

УДК 551.24.01

Н.А. Божко¹**К ВОПРОСУ О КОЛИЧЕСТВЕ СУПЕРКОНТИНЕНТОВ ПРОТЕРОЗОЯ**

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1
Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1*

В свете современных данных рассмотрена обоснованность существования в протерозое двух суперконтинентов, ранее выделенных автором. Анализ этих данных, особенно результаты опубликованных палеомагнитных исследований, свидетельствует в пользу такого выделения. При этом не нарушается, но дополняется существующая «общепринятая» последовательность суперконтинентов в истории Земли.

Ключевые слова: суперконтинент, суперконтинентальная цикличность, Ятулия, Готия, орогенный пояс, палеомагнитная реконструкция, протоплатформа, внутриплитный магматизм.

In the light of modern data, the validity of the existence of two supercontinents in the Proterozoic, previously identified by the author, is considered. The analysis of these data, in particular the results of published paleomagnetic studies, suggests in favor of such identification. At the same time, the existing “generally accepted” sequence of supercontinents in the history of the Earth is not violated, but supplemented.

Key words: supercontinent, supercontinental cyclicity, Yatulia, Gothiya, orogenic belt, paleomagnetic reconstruction, protoplatform, intraplate magmatism.

Введение. В настоящее время в геотектонике признается, что история геологического развития Земли, по крайней мере за последние 3 млрд лет, определяется сборкой и разборкой суперконтинентов и что Пангея лишь самый молодой из них. Существует мнение, которое разделяет автор статьи, что это признание — наиболее важное событие в науках о Земле после появления тектоники литосферных плит. Во всяком случае, есть основания считать свершившимся фактом обособление суперконтинентальной тектоники в виде самостоятельного научного направления, содержание которого составляют события 1-го порядка в глобальной геодинамике, влияющие на многие стороны эволюции Земли. Кроме того, установлена временная связь между формированием многих типов полезных ископаемых и сборкой или распадом суперконтинентов [Ткачев, Рундквист, 2016]. Проблемы суперконтинентальной тектоники широко обсуждаются в научных публикациях.

В статье рассмотрен важный вопрос этой проблематики — число суперконтинентов в истории Земли. В настоящее время существует некоторый научный консенсус относительно пяти «общепринятых» древних суперконтинентов: Кенорленд (~2700 млн лет), Колумбия (~1800 млн лет), Родиния (~1110 млн лет), Паннотия (~600 млн лет) и Пангея (~230 млн лет). Их существование, на взгляд автора, не противоречит имеющемуся на сегодняшний день мировому фактическому материалу. Вместе с тем на основании выявленной автором цикличности с периодом 400 млн

лет выделены еще два суперконтинента: между Кенорлендом и Колумбией (2320–2170 млн лет) и между Колумбией и Родинией (1520–1370 млн л. н.), которые были названы Ятулия и Готия соответственно [Божко, 2001, 2007, 2009]. В статье сделана попытка ответить на вопрос: насколько выделение этих суперконтинентов, состоявшееся 20 лет назад, соответствует современным данным.

Приступая к дальнейшему изложению, необходимо очень кратко остановиться на некоторых терминах суперконтинентальной тектоники, употребляемых в тексте во избежание существующих разночтений в их понимании. Прежде всего это касается самого понятия «суперконтинент». Некоторые исследователи под этим термином подразумевают любой большой древний континент. Представляется, что здесь надо исходить из первоначального понятия, соответствующего вегенеровской Пангее. В этом случае под суперконтинентом следует понимать единый континент, объединявший в конкретную геологическую эпоху все ранее автономные континенты и континентальные блоки или их подавляющее большинство. Крупные континентальные массы типа Гондваны можно именовать мегаконтинентами. Согласно этому понятию, суперконтинентальный цикл представляет собой закономерный кругооборот процессов в литосфере, сначала приводящих к объединению всех существовавших на Земле разобщенных континентальных масс в единый суперконтинент, а на заключительной стадии — к его фрагментации и распаду. Суперконтинентальная

¹ Московский государственный университет, геологический факультет, кафедра динамической геологии, профессор, докт. геол.-минер. н., профессор; e-mail: bozhko@yandex.ru

Суперконтинентальный цикл 400 млн лет

Стадия	Фаза	Млн лет	
II МЕЖСУПЕРКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ (КОНТИНЕНТЫ И МОЛОДЫЕ ОКЕАНЫ)	КОНВЕРГЕНЦИЯ (сборка суперконтинента) Отношение спрединга к субдукции минимальное. Формирование зон субдукции и коллизии. Увеличение мощности континентальной коры при коллизиях приводит к понижению уровня моря и повышению степени эрозии. Палеогеодинамические индикаторы: коллизионные пояса, отмеченные орогенными соответствующего возраста, развитие офиолитов, флиша, моллас, островодужных комплексов, кислого коллизионного магматизма. Проявление магматизма мантийных плюмов за счет действия слэбов, погружающихся под верхнюю мантию	165	250
	ФРАГМЕНТАЦИЯ (распад суперконтинента) Отношение спрединга к субдукции максимальное, глобальное потепление, максимально высокий уровень моря, уменьшение площади суши на континентах за счет трансгрессий формирование пассивных окраин. Палеогеодинамические индикаторы: комплексы пассивных окраин с накоплением большого количества морских осадков, кремнистых пород, черных сланцев, джеспилитов, известняков	85	
I СУПЕРКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ (ЕДИННЫЙ СЛИТНЫЙ СУПЕРКОНТИНЕНТ)	ДЕСТРУКЦИЯ (континентальный рифтогенез) Континентальный рифтогенез на фоне активности мантийных плюмов. Палеогеодинамические индикаторы: комплексы выполнения континентальных палеорифтов, траппы, дайковые комплексы	60	150
	ИНТЕГРАЦИЯ (слияние собранных континентов и присоединение единичных фрагментов) Резко выраженная континентальность, общее топографическое поднятие, высокое стояние эродированной суши, низкий уровень моря, регрессии, формирование изометричных впадин и проявления анорогенного магматизма. Общая длина срединно-океанических хребтов и отношения спрединга к субдукции минимальны. Охлаждение климата и развитие покровных оледенений. Палеогеодинамические индикаторы: региональные несогласия в основании мелководных эпиконтинентальных осадочных платформенных чехлов, ледниковые комплексы, коры выветривания, континентальный и субаэральный анорогенный магматизм	90	

цикличность — непрерывная последовательность суперконтинентальных циклов.

Число суперконтинентов в истории Земли в значительной степени зависит от оценки продолжительности суперконтинентального цикла и его стадий. Автором разработана модель суперконтинентальной цикличности с периодом в 400—395 млн лет [Божко, 2001, 2007, 2009]. В структуре цикла присутствуют две стадии (таблица). Первая стадия — собственно континентальная отвечает глобальной обстановке «один континент—один океан» и включает фазы интеграции (90 млн лет) и деструкции (рифтогенеза) (65 млн лет). Вторая стадия отвечает обстановке «несколько континентов — несколько океанов» и также состоит из двух фаз — распада в 85 млн л. н., когда образовались молодые океаны, и сборки в 165 млн л. н., в которой преобладали процессы субдукции и коллизии. Каждая фаза цикла характеризуется своими индикаторными геодинамическими комплексами пород и может быть проверена фактическим материалом.

Суперконтинент Ятулия. Обоснование существования любого суперконтинента в числе других доводов должно содержать рассмотрение коллизионных орогенических процессов, непосредственно приведших к объединению, разобренных до этого континентальных фрагментов.

Анализ событий, произошедших после распада позднearerхейского суперконтинента Кенорленд, соответствующего ранее выделенной Пангее-0 [Хаин, Божко, 1988], показывает, что приблизительно через 150—200 млн лет после распада началось формирование нового суперконтинента, что выразилось в коллизионных орогенных на площади современных материков. в основном южного ряда. Под названием Ятулия (~2320—2170 млн л. н.) он был выделен нами так как еще в 1960-х гг. П. Эскола выделял Ятулийский континент.

Коллизионные процессы в комплексах австралийского кратона Голер выразились в слифордской орогении 2,48—2,42 млрд л. н. [Kositsin, 2010; Swain et al., 2009]. На основании последних геохронологических данных в Антарктиде выделяется главная фаза тектогенеза в интервале 2450—2350 млн лет [Михальский, 2007].

В Индии слияние кратонов Бунделкханд и Бастар- Дарвар произошло вдоль пояса Саусар Центральной индийской тектонической зоны около 2,5 млрд л. н. (2490— 2446 млн лет) [Stern et al., 2004].

В Африке, в северо-западной части Угандийского кратона, архейские гранулиты испытали ультрабарический гранулитовый метаморфизм на уровне 2400 млн л. н. [Begg et al., 2009].

В Южной Бразилии намечается орогеническое событие в интервале 2490–2366 млн л.н. между возрастом протолита гранулитовых гнейсов и возрастом, прорывающих гранитогнейсов [Hartmann et al., 2008].

В Северном Китае отмечено проявление Вутайшанской орогения между террейнами Хеншань и Фупинг в интервале 2,5–2,45 млрд лет [Wang et al., 1996]. Приблизительно к этому же времени (2,544–2,394 млн лет) относится формирование континентальной коры в Тариме [Ma et al., 2012], а также Восточного и Западного блоков на севере Китая (2,5–2,4 млрд лет) и создание Северо-Китайского кратона.

Важное значение для рассмотрения рассматриваемой проблемы имеет исследование С.Д. Перссон с соавторами [Perhsson et al., 2013], в котором на основании анализа современных данных о провинции Черчилл Канадского щита, в частности кратона Рей, выделяются корообразующие орогенические события в интервале 2,55–2,50 млрд л.н. (орогения Макккоид) и 2,50–2,28 млрд л.н. (орогения Эрроусмит). При этом авторы обнаружили около «двух дюжин» регионов в мире, в которых отмечены синхронные этим орогенические события, включая Австралию, Антарктиду, Западную Африку, Северный Китай. Эти кратонные блоки сформировали палеопротерозойский суперкратон Нунавутиа (Nunavutia) в интервале 2,55–2,45 млрд л.н., который, по мнению автора статьи, можно рассматривать как фрагмент Ятулии.

Тектонические процессы этого времени в Евразии проявлялись преимущественно в виде внутриплитных тектоно-термальных процессов. Это относится и к территории Балтийского щита, где выявлено отсутствие корообразующих процессов, синхронных означенным выше, и проявления плюмового магматизма.

По мнению М. Берли с соавторами [Barley et al., 2005], конвергентные процессы привели к созданию нового суперконтинента приблизительно 2,4 млрд л.н. Следует отметить, что при этом указанные авторы рассматривают Кенорленд как крупный континент, но не суперконтинент. Высоко оценивая вывод о новом суперконтиненте, автору представляется вместе с тем, что в настоящее время собраны и опубликованы убедительные данные в пользу существования позднеархейского суперконтинента на уровне 2,7 млрд л.н.

Существование рассматриваемого новообразованного суперконтинента отражено в накоплении протоплатформенных чехлов типа одноименной системы Ятулий (2300–2100 млн л.н.), Удокана, Претории (2350–2050 млн л.н.) и др.; палеорифтов Улканского, Билякчанского (2,2–1,75 млрд л.н.), Дербинского (2,2–1,9 млрд л.н.), Печенга-Имандра-Варзуга (2,3–1,9 млрд л.н.), Килогигкок-Атапускоу и др.; в проявлении платформенного магматизма (основные интрузии Финляндии и

Карелии — 2,22 млрд л.н.), дайковые комплексы Нипписинг (2200–3150 млн л.н.) и другие.

Существование Ятулии совпадает с необратимым окислением и другими изменениями в атмосфере, произошедшими 2,4–2,3 млрд л.н. [Barley et al., 2005] и соответствует обширной ледниковой эпохе на уровне 2,3–2,4 млрд л.н. и последующей длительной паузе в тектонической орогенической активности.

Приведенные данные в целом свидетельствуют о существовании суперконтинента между Кенорлендом и Колумбией в интервале приблизительно 2,45–2,3 млрд л.н. и не противоречат выделенной Ятулии (2320–2170 млн л.н.), хотя, возможно, такие возрастные рамки указывают на заключительный период существования этого суперконтинента. Вместе с тем для уточнения его возраста необходимы дальнейшие, в том числе палеомагнитные, исследования.

Суперконтинент Готия. Основанием для выделения суперконтинента в интервале 1520–1370 млн л.н., названного Готией [Божко, 2007, 2009], послужил анализ коллизионных событий, предшествующих этому рубежу, в раскрывшихся после распада Колумбии океанических бассейнах, значительное их число было сосредоточено в южной полусфере Земли.

В Восточной Австралии в интервале 1,6–1,5 млрд л.н. отмечена аккреция микроконтинентов посредством частных коллизий, выраженная в орогениях Айзанской (1,58–1,54 млрд л.н., пояс Маунт Айза), Оларианской (1,6–1,5 млрд л.н. блок Уильяма), Караранской (1,56–1,54 млрд л.н., блок Голер), Лебигской (1,64 млрд л.н., южный край блока Аранта, 1,55 млрд л.н., блок Джорджтаун) [Betts Giles, 2001; Betts et al., 2002].

Коллаж континентальных блоков Восточной Антарктиды сформировался в интервале 1,7–1,5 млрд лет [Menot et al., 1999].

Около 1600 млн л.н., по данным некоторых исследователей, произошло слияние Бунделкхандского, Дарварского и Трансараваллийского блоков Индостана. Эти события лет отражены в Сатпурском и Восточно-Гатском поясах (1600–1500 млн л.н.). Новообразованный Индийский субконтинент был причленен к Австралии и Антарктиде, таким образом сформировалась Восточная Гондвана [Sankaran, 1999]. Д. Мирт с соавторами считают, что объединение древних кратонов Индостана могло иметь место ~ 2500 (или ~1600) млн л.н. [Meert et al., 2015]. На взгляд автора статьи, нет противоречия между этими представлениями и приведенными выше данными о слиянии архейских кратонов Индии на уровне ~2500 млн лет, учитывая полициклическую тектоническую природу Сатпурской зоны.

Эволюция комплекса Ипембе на северо-западе Намибии (1640–1450 млн л.н.), включала седиментацию, коллизию, гранулитовый мета-

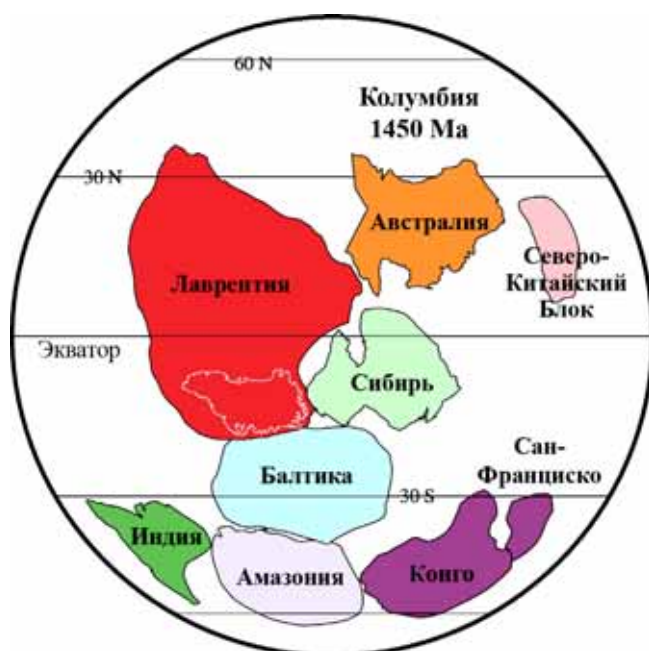


Рис. 1. Палеомагнитная реконструкция суперконтинента Колумбия на 1,45 млрд лет назад по [Meert, Santosh, 2017]

морфизм (1520–1510 млн л.н.) и эксгумацию (1450 млн л.н.). Этот орогенез сопоставляется с Пинверинским (1500–1450 млн л.н.) орогенезом Гренвильского пояса, орогений Негро-Журуена на западе Амазонского кратона (1555 млн л.н.) и Готским орогенезом Швеции [Seth et al., 2003].

В юго-западной Балтике установлена последовательность в интервале 1,7–1,55 млн л.н. (готская орогения), включающая аккрецию островных дуг на фоне обращенной к западу субдукции [Connelly, 2001]. Формирование готской коры Скандинавии происходило в течение трех последовательных фаз субдукции: 1,73; 1,66–1,61 и 1,59–1,56 млрд л.н. [Mansfeld et al., 1999]. Проявление орогении отмечено при формировании Западного ортогнейсового комплекса Норвегии в интервале 1640–1622 млн л.н. в обстановке активной континентальной окраины и коллизии [Skar, 2000]. Эти процессы находят свое продолжение в северо-восточной Лаврентии в виде Пинверинского орогенеза (1500–1450 млн л.н.) Гренвильского пояса. Все эти события, возможно, и привели к объединению почти всех континентальных фрагментов в новый суперконтинент к рубежу около 1500 млн л.н.

При рассмотрении этого вопроса следует особо подчеркнуть значение результатов палеомагнитных исследований. Д. Мирт впервые высказал мысль о существовании дородинийского суперконтинента Колумбия на уровне 1,5 млрд л.н., считая возможным его ядром континент с возрастом 1,77 млрд лет [Meert, 2002]. В последующих своих работах он последовательно проводит эту идею, при этом диапазон возраста суперконтинента расширяется в рамках 1450–1500 млн л.н. и приводится его реконструкция на 1450 млн л.н. [Meert, Santosh, 2017] (рис. 1).

Л. Песонен с соавторами [Pesonen et al., 2012] на основании палеомагнитных исследований в числе других интересных результатов представили палеомагнитную реконструкцию слитного суперконтинента на уровне 1,53 млрд л.н., которую эти авторы связывают с окончательной сборкой Колумбии.

Придавая исключительно большое значение вышеуказанным палеомагнитным исследованиям, автор считает вместе с тем неуместным употребление в данном случае термина «Колумбия», учитывая то обстоятельство, что в настоящее время под суперконтинентом с таким названием широко принято подразумевать суперконтинент с возрастом около 1,8 млрд лет [Zhao et al., 2002, 2004], для чего существуют достаточные основания. Использование этого термина для суперконтинента с возрастом около 1,5 млн лет может привести к путанице. Ему лучше дать другое название, несмотря на то, что основатели суперконтинента под названием Колумбия [Rogers, Santosh, 2002] представляли, что он формировался в интервале 1,9–1,5 млрд л.н. с максимальной сборкой на уровне 1,5 млрд л.н. В схеме цикличности автора суперконтинент Готия [1520–1370 млн л.н.] вписывается в общепринятую последовательность суперконтинентов, не затрагивая Колумбию, образованную в результате орогенических событий 2,1–1,8 млрд л.н. (рис. 2). Как и в случае с Ятулией, отмеченные расхождения относятся лишь к терминологической интерпретации очень важных результатов исследований. С учетом приведенных выше геологических данных рассматриваемые палеомагнитные результаты представляют собой убедительное доказательство существования «промежуточного» суперконтинента между Колумбией и Родинией.

Время существования суперконтинента, названного автором Готия, в основном отвечает раннему рифею отечественной шкалы и характеризуется преобладанием поднятий. Протоплатформенные чехлы Готии имели ограниченное распространение. В Евразии они представлены карбонатно-терригенными олигомиктовыми толщами, генетически тесно связанными с корами выветривания и формировавшимися в плоских изолированных впадинах, наложенных на древние образования. Более значительное осадконакопление имело место в это время в Индостане, Австралии, Южной Америке где формировались мощные платформенные чехлы во впадинах Куддапа, Годавари, Мак Артур, Виктория Ривер, Рорайма. В Амазонском кратоне Южной Америки происходило накопление субаэральных вулканитов и осадочных чехлов. Эта эпоха примечательна широким проявлением анорогенного магматизма в интервале 1,4–1,5 млрд л.н. в виде субаэральных вулканитов, анортозитов, гранитов-рапакиви на юго-западе Северной Америки, западе провинции

Нейн, в центральной части Скалистых гор, на Балтийском щите, в Амазонском кратоне, Эглабе и других районах.

Выводы. 1. Имеющиеся в настоящее время геолого-геохронологические и палеомагнитные данные свидетельствуют в пользу существования в протерозое суперконтинентов Ятулия и Готия, занимающих промежуточное положение между общепринятыми суперконтинентами Кенорленд и Колумбия и Колумбия — Родиния соответственно.

2. Выделенные суперконтиненты не нарушают, но дополняют существующую последовательность суперконтинентов в их возрастных рамках.

3. Для уточнения продолжительности существования выделенных суперконтинентов, выяснения особенностей их эволюции, создания палеореконструкций необходимы дальнейшие геологические и палеомагнитные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Божко Н.А. Суперконтинентальные циклы, эпизоды роста коры и глобальные геодинамические инверсии в эволюции биполярной Земли // Суперконтиненты в геологическом развитии докембрия: Мат-лы совещ. Иркутск, 2001. С. 33–36.

Божко Н.А. Суперконтинентальная цикличность в истории Земли // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 2. С. 13–27.

Божко Н.А. Суперконтиненты в истории Земли: Мат-лы XL тектонического совещания «Фундаментальные проблемы тектоники». М.: ГЕОС, 2007. С. 91–96.

Михальский Е.В. Геология и эволюция земной коры восточной Антарктиды в протерозое—раннем палеозое: Автореф. докт. дисс. М., 2007. 43 с.

Ткачев А.В., Рундквист Д.В. Глобальные тенденции в эволюции металлогенических процессов как отражение суперконтинентальной цикличности // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58, № 4. С. 295–318.

Хаин В.Е., Божко Н.А. Историческая геотектоника. Докембрий. М.: Недра, 1988. 382 с.

Barley M.E., Bekker A., Krapez B. Late Archean to Early Paleoproterozoic global tectonics, environmental change and the rise of atmospheric oxygen // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. Vol. 238. P. 156–171.

Begg G.C., Griffin W.L., Natapov L.M. et al. The lithospheric architecture of Africa: Seismic tomography, mantle petrology and tectonic evolution // Geosphere. 2009. Vol. 5. P. 23–50.

Betts P.G., Giles D., Lister G.S., Frick L.R. Evolution of Australian Lithosphere // Australian J. Earth. Sci. 2002. Vol. 49, N 4. P. 661–695.

Betts P.G., Giles D. 1.6–1.5 Ga orogenies of Eastern Australia // Geol. Soc. Australia. Abstr. 2001. Vol. 64. P. 7–8.

Hartmann L.A., Liu D., Wang et al. Protolith age of Santa Maria Chico granulites dated on zircons from an associated amphibolite-facies granodiorite in southernmost Brazil // Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2008. Vol. 8, N 3. P. 543–551.

Kositcin N. Geodynamic synthesis of the Gawler Craton and Curnamona Province // Geoscience. Australia. Record. 2010. Vol. 27. 113 p.

Млн лет	Фазы СЦ	Суперконтиненты
85	Конвергенция	Пангея
170	Фрагментация	
230	Деструкция	
320	Интеграция	
485	Конвергенция	Паннотия
570	Фрагментация	
630	Деструкция	
720	Интеграция	
885	Конвергенция	Родиния
970	Фрагментация	
1030	Деструкция	
1120	Интеграция	
1285	Конвергенция	Готия
1370	Фрагментация	
1430	Деструкция	
1520	Интеграция	
1685	Конвергенция	Колумбия
1770	Фрагментация	
1830	Деструкция	
1920	Интеграция	
2085	Конвергенция	Ятулия
2170	Фрагментация	
2230	Деструкция	
2320	Интеграция	
2485	Конвергенция	Кенорленд(ия)
2570	Фрагментация	
2610	Деструкция	
2720	Интеграция	

Рис. 2. Суперконтинентальная цикличность и суперконтиненты в истории Земли

Ma X., Shu L., Santosh M., Lid J. Detrital zircon U–Pb geochronology and Hf isotope data from Central Tianshan suggesting a link with the Tarim Block: Implications on Proterozoic supercontinent history // Precambrian Res. 2012. Vol. 206–207. P. 1–16.

Mansfeld J., Andersen T. Formation of New Crust in Scandinavia Between 1.75 and 1.55 Ga as Evident from the Gothian Units of the Østfold-Akershus Sector, SE Norway // J. Conference Abstr. EUG 10 (28 March — 1 April). 1999. Vol. 4, N 1.

Meert J.G. Paleomagnetic evidence for a Paleo-Mesoproterozoic supercontinent Columbia // Gondwana Res. 2002. Vol. 5. P. 207–215.

Meert J.G., Pandit M.K. The Archean and Proterozoic history of Peninsular India: tectonic framework for Precambrian sedimentary basins in India // Precambrian Basins of India: Stratigraphic and Tectonic Context. Geological Society. London, 2015. Mem. 43. P. 29–54.

Meert, J.G., Santosh, M.. The Columbia supercontinent revisited // Gondwana Res. 2017. Vol. 50. P. 67–83.

Menot R.-P., Peucat J.-J., Pelletier A., Fanning M. New constraints on the Archean-Proterozoic evolution of the Terre Adelie-George v land, East Antarctica // J. Conference. Abstr. Vol. 4, N 1. P. 122. EUG10, 28 March-1 April 1999, Strasbourg, France.

Pehrsson S.J., Berman R.G., Eglinton B., Rainbird R. Two Neoproterozoic supercontinents revisited: The case for a Rae family of cratons // Precamb. Res. 2013. Vol. 232. P. 27–43.

Pesonen L.J., Mertanen S., Veikkolainen T. Paleo-Mesoproterozoic Supercontinents — A Paleomagnetic View // Geophysic. 2012. Vol. 48, N 1–2. P. 5–47.

Rogers J.J.W., Santosh M. Configuration of Columbia, Mesoproterozoic supercontinent // Gondwana Res. 2002. Vol. 2. P. 5–22.

Rogers J.J.W., Santosh M. Continents and Supercontinents. Oxford: Oxford University Press, 2004. 289 p.

Sankaran A.V. New explanation of the geological evolution of the Indian subcontinent // Current Sci. 1999. Vol. 77, N 3. P. 331–333.

Seth B., Armstrong R.A., Brandt S. et al. Mesoproterozoic U–Pb and Pb–Pb ages of granulites in NW Namibia: reconstructing a complete orogenic cycle // Precamb. Res. 2003. Vol. 126. P. 147–168.

Skar O. Field relations and geochemical evolution of the Gothian rocks in the Kvamsay area, southern Western Gneiss Complex, Norway // Norg. Geol. Undersokelse. 2000. Bull. 437.

Stein H.J., Hannah J.L., Zimmerman A. et al. A 2.5 Ga porphyry Cu–Mo–Au deposit at Malanjkhand, central India: implications for Late Archean continental assembly // Precamb. Res. 2004. Vol. 134. P. 189–226.

Swain G., Woodhouse A., Hand M. et al. Provenance and tectonic development of the late Archean Gawler Craton, Australia; U–Pb zircon, geochemical and Sm–Nd isotopic implications // Precamb. Res. 2005. Vol. 141, N 3. P. 106–136.

Wang K., Li J., Hao J. et al. The Wutaishan orogenic belt within the Shanxi Province, northern China: a record of late Archean collision tectonics // Precamb. Res. 1946. Vol. 78. P. 95–103.

Zhao G., Cawood P.A., Wilde S.A., Sun M. Review of global 2.1–1.8 Ga orogens: implications for a pre-Rodinia supercontinent // Earth. Sci. Rev. 2002. Vol. 59. P. 125–162.

Zhao G., Sun M., Wilde S.A., Li S. A Paleo-Mesoproterozoic supercontinent: assembly, growth and breakup // Earth. Sci. Rev. 2004. Vol. 67. P. 91–123.

Поступила в редакцию 22.03.2021

Поступила с доработки 22.03.2021

Принята к публикации 05.04.2021