

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА

Балуев А.С.¹

Последние 15–20 лет бассейн Белого моря и прилегающая к нему территория подверглись интенсивному изучению различными геолого-геофизическими методами. На основании материалов этих исследований были изданы комплект листов Q-(35),36, Q-37 и Q-38 Государственной геологической карты (ГГК) РФ (2012), а также «Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий» м-ба 1:1500000 и Объяснительные записки к ним [Балуев и др., 2012]. Главная роль в этих работах принадлежит ОАО Морской арктической геолого-разведочной экспедиции (МАГЭ), выполнившей основной объем геолого-геофизических исследований в акватории Белого моря.

Акватория Белого моря на северо-западе и западе частично перекрывает раннедокембрийские образования Балтийского щита, частично — плитную часть Восточно-Европейской платформы: в центральной части бассейна терригенные образования среднего-верхнего рифея и на востоке — осадочные породы верхнего венда, и лишь на самом севере в проливе Воронка Белого моря обнаружены породы среднего палеозоя, залегающие с несогласием на породах венда. Однако конфигурация и рельеф морского дна Белого моря контролируются большей частью реактивацией древних разломов и палеорифтовых структур на неотектоническом этапе. Эти рифтовые структуры заложены в фундаменте платформы в среднем рифее, пережили активизацию в среднем палеозое, когда широкое развитие получил щелочной магматизм, и в конце кайнозоя, когда образовался современный бассейн Белого моря. Наглядное представление о строении земной коры под водами Белого моря и прилегающей к нему территории дает Тектоническая схема Беломорского региона (рис. 1).

Большая часть ложа бассейна Белого моря располагается в пределах Лапландско-Беломорского гранулитогнейсового подвижного пояса, разделяющего Кольский и Карельский массивы (мегаблоки) Балтийского щита. К приосевой части подвижного пояса, покрытой водами Белого моря, приурочен Кандалакшский грабен Онежско-Кандалакшского палеорифта, являющегося крайним юго-западным членом палеорифтовой системы Белого моря.

¹ Балуев А.С., ГИН РАН, Москва.

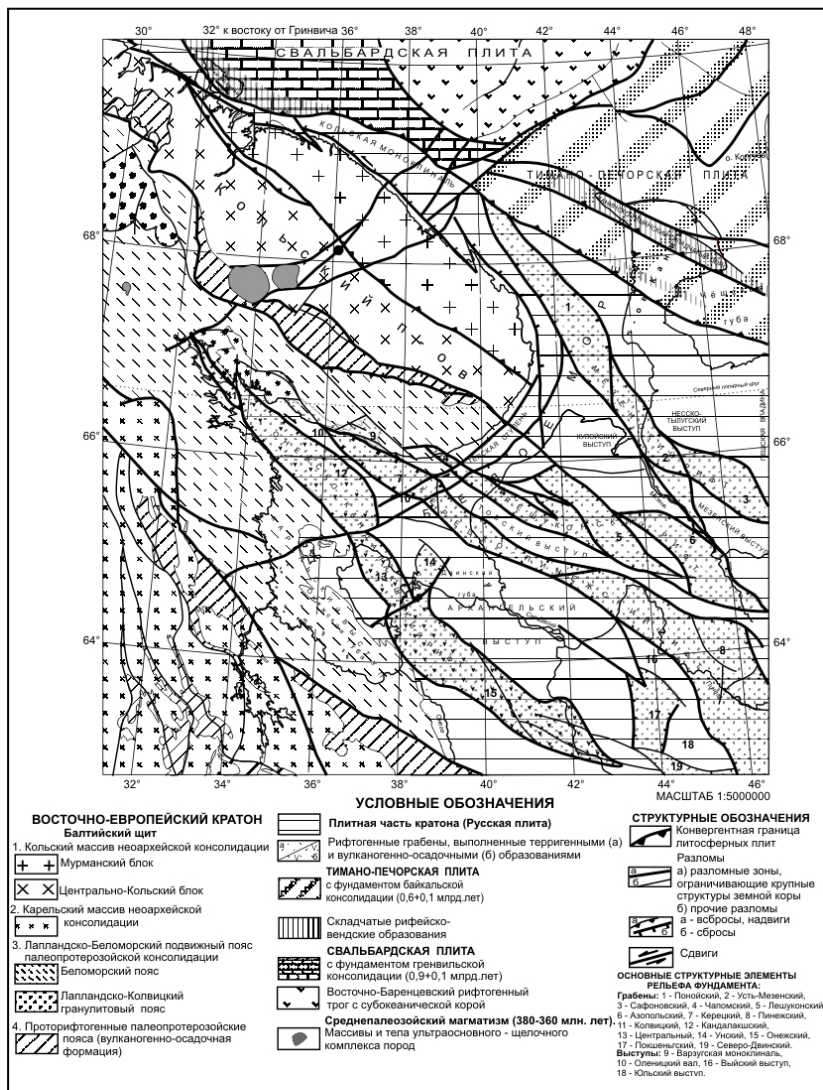


Рис. 1. Тектоническая схема Беломорского региона

В северной части акватории – Воронке Белого моря – располагается Понойская впадина, входящая в состав северо-восточного крайнего члена палеорифтовой системы – Усть-Мезенского (Баренцевоморского) палеорифта. Между ними выделяются еще две

ветви рифтовой системы: Керещко-Пинежская, также перекрытая водами основного бассейна Белого моря и выходящая на поверхность на Терском берегу Кольского полуострова, и Чапома-Лешуконская, секущая южную часть пролива Горло и выходящая на поверхность в виде Чапомского грабена на юго-восточном побережье Кольского полуострова. Все рифтогенные впадины выполнены синрифтовым комплексом терригенных и вулканогенно-осадочных образований среднего-позднего рифея, местами обнажающихся по краю щита (Терский берег, п-ов Средний, о. Кильдин). Глубина погружения фундамента в некоторых рифтогенных впадинах (Кандалакшская, Панойская) достигает 8–9 км. Рифейские образования перекрыты либо венд-палеозойским платформенным чехлом (Мезенская синеклиза), либо водами современных бассейнов Белого и Баренцева морей. Таким образом, в фундаменте Беломорского бассейна выделяется система субпараллельных рифтогенных желобов северо-западного простирания, погружающихся от Балтийского щита на юго-восток под платформенный чехол Мезенской синеклизы. А самая северная часть бассейна Белого моря – Воронка Белого моря – перекрывает своими водами зону сочленения Восточно-Европейской платформы (ВЕП) с Западно-Арктической платформой. С другой стороны, Белое море расположено в пограничной области между выходящим на дневную поверхность фундаментом платформы, т.е. щитом, и плитной частью платформы, покрытой чехлом.

Проявления внутриплитного магматизма в пределах северо-восточного сегмента Восточно-Европейской платформы связаны в пространстве и во времени преимущественно с различными рифтогенными структурами на разных этапах эволюции палеорифтовой системы Белого моря (РСБМ). Здесь проявились 2 основных этапа магматизма: рифей-вендский и среднепалеозойский. Первый из них известен в Онежско-Кандалакшском палеорифте, где бурением была вскрыта толща вулканогенно-обломочных пород, вмещающая силлы и дайки диабазов и долеритов с возрастом 667 ± 31 млн. лет (Sm-Nd). В юго-западном борту Онежского грабена обнаружены дайкообразные тела флюидизатов эксплозивного облика среднерифейского возраста 1,10–1,12 млрд лет ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$), что соответствует времени формирования рифтовой структуры [Балуев и др., 2012].

Среднепалеозойская активизация палеорифтовых структур северного сегмента ВЕП проявилась преимущественно во внутриплитном магматизме, представленном роями щелочных даек и трубков взрыва, в том числе и кимберлитового состава, а также сложными

кольцевыми массивами щелочно-ультраосновной и щелочной формаций, располагающимися в зонах динамического влияния рифтов Беломорской системы. В пределах ареала проявлений среднепалеозойского щелочного магматизма по составу и характеру проявлений намечается определенная концентрическая зональность.

Постдевонская история северной части ВЕП характеризуется достаточно спокойным плитным режимом без каких-либо проявлений деструкционных тектонических событий и внутриплитного магматизма. Однако, несмотря на кажущуюся в настоящее время стабильность территории северо-восточного сегмента ВЕП, здесь наблюдаются неотектонические и современные процессы, сформировавшие ныне существующий морфоструктурный облик ландшафта. В первую очередь это касается конфигурации бассейна Белого моря и северной границы Балтийского щита с акваторией Баренцева моря.

Формирование современного бассейна Белого моря имело структурно-тектоническую предопределенность. Тектоническая впадина современного Кандалакшского залива Белого моря наследует и возрождает рифейский грабен, о чем свидетельствуют активные опускания в Онежско-Кандалакшском палеорифте в новейшее время, сопровождаемые возрождением большинства разломов и проявлением вдоль них многочисленных очагов землетрясений. Два молодых (современных) грабена: Кандалакшский, наследующий древнюю рифейскую впадину, и Колвицкий разделены островной грядой архипелага Средние Луды, являющейся межвпадинной перемычкой, которая представляет собой зону аккомодации современных тектонических напряжений. Значительную роль в современном структурообразовании играют здесь и сдвиговые деформации, проявляясь вдоль рифтогенных структур, что характерно практически для всех рифтовых зон. Однако, в данном случае процессы формирования современных грабенов в Белом море не стоит относить к зрелому континентальному рифтингу, т.к. они образуются в верхних горизонтах фундамента, не нарушая всю толщу земной коры.

Исходя из геологического строения северо-восточного сегмента ВЕП и существующих на сегодняшний день палеогеодинамических реконструкций можно выделить следующие основные этапы тектонической эволюции консолидированной коры Беломорского региона:

Средний рифей — это время мощного проявления континентального рифтогенеза, связанного с распадом суперконтинента Палеопангеи и формированием тиманской пассивной окраины Балтики; заложение РСБМ в режиме трансенсии с формированием периконтинентального осадочного бассейна пассивной окра-

ины палеоконтинента Балтика. Согласно палеогеодинамическим реконструкциям [Piper, 2000; Sawood et al., 2010], континентальная плита Балтика, начала откалываться от Палеопангеи примерно 1240–1265 млн лет назад. Раскрытие происходило в процессе асимметричного рифтинга, т.е. последовательного продвижения (пропагации) рифта от края вглубь континента при относительном вращении континентальных плит в противоположные стороны: Лаврентии по часовой стрелке, а Балтики против часовой стрелки. В результате на краю Балтики в условиях горизонтального растяжения коры начал формироваться периконтинентальный осадочный бассейн пассивной окраины, представлявший собой систему субпараллельных рифтовых зон, вытянутых вдоль края плиты и слегка раскрывавшихся веером в сторону расхождения плит. Согласно палеомагнитным реконструкциям [Piper, 2000; Sawood et al., 2010], в период с 1240 по 1000 млн. лет назад отколовшаяся континентальная плита Балтика дрейфовала к югу от палеоэкватора, разворачиваясь при этом по часовой стрелке примерно на 160° так, что ее присоединение к позднерифейскому суперконтиненту Родинии в конце этого периода произошло уже другой стороной, т.е. со стороны Скандинавской окраины.

В познерифейское время — после гренвильской орогении и вхождения Балтики в состав суперконтинента Родинии (1,0 млрд. лет) со стороны скандинавской окраины, в связи с высоким стоянием поверхности континентальной плиты отмечается перерыв в осадконакоплении в рифтовом бассейне на 150–300 (?) млн. лет.

Конец позднего рифея — Тиманская пассивная окраина и вместе с ней рифтовая система Белого моря испытывает растяжение и морскую трансгрессию, связанные, вероятно с распадом Родинии. Формируется палеоплатформенный чехол (сафоновская и усть-пинезская серии) северо-восточного сегмента континента Балтика, перекрывающий рифтовую систему Белого моря. Краевой бассейн оставался открытым в сторону океана и получил новый импульс для эволюции, благодаря которому рифтовые впадины продолжали углубляться, и в них откладывались терригенные отложения верхнего рифея, которые местами «выплескивались» на борта рифтов. На рубеже рифея и венда в Онежско-Кандалакшском рифте проявляется основной (толеитовый) магматизм.

Ранний венд, век Варангер-Айс (650–635 млн лет) последовало воздымание территории, сопровождаемое размывом рифейских отложений и грандиозным лапландским покровно-континентальным оледенением в течение 10 млн. лет, объясняемое высоким стояни-

ем материка в южных полярных широтах [Hoffman, Schrag, 1999]. В конце раннего венда — сход ледяного покрова.

Поздний венд — на площади ледяного покрова возникает эпиконтинентальный морской бассейн, в пределах которого в течение позднего венда и, возможно, начала кембрия формируется синеклизный осадочный комплекс, плащеобразно перекрывающий синрифтовые рифейские образования РСБМ и фундамент платформы в пределах зарождающейся Мезенской синеклизы. В это же время, по-видимому, происходило сближение новоземельской активной окраины палеоконтинента Арктиды с тиманской пассивной окраиной Балтики. Однако, время столкновения этих палеоконтинентов и коллизионных событий на тиманской окраине Балтики, т.е. время формирования тиманид, а соответственно и зоны сочленения двух платформ, вызывает непрекращающиеся до сих пор дискуссии. В связи с этими разногласиями определение точного времени образования структурного шва Тролльфиорд-Рыбачий-Канин и, соответственно, тиманид пока не представляется возможным, можно лишь предполагать, что они возникли в интервале времени 620–540 млн лет назад (венд-средний кембрий) [Балуев и др., 2016].

В течение периода с 625 до 580 млн. лет Балтика с Арктидой (Аркт-Европа, по Н.Б.Кузнецову) и Лаврентия двигались уже раздельно, в результате чего произошло раскрытие океана Япетус, но оба континента оставались в высоких южных широтах в продолжении большей части венда [Cocks, Torsvik, 2006].

Кембрий-среднедевонский этап — в течение последующих 150–160 млн лет территория северо-восточного сегмента Восточно-Европейской кратона являлась областью денудации вплоть до среднего девона, когда вследствие изменения эвстатического уровня мирового океана во внутренние части платформы начали проникать мелководные шельфовые моря и начал накапливаться плитный чехол.

Среднепалеозойский — реактивация палеорифтовой системы Белого моря, когда широкое развитие получил щелочной магматизм как постумная реакция на формирование норвежских каледонид при закрытии палеоокеана Япетус. Активизация процессов рифтогенеза на северной окраине ВЕП выразилась в обновлении разрывных дислокаций и интенсивном проявлении внутриплитного магматизма в различных его формах, который представлен роями даек и трубок взрыва щелочных пород, в том числе и кимберлитового состава, а также сложными кольцевыми массивами щелочно-ультраосновной и щелочной формаций, располагающимися в зонах динамического влияния рифтов Беломорской системы.

Среднепалеозойский-мезозойский этап в северо-восточном сегменте ВЕП характеризуется преобладанием плитного режима с формированием континентально-морских комплексов пород платформенного чехла среднедевонского-мелового возраста.

Позднекайнозойский, когда образовался современный бассейн Белого моря и проявляется современная тектоническая активность рифтогенных структур с заложением современных грабенов, сопровождаемая сейсмичностью, по периферии Балтийского щита на фоне его общего воздымания. По мнению многих исследователей современный этап структурной эволюции северного сегмента ВЕП определяется влиянием на Балтийский щит Северо-Атлантической зоны спрединга и зоны сочленения континент-шельф-море, где возникают высокие тектонические напряжения, а также современные вертикальные тектонические движения щита, одной из составляющих которых является и гляциоизостатический эффект.

Исследование выполнено в рамках Госзадания ГИН РАН №0135-2016-0012 при финансовой поддержке Программы Президиума РАН №19 проект 0135-2018-0040.

Литература

- [1] *Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С.* Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» м-ба 1:1 500 000). Отв. ред. М.Г. Леонов (Труды ГИНа, вып. 597). — М.: ГЕОС, 2012. — 104 с.
- [2] *Балуев А.С., Морозов Ю.А., Терехов Е.Н. и др.* Тектоника области сочленения Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы // Геотектоника, 2016. №5. — С. 3–35.
- [3] *Cawood P.A., Strachan R., Cutts K., Kinny P.D., Hand M., Pisarevsky S.* Neoproterozoic orogeny along the margin of Rodinia: Valhalla orogen, North Atlantic // *Geology*, February 2010; v. 38. No. 2. — P. 99–102.
- [4] *Cocks, L.R.M., Torsvik T.H.* European geography in a global context from the Vendian to the end of the Palaeozoic // *Gee, D.G., Stephenson, R.A. (eds). 2006. European Lithosphere Dynamics. Geological Society, London, Memoirs, 32.* — P. 83–95.
- [5] *Hoffman P., Schrag D.* The Snowball // *Earth. New Scientist.* 1999. V. 117. — P. 1–5.
- [6] *Piper J.D.A.* The Neoproterozoic supercontinent. Rodinia or Palaeopangaea? // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2000. V. 176. — P. 131–146.