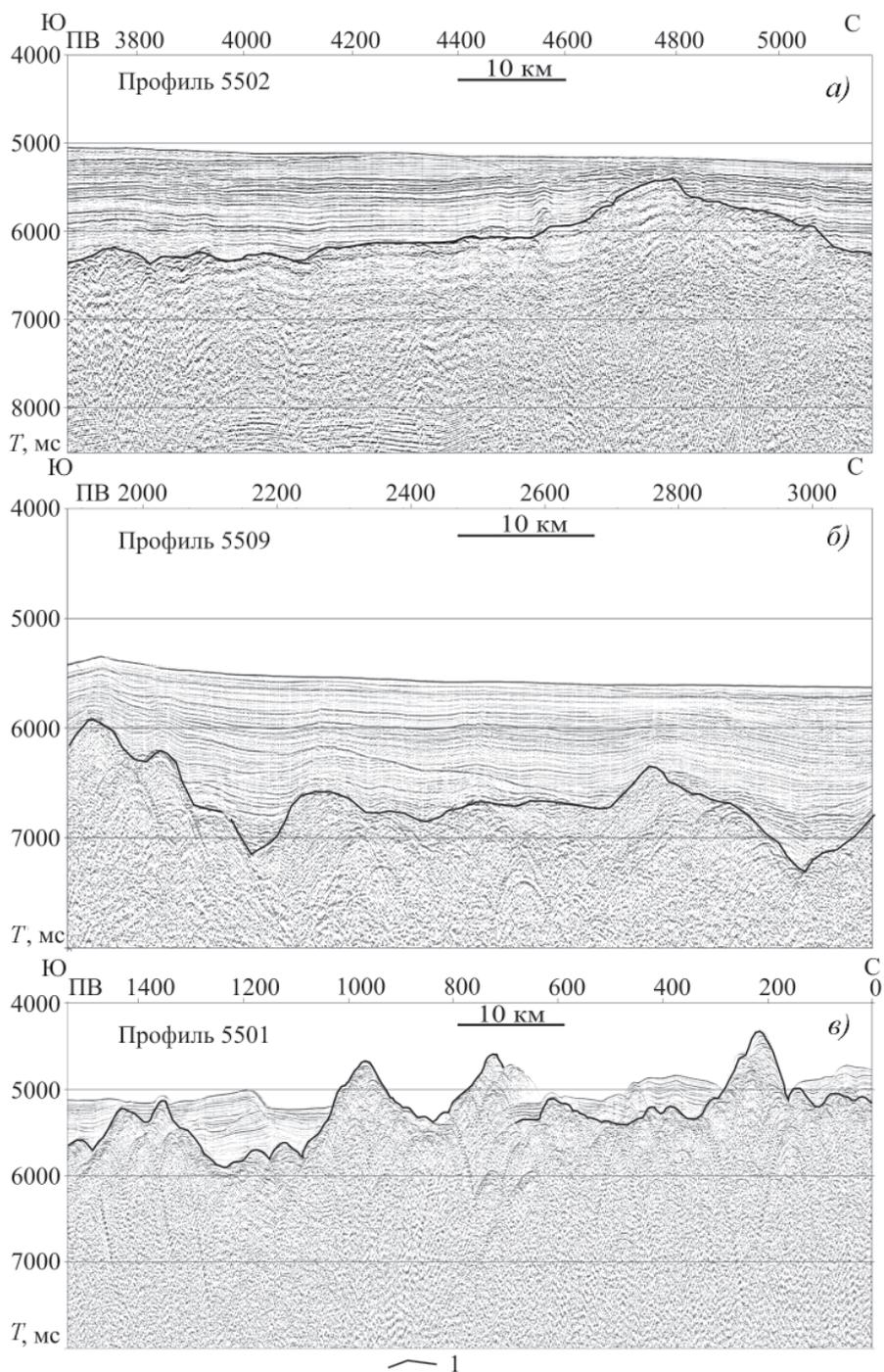


Рис. 5. Строение коры океанической котловины в районе работ 55-й РАЭ:
а – центр; *б* – северо-запад; *в* – северо-восток; 1 – поверхность акустического фундамента. Пространственное расположение сейсмических профилей см. на рис. 2

вероятно, обусловлены транспрессионными напряжениями, которые возникали на трансформной окраине в результате сложного (непрямолинейного) движения плит (и континентальных коровых блоков) вдоль сдвиговых границ.

Океаническая котловина. Структура коры океанической котловины во многом определяется развитием разломной (трансформной) зоны Земли Георга V. Поверхность фундамента, как правило, имеет здесь сильно расчлененный рельеф (местами океаническая кора обнажается в поверхности морского дна, образуя подводные хребты и горы), который возник в результате трансформных сдвигов со сжатием и растяжением (рис. 4а), хотя в центральном секторе изученной части котловины выделяется широкий участок с пологим и гладким рельефом (рис. 4б). По данным двух зондирований МПВ (0155 и 0255), проведенных во время 55-й РАЭ, а также нескольких зондирований австралийской экспедиции, скорость преломленных волн в поверхности фундамента океанической котловины составляет 4,4–4,6 км/с, являясь типичной для второго (базальтового) океанического слоя.

Океанический фундамент восточной части имеет наименьшую глубину залегания (3,5–4,5 км) и минимальную мощность перекрывающих его осадков (рис. 4в).

По результатам магнитометрических исследований в океанической коре выявлена последовательность линейных магнитных аномалий от 18 (41,1 млн лет – средний эоцен) до 10 (28,3 млн лет – ранний олигоцен) (рис. 2). По данным выполненного моделирования, скорость полуспрединга морского дна составляет здесь от 16 до 40 мм/г, соответствуя ультрамедленному режиму раскрытия океана. Аналогичная последовательность магнитных аномалий была выявлена на сопряженной окраине Австралии в бассейне Отвей [Royer, Rollet, 1997]. Возраст океанического раскрытия между юго-западной Австралией и Антарктидой остается неопределенным. По данным бурения в бассейне Отвей завершение рифтовой стадии датируется поздним маастрихтом (около 65 млн лет), но нельзя исключить, что начало спрединга морского дна началось позже.

Граница между интенсивно растянутой корой периконтинентального рифтового грабена и океанической корой (граница континент–океан) в северо-западной части района работ определяется по крутому уступу в блоке Адели и Южном блоке, который сформировался в результате трансформного сдвига. Далее в юго-восточном направлении положение этой границы менее очевидно. В основном она выделена нами в результате анализа пространственного развития рифтового комплекса (не прослеживаемого в океане) и поля силы тяжести, полученного по альтиметрическим данным. Граница типов коры предполагается там, где происходит принципиальное изменение характера поля силы тяжести (рис. 1).

ВЫВОДЫ

На основании комплексной интерпретации всей совокупности геофизических данных, полученных в 55-й РАЭ и зарубежных экспедициях, впервые представлена модель тектонического строения крайней юго-восточной части Индийского океана.

В изученном районе установлено 3 главных тектонических провинции, различающихся по строению земной коры и генезису. К этим провинциям относятся: Восточно-Антарктическая платформа, окраинный рифтовый грабен и океаническая (спрединговая) котловина. Окраинный рифтовый грабен имеет сложное строение. В секторе 140–152° в его пределах выделяются: зоны с интенсивно растянутой и утоненной корой континентального типа – в полосе шириной около 300 км, параллельной антарктическому побережью, и в пределах окраинных поднятий (рифтовый блок Адели, Южной блок); зоны с коро-мантийной смесью в основании осадочного чехла; зона интенсивных коровых (присдвиговых) деформаций. Подъем мантии и/или локальный режим сжатия на стадии формирования окраины привел к образованию пологих складок в рифтовом структурном этаже. Граница между

рифтогенной и океанической корой представляет собой палеотрансформный разлом сложной формы, который, вероятно, унаследовал более древнюю сдвиговую структуру земной коры. Сдвигообразование на рифтовой стадии и при раскрытии океана привело к интенсивным локальным деформациям осадочного чехла рифтового этажа. Рифтогенез на континентальной окраине Земли Георга V завершился около 65 млн лет назад. В юго-восточной части океанической котловины выявлена последовательность линейных магнитных аномалий от C18 до C11 (средний эоцен).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Варова Л.В., Гандюхин В.В., Казанков А.Ю., Гусева Ю.Б., Лейченко Г.Л.* Некоторые особенности тектонического строения моря Дюмон Д'Юрвиля, Восточная Антарктида (предварительные результаты морских геофизических исследований 2008 г.) // Материалы XLII Тектонического совещания «Геология полярных регионов». М.: ГЕОС, 2009. Т. 1. С. 78–81.
- Трикуров Г.Э., Лейченко Г.Л.* Основные черты тектонического строения и геодинамической эволюции Антарктики // Материалы конференции «Современное состояние наук о Земле». М.: МГУ, 2011. С. 1101–1105.
- Лейченко Г.Л., Гусева Ю.Б., Гандюхин В.В.* Строение и тектоническая эволюция пассивной континентальной окраины Антарктиды: тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя // Материалы XLIII Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя». М.: ГЕОС, 2010. Т. 1. С. 195–203
- Boillot G., Froitzheim N.* Non-volcanic rifted margins, continental break-up and onset of seafloor spreading: some outstanding questions / Wilson R.C.L., Whitmarsh R.B., Taylor B., Froitzheim N. (Eds.) // Non-Volcanic rifting of continental margins: a composition of evidence from land and sea. Geological Society, London, Special Publication. Vol. 187. 2001. P. 9–30.
- Brancolini G., Harris P.T.* Post Cruise Report AGSO Survey 217: Joint Italian/Australian Marine Geoscience Expedition Aboard the R.V. Tangaroa to the George V Land Region of East Antarctica during February–March 2000. AGSO Record, 2000/38. Canberra, Australia. 180 p.
- Cande S.C., Mutter J.C.* A revised identification of the oldest sea-floor spreading anomalies between Australia and Antarctica // Earth & Planetary Science Letters. 1982. Vol. 58. P.151–160.
- De Santis L., Brancolini G., Donda F.* Seismo-stratigraphic analysis of the Wilkes Land continental margin (East Antarctica): influence of glacially-driven processes on the Cenozoic deposition // Deep-Sea Research II. 2003. P. 1563–1594.
- Domack E. W.* Preliminary stratigraphy from a portion of the Wilkes Land continental shelf: Evidence from till provenance / S.L.Eittreim & M.A.Hapton (Eds) // The Antarctic Continental Margin: Geology and Geophysics of Offshore Wilkes Land. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Houston, TX, Vol. 5A. 1987. P. 195–204.
- Eittreim S.L., Smith G.L.* Seismic sequences and their distribution on the Wilkes Land margin / Eittreim S.L., Hampton M.A. (eds.) // The Antarctic continental margin: geology and geophysics of offshore Wilkes Land. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series, 1986. Vol. 5. P. 15–43.
- Eittreim S.L., Cooper A.K., Wannesson J.* Seismic stratigraphic evidence of ice-sheet advances on the Wilkes Land margin of Antarctica // Sediment. Geol. 1995. Vol. 96. P. 131–156.
- Ferraccioli F., Armadillo E., Jordan T., Bozzo E., Corr H.* Aeromagnetic exploration over the East Antarctic Ice Sheet: A new view of the Wilkes Subglacial Basin // Tectonophysics. 2009. Vol. 478. Issues 1–2. P. 62–77.
- Gandyukhin V., Leitchenkov G., Guseva Yu.* Non-volcanic continental margin off Wilkes Land (East Antarctica): Crustal structure and evolution. Abstracts of 33 International Geological Congress. Oslo, 2008. CD-ROM.
- Ishihara T., Tanahashi M., Sato M., Okuda Y.* Preliminary report of geophysical and geological survey of the west Wilkes Land Margin. Proc., NIPR Symp. On Antarctic Geoscience, NIPR, 1996. № 9. P. 91–108.
- Krassay A.A., Cathro D.L., Ryan D.J.* A regional tectonostratigraphic framework for the Otway basin. PESA Eastern Australian Basin Symposium II, Adelaide, 19–22 September, 2004. P. 97–116.

Leitchenkov G.L., Guseva Y.B., Gandyukhin V.V. Cenozoic environmental changes along the East Antarctic continental margin inferred from regional seismic stratigraphy, in *Antarctica: A Keystone in a Changing World – Online Proceedings of the 10th ISAES / Edited by A.K.Cooper, C.R.Raymond et al.* USGS Open-File Report 2007–1047, Short Research Paper 005. 2007. doi:10.3133/of2007-1047.spr005.

Menot R-P., Pecher A., Rolland Y., Peucat J-J., Pelletier A., Duclaux G., Guillot S. Structural Setting of the Neoproterozoic Terrains in the Commonwealth Bay Area (143–145°E), Terre Adlie Craton, East Antarctica // *Gondwana Research*, 2005. Vol. 8. № 1. P. 1–9.

Royer J-Y., Rollet N. Plate-tectonic setting of the Tasmanian region // *Australian Journal of Earth Sciences*. 1997. Vol. 44. P. 543–560.

Sandwell D.T., Smith W.H.F. Retracking ERS-1 altimeter waveforms for optimal gravity field recovery // *Geophysical Journal International*. 2005. Vol. 163. Issue 1. P. 79–89.

Stagg H.M. J, Colwell J.B., Direen N., O'Brien P., Brown B., Bernardel G., Borissova I., Carson L. & Close D. Geological framework of the continental margin in the region of the Australian Antarctic territory // *Geoscience Australia Record*. Canberra, 2004. P. 228.

Tanahashi M., Ishihara T., Yuasa M., Murakami F., Nishimura A. Preliminary report of the TH95 geological and geophysical survey results in the Ross Sea and Dumont D'Urville Sea // *Proceeding NIPR Symp. Antarctic Geoscience*. NIPR. 1997. P. 36–58.

Tikku A.A., Cande S.C. The oldest magnetic anomalies in the Australian-Antarctic Basin: Are they isochrones // *Journ. Geoph. Res.* 1999. Vol. 104. № B1. P. 661–667.

Veevers J.J. The Conjugate continental margins of Antarctica and Australia / Eittrheim S.L. & Hampton M.A. (Eds.) // *The Antarctic continental margin : geology and geophysics of offshore Wilkes Land*. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series. Houston, TX, 1987. Vol. 5. P. 45–73.

Wannesson J.M., Perlas M., Petitperrin B., Perret M., Segoufin J.A. Geophysica transect of the Adelie Margin, East Antarctica // *Mar. and Petr. Geol.* 1985. Vol. 1. P. 192–201.

Yuasa M., Niida K., Ishihara T., Kisimoto K. & Murakami F. Peridotite dredged from a seamount off Wilkes Land, the Antarctic: emplacement of fertile mantle fragment at early rifting stage between Australia and Antarctica during the final breakup of Gondwanaland / C.A. Ricci (ed.) // *The Antarctic region: geological evolution and processes*. Terra Antarctica, Siena, 1997. P. 725–730

L.V.VAROVA, G.L.LEITCHENKOV, Y.B.GUSEVA

TECTONIC STRUCTURE OF TERRA ADELIE – GEORGE V MARGIN AND ADJACENT OCEAN BASIN (EAST ANTARCTIC)

This paper is based on the interpretation of geophysical data 55 Russian Antarctic Expedition in 2009-2010 from the Adelie and George V margin and adjacent Australian-Antarctic basin and focuses on tectonic structure of this part of the Antarctic passive margin. For analysis we also considered other data of Russian and foreign researches. The short review of previous researches and their results is given. We give an analysis of basic tectonic features, their nature and correlation. Also we examine deformation of sin-rift strata and their connection with tectonic history. Available data enables us to determine the location of continent-ocean boundary.

Keywords: *Antarctic, Indian ocean, rift margin, tectonic, continent-to-ocean boundary.*