
УДК 551.24

Ю.В. Козленко, М.В. Козленко

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОЛИВА БРАНСФИЛД (ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА) НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ GPS-НАБЛЮДЕНИЙ

Используя данные GPS-наблюдений, рассчитано, что образование пролива Брансфилд как рифтовой структуры могло начаться в интервале 26–37 млн лет назад, то есть в позднем палеогене — раннем неогене. Расчет векторов перемещения бортов трога относительно оси рифта позволил уточнить время возникновения пролива — 28,4 млн лет (аквитанский ярус неогена N_{1a}).

Введение

Континентальная окраина северо-западной оконечности Антарктиды отличается сложным строением. Параллельно Антарктическому полуострову простирается гряда Южно-Шетландских островов, между ними пролегает пролив Брансфилд, имеющий длину примерно 300 км; который по батиметрическим особенностям разделяется на две полосы: к материку примыкает мелководная (до 200 м) платформа шириной порядка 30 км, к островам — узкий шельф и трог шириной около 50 км с глубинами дна до 2000 м (рис. 1).

Возраст пролива Брансфилд вызывает дискуссии среди исследователей — время возникновения этой структуры определяется в интервале от голоцена Q_2 (1,3 млн лет) по датировке магнитных аномалий [26] до границы олигоцена и миоцена P_3/N_1 (30 млн лет) по геохронологическим расчетам [9]. В представляемой работе изучение данного вопроса проведено на основании комплексного анализа данных GPS-наблюдений, глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), сейсмологии и геоморфологии.

Для определения возраста образования пролива Брансфилд прежде всего необходимо выяснить механизм его образования. Представления об истории развития Антарктического полуострова преимущественно основаны на положениях плитовой тектоники, в соответствии с которой основную роль в развитии этого сегмен-

© Ю.В. КОЗЛЕНКО, М.В. КОЗЛЕНКО, 2012

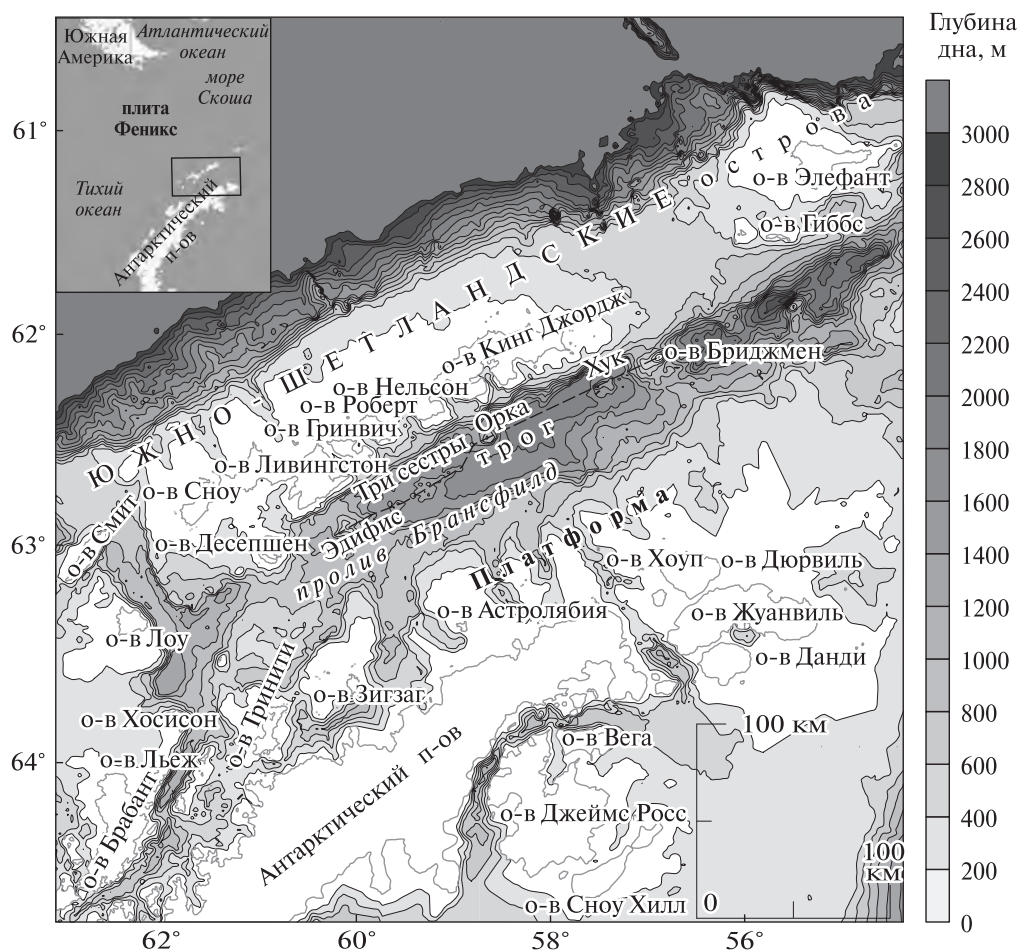


Рис. 1. Батиметрическая карта района исследований. Пунктирной линией обозначен срединный хребет

та Западной Антарктики сыграли горизонтальные перемещения крупных океанических блоков — Тихоокеанского и Скоша [8, 22]. Существует концепция о ведущей роли в эволюции данного региона вертикальных движений литосферы [6]. Тем не менее, по мнению большинства исследователей, существующая морфоструктура континентальной окраины северной оконечности Антарктического полуострова возникла в результате пододвигания плиты Феникс под Южно-Шетландские острова, в тылу которых возник задуговый бассейн — пролив Брансфилд [10, 12]. Однако, убедительные доказательства того, что развитие изучаемого региона может быть связано с процессом инициального рифтинга при отсутствии субдукции, приведены в [1, 16].

Происхождение любой структуры несомненно отражается в характеристиках земной коры и верхней мантии, поэтому определить, какая из концепций происхождения трога Брансфилд является более достоверной, можно на основании данных о глубинном строении.

Структура литосферы северо-западной окраины Антарктического полуострова по сейсмическим данным

Скоростные параметры литосферы в пределах пролива были получены по данным польских геодинамических исследований методом ГСЗ [18]. Сейсмическое моделирование [19] показало, что кристаллический фундамент в проливе Брансфилд сложен тремя слоями (рис. 2). Верхняя толща характеризуется скоростями 5,3–5,7 км/с, в центральной части трога и на окраине Антарктического полуострова содержит внедрения со значениями $V_p = 6,4–6,5$ км/с. Во втором слое скорости продольных волн составляют 6,4–6,8 км/с. В нижней части консолидированной коры выявлено сложное распределение скоростей: в приматериковой области (платформа) значения меньше, чем в центральной части пролива (трог) — (6,8–7,3 км/с и 7,4–7,8 км/с соответственно). Граница между этими разноскоростными блоками залегает наклонно, погружаясь к центру трога до смыкания с поверхностью «нормальной» мантии, обладающей скоростью 8,1 км/с. Значения $V_p > 7,5$ км/с глубже 15 км под трогом Брансфилд ин-

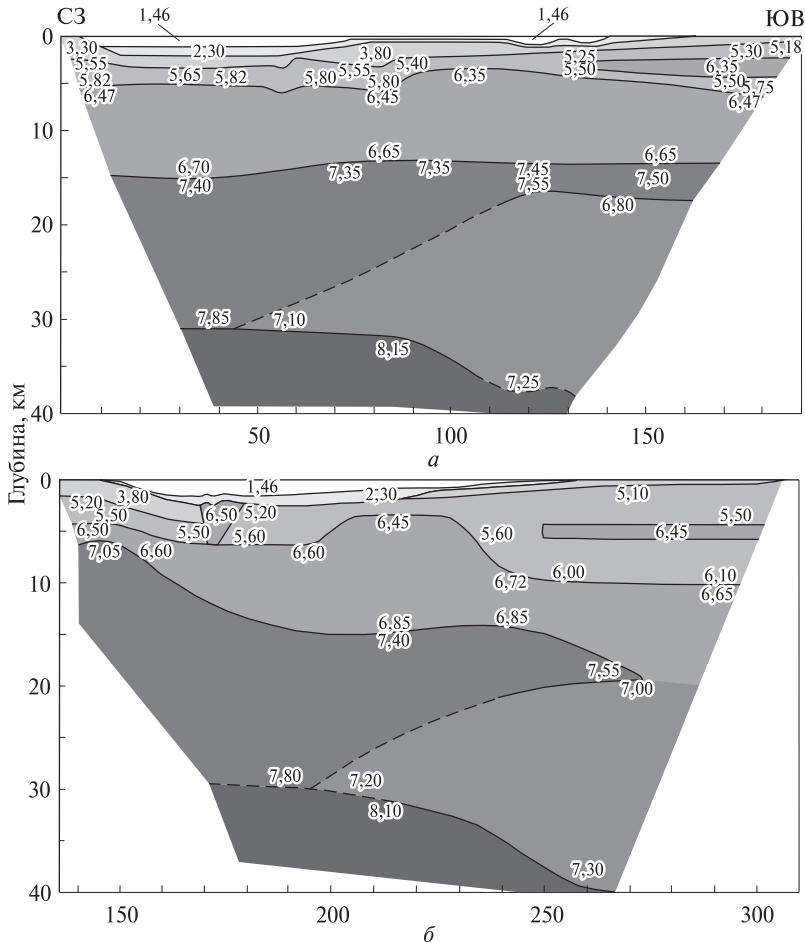


Рис. 2. Сейсмические модели по профилям ГСЗ: а — № 3, б — № 17 по [Janik, 1997]. Значения V_p в км/с

терперируются по-разному: в работе [19] блок высоких скоростей представлен преобразованной под воздействием мантийных выделок корой, тогда как в [12] расценивают такие параметры как характерные для верхней мантии.

Значения скоростей в фундаменте северо-западного побережья Антарктического полуострова соответствуют величинам V_p , определенным для океанических базальтов, пород океанического слоя 3 и габброидов соответственно [3]. Таким образом, можно сделать вывод, что в проливе Брансфилд сформировалась кора субокеанического типа. Геохимические особенности современных вулканитов трога Брансфилд указывают на то, что он вступает в стадию молодого океана [20].

Образование субокеанической коры является следствием рифтогенеза — внедрения мантийного вещества в нижнюю часть коры, ее проплавления и проседания. Долгоживущий рифтинг приводит к тому, что кора разрывается с последующим раздвижением литосферных блоков в стороны от линии раскола. Под трогом Брансфилд наблюдается подъем Мохо до 30 км, существование блока повышенных скоростей мощностью порядка 15 км, погружение кровли консолидированной коры до глубины 3 км, что указывает на его рифтовую природу. Поле напряжений, определенное по сейсмологическим данным [22], свидетельствует о раздвижении блоков земной коры в направлении северо-запад — юго-восток, что подтверждает существование в пределах пролива Брансфилд процесса спрединга.

Предварительное вычисление возраста пролива Брансфилд

Сходство петрологических характеристик горных пород по обе стороны трога Брансфилд [7, 28] указывает на то, что Антарктический полуостров и Южно-Шетландские острова были когда-то единым целым, соответственно, островная гряда также имеет континентальное происхождение. Поэтому исходя из предположения, что пролив образовался в результате расширения дна при рифтогенезе, было проведено совмещение бровок шельфов бортов трога Брансфилд как границ материковых окраин раздвинувшихся блоков (рис. 3).

За бровку шельфа была принята изобата 200 м, поскольку в данном районе континентальный склон начинается на глубинах 150—250 м с преобладанием значений 200 м [17]. При совмещении крайних восточных точек бровок шельфа у островов Кинг-Джордж и Дюрвиль с поворотом гряды на $6,5^\circ$ по часовой стрелке между $55^\circ 20'$ и 59° з. д. образовалась единая структура с совпадением элементов рельефа по обе стороны трога. При этом четко прослеживается ортогональная система, длинная ось которой совпадает с простираем северо-западного берега Антарктического полуострова, Южно-Шетландских островов и трога Брансфилд, а перпендикулярными элементами являются приподнятые геоморфологические структуры Астролябия — Ливингстон, Монтраве — Гринвич, Журден — Роберт, Хоуп — Нельсон и Дюрвиль — Кинг-Джордж. Таким образом, Антарктический полуостров и Южно-Шетландские острова имеют общий тектонический каркас, который в процессе эволюции раскололся вследствие рифтогенеза с последующим раздвижением бортов под действием спрединга.

Длительность процесса рифтообразования (вулканическая деятельность в центральной части пролива продолжается до сих пор [11]) можно вычислить, измерив величину перемещения Южно-Шетландских островов относительно

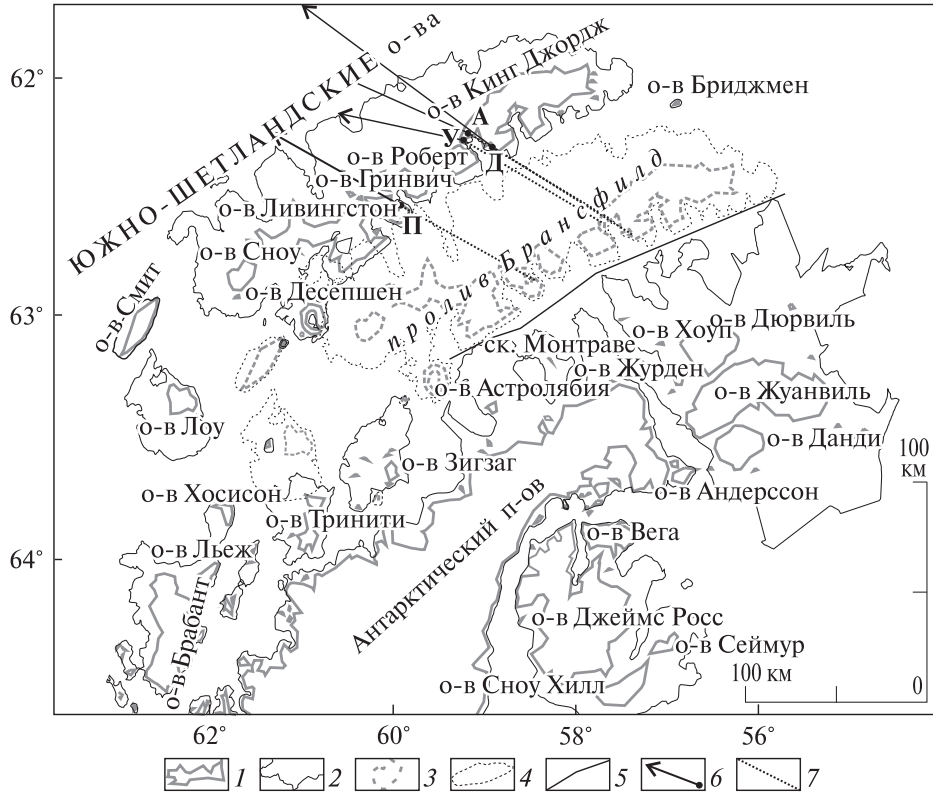


Рис. 3. Совмещение бортов трого Брансфилд. Существующее положение: 1 — береговой линии; 2 — бровки шельфа. Смещенное положение: 3 — береговой линии; 4 — бровки шельфа. 5 — предполагаемая линия раскола трого; 6 — векторы относительного перемещения на пунктах GPS-наблюдений в районе антарктических станций: А — Артигас, Д — Джубани, П — Капитан Артуро Прад, У — Грейт Уолл; 7 — смещение станций

Антарктического полуострова (рис. 3) и имея скорость движения гряды, полученную по данным GPS-наблюдений [13]. Исходные данные и результаты вычислений представлены в таблице.

Полученные результаты значительно отличаются друг от друга. Момент зарождения рифта колеблется от раннего олигоцена (P_{3r}) до середины миоцена (N_{II}). Принимая во внимание величину современной относительной скорости, измеренную на острове Гиббс (2,8 мм/год) [13], можно считать, что значение 4,2 мм/год, полученное для станции Джубани, завышено. Таким образом, образование центральной части трого Брансфилд могло начаться в интервале 26—37 млн лет назад, то есть в позднем палеогене — раннем неогене.

Разброс полученных значений обусловлен различием в определениях горизонтальных компонент современных движений земной коры на различных пунктах GPS-наблюдений. Измерения направления и скорости перемещений осуществлялись в течении двух сезонов. Такой короткий период исследований, по данным [4], может давать значительную погрешность. Определить, какой из четырех векторов является истинным, на данном этапе исследований не представляется возможным. Тем не менее, среднее вычисленное время возникнове-

Параметры перемещения Южно-Шетландских островов относительно Антарктического полуострова

Пункт наблюдения	Величина перемещения, км	Скорость перемещения, мм/год [Dietrich et al., 2001]	Продолжительность перемещения, млн лет	Время начала рифтогенеза, век
о. Гринвич ст. Капитан Артуро Прат	69,8	2,7	25,8	аквитанский N _{1a}
о. Кинг-Джордж ст. Артигас	74,1	2,0	37,1	рюпельский P _{3r}
о. Кинг-Джордж ст. Грейт Уолл	74,1	2,2	33,7	рюпельский P _{3r}
о. Кинг-Джордж ст. Джубани	74,8	4,2	17,8	лангийский N ₁₁

ния рифта (28,6 млн лет назад) в целом согласуется с расчетами [10], согласно которым тектоно-магматическая активизация под современным трогом Брансфилда началась 30—26 млн лет назад.

Дополнительным критерием датировки начала рифтинга может служить особенность строения верхней части земной коры на сейсмических разрезах (см. рис. 2). Наличие двух осадочных слоев указывает на существенную продолжительность эволюции. Значения скоростей в нижнем слое составляют 3,3—3,9 км/с, что характерно для консолидированных осадков. Так, в Черном море скорость отраженных волн 3,0—4,0 км/с отмечается для отложений майкопской серии (олигоцен-нижний миоцен) [22], что соответствует вычисленной по данным GPS датировке возникновения спрединга в исследуемом регионе. Еще одним аргументом в пользу правильности установления возраста рифта служат выявленные на мысе Мелвилл (о. Кинг Джордж) морские осадочные образования формации «Дестракшн Бей», которая по палеонтологическим находкам определяется как ранне-миоценовая [10].

Определение времени образования пролива Брансфилд

Проведенные вычисления необходимо уточнить, поскольку раскрытие рифта в трого Брансфилд происходило веерообразно — острова Астролябия и Ливингстон в юго-западной части пролива отделились друг от друга примерно на 17 км меньше, чем Кинг-Джордж и Дюрвиль в северо-восточной. Неравномерность перемещения Южно-Шетландской гряды относительно Антарктического полуострова вследствие раздвижения блоков земной коры выражается в том, что азимуты смещения изменяются от 305,3° для юго-восточной оконечности острова Кинг-Джордж до 292,0° для северо-западного края острова Ливингстон. Полученные значения достаточно хорошо коррелируются с данными, определенными на основании GPS-наблюдений на территории Антарктического полуострова — векторы скоростей относительных движений в пределах изучаемого района лежат в диапазоне 306,5—282,4° [14]. Следует отметить, что для станции Капитан Артуро Прат на острове Гринвич азимут современного перемещения идентичен тренду, полученному при сдвигании противоположных бортов

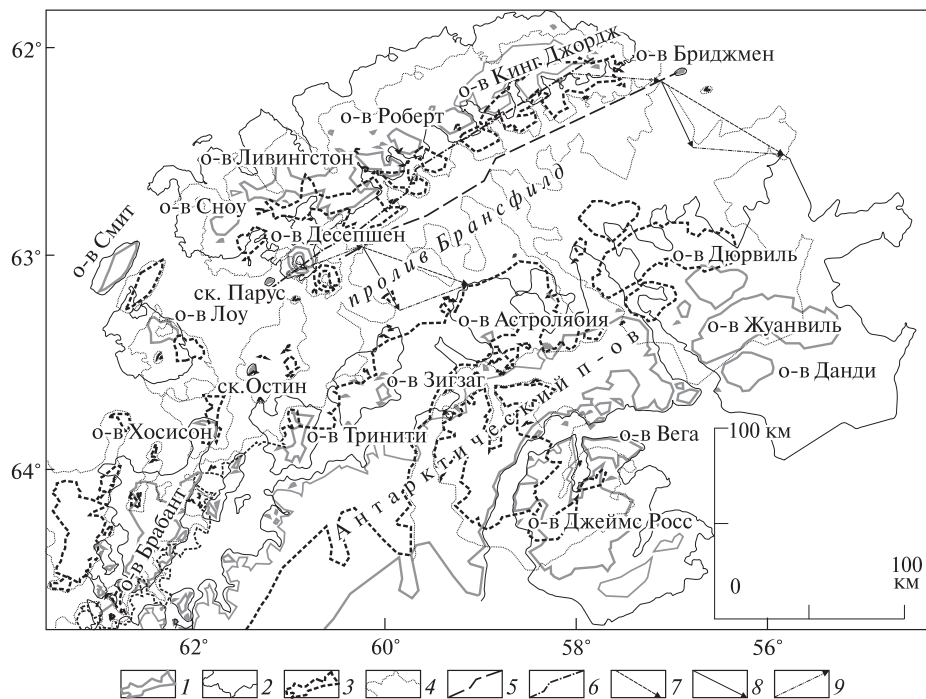


Рис. 4. Определение времени образования пролива Брансфилд путем расчета расхождения противоположных бортов трого. 1 — береговая линия современная; 2 — бровка шельфа современная; 3 — береговая линия перемещенная; 4 — бровка шельфа перемещенная; 5 — линия рифтового раскола современная; 6 — линия рифтового раскола первоначальная; 7 — векторы общего перемещения S_0 отдельных точек в ходе эволюции; 8 — векторы рифтинга S-ри; 9 — векторы ротационного движения S_{po}

трога Брансфилд, и равен $298,9^\circ$. Различие азимутов для восточной и западной точек Южно-Шетландской гряды является следствием того, что исследуемый район, вместе со всей Антарктикой, вовлечен в ротационное движение, направленное по часовой стрелке. Это установлено по результатам GPS-наблюдений [5, 14] и палеомагнитных исследований [25].

Для более точного определения возраста возникновения пролива необходимо учесть фактор ротационного движения Антарктиды и проводить совмещение бортов не приближением Южно-Шетландских островов к Антарктическому полуострову, а сближением их к линии, вдоль которой произошел раскол первоначальной структуры.

Линию раскола в морфологии дна однозначно определить достаточно сложно, поскольку ложе трого представляет собой чередование поднятий и впадин (см. рис. 1). Можно отметить, что в работе [21] выделяются четыре вулканические линии, параллельные простиранию пролива. Исходя из анализа батиметрии представляется целесообразным проводить ось раскола по линии, проходящей через наиболее крупные подводные возвышенности — Эдифис, Три сестры, Орка, Хук — и о. Бриджмен, которые, по мнению [19], являются видимой частью большого подводного хребта. Согласно имеющимся данным, эти поднятия представляют собой вулканы, по составу слагающих материалов близкие к базальтам

срединно-океанического хребта [21]. Отмечены мелкофокусные слабые землетрясения, связанные с приповерхностной вулканической активностью [15], что характерно для Срединно-Атлантического хребта [2]. Ломаная, соединяющая поднятия на дне трога Брансфилд (см. рис. 1), и шовная линия единой структуры, полученной при сближении шельфов противоположных берегов пролива (см. рис. 3), имеют практически одинаковую конфигурацию. Таким образом, цепочку возвышенностей в осевой части трога можно считать срединным хребтом, который определяет местоположение линии раскола палеоструктуры Антарктического полуострова в процессе рифтогенеза.

Определение времени образования пролива Брансфилд проводилось путем расчета расхождения противоположных бортов трога от срединного хребта, который являлся линией раскола первоначальной структуры северо-западной оконечности Антарктиды (рис. 4).

Поскольку процесс рифтогенеза в проливе Брансфилд происходил на фоне общего вращения Антарктической плиты по часовой стрелке [13], общее перемещение любой точки в процессе эволюции S_0 определяется двумя факторами — рифтингом (вектор $S_{ри}$) и ротационным движением Антарктиды (вектор $S_{ро}$). Величина S_0 измеряется на рис. 4, смещение при раскрытии рифта $S_{ри} = V_{ри} \cdot T$, где $V_{ри}$ — скорость раскрытия рифта, T — время действия процесса.

Скорость раскрытия рифта можно рассчитать, исходя из измеренной скорости смещения Южно-Шетландских островов относительно полуострова Тринити по данным GPS-наблюдений. Учитывая, что раскрытие рифта происходит в обе стороны от линии раскола, измеренная относительная скорость (V_{GPS}) складывается из двух составляющих — скоростей северо-западного ($V_{сз}$) и юго-восточного ($V_{юв}$) бортов

$$V_{GPS} = V_{сз} + V_{юв}$$

Для юго-восточного борта спрединг и вращательное движение Антарктиды совпадают по направлению, а для северо-западного — ориентированы навстречу друг другу. Поэтому

$$V_{юв} = V_{ри} + V_{ро}, \quad (1)$$

$$V_{сз} = V_{ри} - V_{ро}, \quad (2)$$

где $V_{ро}$ — ротационная скорость.

Таким образом, $V_{GPS} = V_{ри} + V_{ро} + V_{ри} - V_{ро} = 2 V_{ри}$, то есть

$$V_{ри} = \frac{V_{GPS}}{2}. \quad (3)$$

Рассчитать скорость ротационного движения можно, решив систему уравнений

$$\begin{cases} S_{сз} = V_{сз} \cdot T \\ S_{юв} = V_{юв} \cdot T \end{cases} \quad (4)$$

где $S_{сз}$ и $S_{юв}$ — величина перемещений северо-западного и юго-восточного бортов трога, $V_{сз}$ и $V_{юв}$ — скорости движения соответствующих блоков.

Решая (4) подстановкой формул (1), (2), и (3) получим

$$V_{ро} = \frac{S_{юв} - S_{сз}}{2T}. \quad (5)$$

Определить время теперь можно из $T = \frac{S_{cc}}{V_{cc}}$ или $T = \frac{S_{юв}}{V_{юв}}$.

Используя (1), (2), (3) и (5), получаем в обоих случаях одинаковый результат:

$$T = \frac{S_{юв} + S_{сз}}{V_{GPS}}. \quad (6)$$

Таким образом, величина рифтового перемещения будет

$$S_{ри} = \frac{S_{юв} + S_{сз}}{2}. \quad (7)$$

Наиболее предпочтительным для расчетов представляются параметры смещения, определенные по данным GPS-наблюдений для станции Капитан Артуро Прат, поскольку, во-первых, она находится практически посередине Южно-Шетландской гряды (для краев векторы будут разными из-за ротационного движения), во-вторых, азимут ее перемещения относительно материка совпадает с направлением сближения бортов пролива (см. рис. 3), в-третьих, величина скорости 2,7 мм/год близка к среднеарифметическому (2,78 мм/год) для всех станций Южно-Шетландских островов [13]. Общее смещение северо-западного борта для ст. Капитан Артуро Прат составляет 16,6 км, юго-восточного у скал Монтраве — 60,0 км. Из (7) величина вектора рифтового перемещения равняется 38,3 км. Направление вектора перпендикулярно простиранию срединного хребта.

Подставив вектор $S_{ри}$ на северо-восточном и юго-западном краях оси спрединга центральной части трога Брансфилд и проведя из этих точек линии S_0 , определяем векторы ротационного движения S_{po} для краев системы (см. рис. 4). Сместив ось рифтогенеза обратно полученным векторам, получаем первоначальное положение линии раскола. Разница в азимутах первоначальной и современной оси составила 6,5°, что совпадает с величиной разворота гряды Южно-Шетландских островов относительно Антарктического полуострова (см. рис. 3).

Скорость ротационного движения исходя из (5) с учетом (6) будет

$$V_{po} = \frac{V_{GPS}}{2} \cdot \frac{S_{юю} - S_{сз}}{S_{юю} + S_{сз}}.$$

Подставив в формулу измеренные значения, получим для ст. Капитан Артуро Прат величину скорости ротационного движения 0,76 мм/год. Полученное значение согласуется с величинами скоростей $V = 0,6—1,3$ мм/год, определенными в работе [27].

Время начала рифтообразования, вычисленное по формуле (6), составило 28,4 млн лет. Это значение укладывается в интервал 26—37 млн лет и практически совпадает со средним значением 28,6 млн лет, определенными при предварительных вычислениях.

Выводы

Исследования, проведенные на основании комплексного анализа батиметрических, сейсмических (ГСЗ) и сейсмологических данных, а также результатов GPS-наблюдений, позволили получить следующие результаты:

Совмещение бровок шельфов бортов пролива Брансфилд выявило сходство геоморфологических элементов по обе стороны трога, тем самым показало, что

Антарктический полуостров и Южно-Шетландские острова могли составлять единую мегаструктуру, распавшуюся в результате спредингового раздвижения дна вследствие рифтогенеза.

Используя данные GPS-наблюдений, рассчитано, что раскрытие рифта могло начаться в интервале 26—37 млн лет назад, то есть в позднем палеогене — раннем неогене.

Расчет векторов перемещения бортов трога относительно оси рифта позволил уточнить время образования пролива Брансфилд — 28,4 млн лет (аквитанский ярус неогена N_{1a}).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Козленко Ю.В., Козленко М.В.* Применение плотностного моделирования для решения вопроса о природе пролива Брансфилд // Геофиз. журн. — 2011. — 33. — № 4. — С. 140—150.
2. *Международный геолого-геофизический атлас Атлантического океана* / Под ред. Г.Б. Удинцева. — Москва: МОК (ЮНЕСКО), Мингео СССР, АН СССР, ГУГК СССР. — 1989. — 1990. — 158 с.
3. *Русаков О.М.* Уточненная кривая зависимости между плотностью и скоростью продольных волн консолидированной коры и кровли мантии океанических структур // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1984. — № 5. — С. 21—24.
4. *Татаринов В.Н., Татаринова Т.А.* О надежности определения скоростей движений земной коры на платформенных территориях GPS-методами // Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. — С. 196—198.
5. *Третяк К.Р., Голубинка Ю.И.* Оцінка та диференціація рухів земної кори Антарктиди // Український Антарктичний Журнал. — 2006. — № 4 — 5. — С. 72—83.
6. *Удинцев Г.Б., Шенке Г.В.* Очерки геодинамики Западной Антарктики. — Москва: ГЕОС, 2004. — 132 с.
7. *Ashcroft W.A.* Crustal structure of the South Shetland Islands and the Bransfield Strait // British Antarctic Survey Scientific Reports. — 1972. — № 66. — 43 p.
8. *Barker P.F.* The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: ridge-crest interactions // Journal of the Geological Society. — 1982. — № 139. — P. 787—802.
9. *Birkenmajer K.* A guide to Tertiary geochronology of King Gorge Island, West Antarctica // Polish Polar Research. — 1989. — № 10. — P. 555—579.
10. *Birkenmajer K.* Evolution of the Bransfield basin and rift, West Antarctica // Recent Progress in Antarctic Earth Science / Ed. by Y. Yoshida et al. — Tokyo: TERRAPUB, 1992. — P. 405—410.
11. *Birkenmajer K., Keller R.A.* Pleistocene age of the Melville Peak volcano, King George Island, West Antarctica, by K-Ar dating // Bulletin of Polish Academy of Sciences, Earth Sciences. — 1990. — № 38. — P. 17—24.
12. *Christeson G.L., Barker D.H.N., Austin J.A. Jr., Dalziel I.W.D.* Deep crustal structure of Bransfield Strait: Initiation of a back arc basin by rift reactivation and propagation // Journal Geophysical Research. — 2003. — 108. — № B10. — P. 2492—2512.
13. *Dietrich R., Dach R., Engelhardt G., Ihde J., Korth W., Kutterer H.-J., Lindner K., Mayer M., Menge F., Miller H., Müller C., Niemeier W., Pertl J., Pohl M., Salbach H., Schenke H.-W., Schöne T., Seeber G., Veit A., Völksen C.* ITRF coordinates and plate velocities from repeated GPS campaigns in Antarctica — an analysis based on different individual solutions // Journal of Geodesy. — 2001. — № 74. — P. 756—766.
14. *Dietrich R., Rülke A., Ihde J., Lindner K., Miller H., Niemeier W., Schenke H.-W., Seeber G.* Plate kinematics and deformation status of the Antarctic Peninsula based on GPS // Global and Planetary Change. — 2004. — 42, № 1—4. — P. 313—321.
15. *Dziak R.P., Park M., Matsumoto H., Bohnenstiehl D.R., Haxel J.H., Mellinger D.K., Stafford K., Won Sang Lee* Hydroacoustic monitoring of the Bransfield strait and Drake passage, Antarctica: a

- first analysis of seafloor seismicity, cryogenic acoustic sources, and cetacean vocalizations // Antarctica: A Keystone in a Changing World / Ed. by A.K.Cooper et al. — USGS Open—File Report. — 2007. — 1047, 011. — 4 p.
16. *González-Casado J.M., Giner Robles J.L., López-Martínez J.* Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: Not a normal backarc basin // *Geology*. — 2000. — 28, № 11. — P. 1043—1046.
 17. *Gracia E., Canals M., Farran M., Prieto M.J., Sorrihas J. and GEBRA team* Morphostructure and evolution of the Central and Eastern the Bransfield (NW Antarctic Peninsula) // *Marine Geophysical Research*. — 1996. — № 18. — P. 429—448.
 18. *Guterch A., Grad M., Janik T., Sroda P.* Polish Geodynamic Expedition — seismic structure of the West Antarctica // *Polish Polar Res.* — 1998. — 19, № 1—2. — P. 113—123.
 19. *Janik T.* Seismic crustal structure of the Bransfield Strait, West Antarctica // *Polish polar research*. — 1997. — 18, № 3—4. — P. 171—225.
 20. *Keller R.A., Fisk M.R., Smellie J.L., Strelin J.A., Lawrer L.A., White W.M.* Geochemistry of back arc basin volcanism in Bransfield Strait, antarctica: subducted contributions and along-axis variations // *Journ. Geophys. Res.* — 2002. — 107, № B8. — P. 2171—2187.
 21. *Monograph of the Black Sea* // *Boll. di Geofis. Teorica ed Applicata*. — 1988. — 30, № 117—118. — 324 p.
 22. *Macdonaldo A., Larter R.D., Aldaya F.* Forearc tectonic evolution of the South Shetland Margin, Antarctic Peninsula // *Tectonics*. — 1994. — 13, № 6. — P. 1345 — 1370.
 23. *Monograph on the Black Sea* // *Boll. geofis. teor. applic.*, 1988, v. XXX, N 117—118. — 324 p.
 24. *Pelayo A.M., Wiens D.A.* Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region // *Journal of Geophysical Research*. — 1989. — 94, № B5. — P. 7293—7320.
 25. *Poblete F., Arriagada C.* Paleomagnetic results from the Antarctic Peninsula and its relation with the Patagonian Andes // 7th International Symposium on Andean Geodynamics, Extended Abstracts. — Nice: ISAG. — 2008. — P. 405—408.
 26. *Roach P.T.* The nature of back-arc extension in the Bransfield Strait // *Geophysical Journal of Research Royal Astronomical Society. (Abstr.)*. — 1978. — № 53. — P. 165.
 27. *Taylor F. W., Bevis M. G., Dalziel I. W. D., Smalley R.Jr., Frohlich C., Kendrick E., Foster J., Phillips D., Gudipati K.* Kinematics and segmentation of the South Shetland Islands-Bransfield basin system, northern Antarctic Peninsula // *Geochem. Geophys. Geosyst.* — 2008. — 9, № 4. — Q04035, doi:10.1029/2007GC001873.
 28. *Thomson M.R.A., Pankhurst R.J., Clarkson P.D.* The Antarctic Peninsula — a late Mesozoic-Cenozoic arc (rev.) // *Antarctic Earth Science* / Ed. by R.L. Olivier, P.R. James, J.B. Jago. — London: Cambridge University Press, 1983. — P. 289—294.

Статья поступила 11.11.2011.

Ю.В. Козленко, М.В. Козленко

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ УТВОРЕННЯ ПРОТОКИ БРАНСФІЛД (ЗАХІДНА АНТАРКТИКА) НА ПІДСТАВІ ДАНИХ GPS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Використовуючи дані GPS-спостережень, розраховано, що утворення протоки Брансфілд як рифтогенної структури могло початися в інтервалі 26—37 млн років тому, тобто в пізньому палеогені — ранньому неогені. Розрахунок векторів переміщення бортів трога щодо осі рифта дозволило уточнити час виникнення протоки — 28,4 млн р. (аквитанський ярус неогену N_{1a}).

Yu. V. Kozlenko, M. V. Kozlenko

DETERMINATION OF THE TIMING OF THE FORMING THE BRANSFIELD STRAIGHT (WESTERN ANTARCTICA) FROM GPR OBSERVATIONS

Applying GPS-monitoring data it's calculated that the Bransfield Strait forming as a rift structure may have been start within the interval 26—37 Ma last ago, i.e. the Late Paleogene — Early Neogene. Trough valley border displacement vectors analysis relatively to rift axis allowed to precise the term of the Strait forming — 28.4 Ma. (N_{1a} Neogene Aquitanian age).