

В.Е. Хаин

ОБ ИСТОКАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КРУПНОМАСШТАБНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ И ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ И ИХ РОЛИ В ТЕКТОНИЧЕСКОЙ КАРТОГРАФИИ

Проблема крупномасштабной цикличности тектонических и эндогенных процессов в целом разрабатывается в геологической науке с конца XIX в. и соответствующие представления за это время претерпели неоднократные трансформации, особенно в период смены господства фиксистских взглядов мобилистскими. В последние два десятилетия особое внимание привлекли наиболее крупные циклы, выражающиеся в истории Земли сменой периодов распада таких суперконтинентов. Эти циклы Вилсона осложняются циклами второго порядка, выделенными впервые Бертраном, а последние - циклами третьего порядка, которые предложено именовать циклами Штилле. Излагается эволюция представлений об этих циклах и роль отдельных ученых в их становлении.

Представление о том, что основным мотивом тектонической и геодинамической эволюции нашей планеты является циклическое чередование процессов формирования и распада суперконтинентов заняло центральное место в исторической геодинамике в 80-90 годы прошлого столетия в результате прогресса изотопно-геохронологического датирования пород докембрия, и с тех пор не перестает быть предметом интенсивного изучения со стороны международного сообщества геологов, геофизиков и геохимиков. Однако истоки этих представлений и связанных с ними концепций о цикличности по крайней мере двух подчиненных порядков [Хаин, 2000] могут быть прослежены достаточно далеко в глубь истории нашей науки, что и является основным предметом настоящей статьи.

Первой основополагающей работой такого направления является публикация 1892 г. французского геолога Марселя Бертрана “О деформациях земной коры” [Bertrand, 1892]. Он первым подметил то обстоятельство, что в разновозрастных складчатых горных сооружениях Западной Европы и Северной Америки наблюдается сходная и закономерная последовательность осадочных толщ, которые затем стали именоваться формациями, а именно: аспидные сланцы-флиш-молассы. Это дало основание Бертрану выделить четыре генерации складчатых горных сооружений и, соответственно, четыре тектонических цикла: гуронский, каледонский, герцинский и альпийский. Гуронский цикл оказался выделенным не вполне удачно, из-за недостаточной изученности докембрия и в какой-то мере был заменен выделенным позднее Н.С. Шатским [1932] байкальским, а три остальные получили широкое признание. На их основе сначала Э. Отг, а затем Г. Штилле предприняли общее

тектоническое районирование Европы с расчленением ее в схеме Штилле на Прото-, Палео-, Мезо- и Неоевропу.

И хотя в дальнейшем распространение предложенной М. Бертраном тектонической периодизации фанерозоя на другие континенты подверглось критике и было дополнено, в частности, выделением киммерийского (индо-синийского) цикла, оно в общем сохранило свое значение доныне.

Второй основополагающей работой рассматриваемого направления следует считать работу Г. Штилле 1944 г. “Геотектоническое расчленение истории Земли” [Stille, 1944]. В этой работе мы находим, по существу, истоки представлений о тектонической цикличности всех трех высших рангов, включая циклы, выделенные ранее М. Бертраном, а также идею о существовании в истории Земли суперконтинентов. Такой суперконтинент, названный Мегагеей, Штилле выделил в качестве эпиальгомского, т.е. продукта “альгомской революции”, произошедшей, по его представлению, после карелия, т.е. на рубеже раннего и среднего протерозоя, по современным данным. Вместе с тем, он допускал, что первый такой суперконтинент мог появиться уже раньше, после “лаврентьевской революции”, т.е. после архея.

Распад суперконтинентов означал глобальную перестройку структурного плана земной коры, и ее Штилле назвал α -регенерацией. И проявление такой регенерации дало ему основание разделить всю историю Земли сначала на два, затем на три больших периода (мегахрона): протогей, заканчивающийся лаврентьевской революцией и включающий архей; дейтерогей заканчивающийся альгомской революцией и соответствующий раннему протерозою, и неогей, отвечающий среднему и позднему протерозою и фанерозою. В дальнейшем объем этих подразделений и их геохронологических и стратиграфических эквивалентов стремился уточнить Ч.Б. Борукаев [Борукаев и др., 1977; Борукаев, 1985], но не вполне удачно.

Формирование суперконтинентов Штилле называл α -консолидациями, а распад - α -регенерациями. Два первых его “больших периода” вполне соответствуют современным суперконтинентальным циклам, т.е. циклам Вилсона. Границы циклов Бертрانا именуются Штилле β -консолидациями и β -регенерациями, а γ -регенерации, имеющие, по его мнению и мнению Ч.Б. Борукаева, региональное значение, отвечают, очевидно, орогеническим фазам.

Для понимания соотношений циклов первого (α) и второго (β) порядков важное значение имело высказывание Н.С. Шатского в Объяснительной записке к Тектонической карте СССР [Шатский и др., 1957]. Он отметил, что из трех фанерозойских циклов Бертрانا основное значение имел герцинский и что по отношению к нему каледонский был как бы подготовительным, а альпийский - заключительным. Иначе говоря, эти циклы являются элементами более крупного цикла. Именно такой вывод, опираясь на взгляды Н.С. Шатского, сделал автор этих строк в 1958 г. [Хаин, 1958]. Используя, вместе с тем, накопившиеся к тому времени данные по докембрию, я высказал предположение о возможности выделения в докембрии еще 4-5 таких крупных циклов порядка неогей Штилле.

В работах ряда русских исследователей, опубликованных в 50-е-60-е годы прошлого века, особое внимание обращалось на значение рубежа, отвечающего карельскому диастрофизму на границе раннего и среднего протерозоя, т.е. “альгомской революции” Штилле. Дело в том, что с этим рубежом совмещалась нижняя граница рифейской группы осадочных отложений, столь широко распространенных на территории бывшего Советского Союза. Именно к этому рубежу завершилась кратонизация фундамента Сибирской и в основном Восточно-Европейской древних платформ. Поэтому его значение и подчеркивали в своих работах А.А. Богданов, В.В. Меннер и Н.А. Штрейс, Е.В. Павловский. А в работе 1950 г. А.В. Пейве и

В.М. Сеницын [1950] высказали мысль, что «в результате дорифейского развития была сформирована единая метаморфическая оболочка континентов (“панплатформа”)). Легко видеть, что эта “панплатформа” вполне соответствует штиллеву Мегатее, т.е. эпираннепротерозойскому суперконтиненту.

Под влиянием впечатления о единстве всей рифейской истории двух североевразийских кратонов, советские стратиграфы изгнали средний протерозой из нашей стратиграфической шкалы докембрия и объединили весь рифей вместе с вендом в понятие верхнего протерозоя. Между тем, накопление новых изотопных датировок привело наших зарубежных коллег к выделению в качестве одного из важнейших тектонических рубежей в докембрии гренвильского рубежа, около 1 млрд лет назад, как завершающего средний протерозой. Мало того, появилось и надолго утвердилось представление о том, что к этому рубежу все существовавшие к концу раннего протерозоя континенты вместе с гренвильскими гранулитогнейсовыми поясами спаялись в единый суперконтинент, получивший название Родинии. Именно с распада Родинии, а не Мегатее, по мнению большинства современных исследователей, началась новейшая история Земли, которую Штилле назвал неогеем.

Итак, в течение 70-х и, более определенно, к середине 80-х годов стало складываться представление о существовании в докембрийской истории Земли нескольких суперконтинентов - предшественников классической вегенеровской Пангеи. Критериями выделения таких суперконтинентов были разломные и дискордантные по отношению к внутренней структуре составлявших их континентальных блоков ограничения (например, гранит-зеленокаменные блоки архея), развитие на их поверхности после слияния в суперконтинент континентальных осадков и вулканитов или отсутствие таковых, а также подвижных поясов, содержащих офиолиты. С эпохами становления суперконтинентов совпадают, по изотопно-геохронологическим данным, пики корообразования [Condie, 1998; Condie et al., 2001]. А критериями распада суперконтинента служили, в частности, рои даек, а также излияния платобазальтов и кольцевые плутоны ультраосновных-щелочных пород [Yale, Carpenter, 1998].

Это представление о множественности суперконтинентов развивалось теперь уже на фоне господства мобилистских взглядов, в то время как ранее их образование, существование и распад трактовались с фиксистских позиций. При этом распад суперконтинента с заложением “ортогеосинклиналей” и образованием “молодых океанов” рассматривались Г. Штилле и другими фиксистами как результат обрушения (Umbruch, по Штилле) блоков континентальной коры, а для Тихого океана делалось исключение - он считался древним, чуть ли не изначально существовавшим.

В 1966 г. канадский геофизик Дж.Т. Вилсон в своей ставшей знаменитой статье о повторном раскрытии Атлантики [Wilson, 1966] нарисовал схему стадийного развития литосферы, начинающуюся с распада континента, раскрытия океана и заканчивающуюся закрытием этого океана и воссозданием единого континента. С легкой руки Дж. Дьюи [Dewey, 1975] эта последовательность событий стала известна как цикл Вилсона и приобрела значение классической.

В 1985 г. И. Николайсен [Nicolaysen, 1985], в 1992 г. автор этих строк [Хаун, 1992] и в 1994 г. К. Данкен и Д. Теркот [Duncan, Turcotte, 1994] пришли к выводу о тождестве суперконтинентальных циклов и циклов Вилсона, независимо от того, что принимать за начало таких циклов - распад или становление суперконтинента.

Сама концепция многократного образования и распада суперконтинентов в истории Земли стала особенно популярной после публикации статьи Дж. Мэрфи и Р. Нэнса [Murphy, Nance, 1992]. Однако, не подвергая сомнению основной тезис о многократности образования и распада суперконтинентов в докембрии, исследователи

до сих пор расходятся во мнении, сколько таких суперконтинентов существовало и когда именно они образовывались. Эти разногласия касаются, в частности, времени становления первого такого суперконтинента. Ч.Б. Борукаев [*Борукаев и др., 1977*] и много позже Дж. Роджерс [*Rogers, 1996*] высказали предположение, что первый такой суперконтинент, который Роджерс назвал Ур, т.е. древнейший, появился на Земле уже около 3,0 млрд лет тому назад. Его наиболее хорошо сохранившимися фрагментами считаются эписреднеархейские континентальные блоки Каапвааль в Южной Африке и Пилбара в Западной Австралии. Их бывшее единство убедительно подтверждается сходством разрезов верхнеархейского осадочного чехла, включая прослой со сферулами - продуктами астероидного импакта [*Byerly et al., 2002*]. Другие фрагменты того же гипотетического суперконтинента усматриваются в Южной Индии и Восточной Антарктиде.

Но значительно более достоверным считается образование подобного суперконтинента к концу архея - началу протерозоя. Этот суперконтинент получил название Моногея (Сорохтин, Ушаков) или Пангея 0 (Хайн, Божко). Судя по почти полному отсутствию подвижных поясов в первой половине раннего протерозоя, кроме Западно-Африканского - Гвианского, этот суперконтинент просуществовал более или менее монолитно до примерно 2,2-2,0 млрд лет т.н., а потом начал подвергаться распаду уже с образованием многочисленных подвижных поясов - вторичных океанов. К концу раннего протерозоя, т.е. к 1,7-1,65 млрд лет т.н. эти океаны закрылись и возник новый суперконтинент, тот самый, который еще Г. Штилле окрестил Мегагеей, а мы с Н.А. Божко назвали Пангеей I; его именуют также Колумбией. Однако некоторые исследователи [*Божко, 2001; Yale, Carpenter, 1998*] допускают образование промежуточного между эpiarхейским и эпираннепротерозойским суперконтинента на рубеже 2,2 млрд лет т.н., что представляется, однако, сомнительным.

Спорным считается и вопрос о том, является ли следующим в геологической истории суперконтинентом эпимезопротерозойская Родиния, или в середине среднего протерозоя, после распада Мегагеи, возник самостоятельный суперконтинент, затем распавшийся, в свою очередь, с образованием гренвильских океанов, и воссозданный на рубеже мезо- и неопротерозоя в виде Родинии. Думается, что ближе к истине вторая точка зрения, с оговоркой, что распад Мегагеи в первой половине мезопротерозоя, т.е. в раннем рифее нашей стратиграфической шкалы, был неполным и это облегчило создание нового суперконтинента.

Но тут приходится признать, что вокруг проблемы существования самой Родинии, времени ее становления, конкретной конфигурации и начала распада в настоящее время идет оживленная дискуссия с участием ученых многих стран, вовлеченных в соответствующий международный проект. Первоначальные построения П. Хоффмана и И. Дизла с соавторами, допускавшие примыкание Австралии-Антарктиды к западу Северной Америки-Лаврентии, а Южной Америки - Амазонии к востоку Лаврентии, ныне вызывают все большие сомнения и им выдвигаются альтернативы, например, примыкание к Лаврентии Сибири [*Pisarevsky, Natapov, 2003*]. В недавней работе А. Крёнера и У. Кордани [*Kroner, Cordani, 2003*] вообще отрицается вхождение Африки, Мадагаскара, Индии и Южной Америки в состав Родинии, а тогда что же от нее останется? Если все же допустить существование единой Родинии, в том или другом виде, то когда начался ее распад? Первоначально он датировался 750-700 млн лет, возможно, - 850-800 млн лет, т.е. не раньше середины позднего рифея. Но затем появились цифры порядка 1,0 млрд лет для офиолитов Алтае-Саянской области [*Khain et al., 2002*] и Юго-Восточного Китая, но относятся ли они к внутренним районам Родинии или к ее периферии, остается пока неясным.

В недавно опубликованной работе международного коллектива палеомагнитологов [*Pesonen et al., 2003*] впервые предлагается серия палеомагнитных реконструкций для всего раннего и среднего протерозоя, но материал, положенный в их основу, все еще остается слишком ограниченным. Ревизию имеющихся палеомагнитных данных по Родинии недавно же предприняли Дж. Меерт и Т. Торсвик [*Meert, Torsvik, 2003*], а Дж. Пайпер [*Piper, 2000*] предложил ее альтернативную реконструкцию, которую он назвал Палеопангеей, подчеркивая, что предложенная им реконструкция в известной мере повторяет конфигурацию вегенеровской Пангеи. Вообще говоря, с моей точки зрения, подобные реконструкции (но необязательно пайперовские) выглядят правдоподобнее, чем те, которые требуют больших разворотов континентальных блоков за короткое геологическое время (вроде SWEAT Мурса).

Далее встает вопрос, была ли Родиния последним докембрийским суперконтинентом. Ряд исследователей, начиная с Ф. Соукинса [*Sawkins, 1976*] и включая Н.А. Божко [*2001*] и В.Н. Пучкова [*1999*], допускают образование суперконтинента, называемого Паннотией, в конце неопротерозоя и к началу кембрия в результате проявления байкальского-кадомского орогенеза. С достоверностью можно лишь утверждать, что к этой дате завершилось образование мегаконтинента Гондвана, но примкнули ли к нему другие материки, в частности Балтика и Сибирь, представляется сомнительным, так как данные по Прото- и Палеотетису и Палеоазиатскому океану скорее говорят об обратном.

От решения вопроса о числе и возрасте докембрийских суперконтинентов зависит и вопрос о длительности соответствующих их образованию и распаду циклов Вилсона. Оценки длительности этих циклов колеблются от 600 до 300 млн лет, причем нет уверенности, что эта длительность не менялась во времени. Наиболее подробно данный вопрос рассмотрел Н.А. Божко [*2001*]. Опираясь на построения астронома Ю.В. Баркина, он выделил, начиная с 3,5 млрд лет, восемь суперциклов, определивших продолжительность в 395 млн лет. Ясно, во всяком случае, что она в 2-3 раза превышала длительность циклов Бертрана и что эти последние представляют циклы подчиненного порядка по сравнению с циклами Вилсона. Довольно очевидно и различие между ними в геодинамическом смысле - если циклы Вилсона охватывают всю историю крупного океана, от его раскрытия до закрытия, то циклы Бертрана проявляются в раскрытии и закрытии его окраинных морей, т.е. в частичном закрытии такого океана. И лишь в частных случаях, например, в случае океана Япетус, эти циклы могут совпадать.

Почти одновременно с появлением понятия о суперконтинентах началось обсуждение вопроса о глубинном механизме их образования и распада. Что касается распада, то Д. Андерсон [*Anderson, 1982*], видимо, первым, высказал мысль о том, что его причиной мог быть разогрев астеносферы под мощным покровом слаботеплопроводной континентальной коры. В дальнейшем к участию в подобных событиях были привлечены суперплюмы - например, в современную эпоху подобный суперплюм, зарождающийся, скорее всего, на границе мантии и ядра, откалывает от Африки Сомалийскую плиту, а до этого он же вызвал отделение от нее Аравии. Само же появление под центром суперконтинента суперплюма могло быть вызвано, как полагают некоторые исследователи, возникновением вокруг суперконтинента сплошного кольца зон субдукции с их центростремительным погружением. Обратный же процесс воссоздания суперконтинентов может быть объяснен, наряду с отмиранием внутренних зон спрединга и "подпирающих" их плюмов, действием суперплюма в пределах Панталассы, наподобие современного суперплюма в юго-западной части Тихого океана (как бы сгоняющего отдельные континенты и побуждающего их к

столкновению, как то опять же происходит сейчас с Австралией и Юго-Восточной Азией).

Что касается циклов Бертрана, то следует учитывать, прежде всего, их проявление, в основном, в середине циклов Вилсона, когда в результате распада суперконтинента образуются вторичные, межконтинентальные, океаны типа Тетиса и действуют процессы субдукции и задугового спрединга. При этом, как показывают данные сейсмотопографии, “корни” даже осевых для таких океанов зон спрединга и осложняющих их плюмов, а также и глубины проникновения зон субдукции не выходят за пределы верхней границы нижней мантии. Таким образом, если за судьбы суперконтинентов ответственны процессы общемантийной конвекции, то процессы, с которыми связано проявление циклов Бертрана, скорее всего обязаны верхнемантийной конвекции. Иначе говоря, следует допустить, что в периоды распада суперконтинентов общемантийная конвекция сменяется двухъярусной.

Нам остается здесь сказать о циклах Штилле, которые автор определил как интервалы между выделенными этим ученым орогенетическими фазами, т.е. пиками интенсивности тектономагматической активности. Их длительность составляет порядка 30 млн лет, а реальность подтверждается, как показал Н.Л. Добрецов [1997], изотопно-геохронологическими датировками магматитов и метаморфитов. Орогенетические фазы в развитии подвижных поясов могут выражаться, в частности, в столкновении вулканических дуг между собой или с окраинами континентов - например, Тагильско-Магнитогорской дуги Урала с окраиной Восточно-Европейского континента, в то время как циклы Бертрана завершаются событиями более крупного масштаба - например, коллизией микроконтинента Западная Авалония тогда же с окраиной Лаврентии, приведшей к окончанию формирования орогена Северных Аппалачей и Ньюфаундленда. При этом, надо иметь в виду, что один из циклов Бертрана может являться заключительным для цикла Вилсона, например, герцинский для большей части Палеоазиатского океана, а одна из орогенетических фаз - заключительной для цикла Бертрана, как, например, акадская фаза в приведенном примере Северных Аппалачей.

Рассуждая, по аналогии с циклами Вилсона и Бертрана, и принимая во внимание иерархию геодинамических систем, разработанную М.А. Гончаровым [1999], можно было высказать предположение, что глубинный механизм, ответственный за проявление циклов Штилле, функционирует непосредственно в самой верхней подвижной оболочке Земли - астеносфере. В этом случае было бы логичным связывать конвекцию и плюмы, вызывающие циклы Бертрана, с переходной зоной между верхней и нижней мантией, в которой К. Аллегр [Allegre, 2002] предполагает существование самостоятельной конвекционной системы. Можно предположить также, что в направлении от поверхности ядра к подошве литосферы в земной коре происходит скачкообразное уменьшение размеров конвективных ячеек, как по латерали (длина волны), так и по вертикали.

Таково в краткой форме развитие и современное состояние представлений о крупномасштабной тектонической цикличности и о ее возможном глубинном механизме. Теперь, о той роли, которую эти представления сыграли в развитии тектонической картографии, имея в виду при этом обзорные тектонические карты крупных стран, континентов и мира в целом.

Выше уже отмечалось, что разработанное М. Бертраном понятие о таких тектонических циклах, как каледонский, герцинский и альпийский, явилось теоретической предпосылкой для предпринятого Э. Огом, а затем Г. Штилле, первого опыта районирования Европы на области, различающиеся по возрасту, - в соответствии с классификацией Бертрана, - заключительной складчатости, после

которой на площади этой области установился платформенный тектонический режим. Этот же принцип был позднее использован при составлении тектонических карт Советского Союза, Северной Америки, Африки, Австралии, “Международной тектонической карты Европы” первых двух изданий. Он был сохранен для континентов и при составлении первой “Международной тектонической карты мира” в масштабе 1:15 000 000 и “Тектонической карты мира” в масштабе 1:45 000 000, где для океанов уже было принято расчленение по возрасту их ложа в соответствии с датировками полосовых магнитных аномалий. В составлении этих двух последних карт, как и третьего издания “Международной тектонической карты Европы”, самое активное творческое участие принимал Юрий Георгиевич Леонов, которому и посвящен настоящий сборник.

Следует отметить, что на карте мира, как и на готовящейся в настоящее время к печати карте Азии, бертрановские названия тектонических циклов пришлось заменить на обычные стратиграфо-геохронологические, в связи с тем, что за пределами Европы применение таких терминов, как каледониды, герциниды и т.п., может вызвать недопонимание. А в отношении раннего докембрия уже на первых международных картах пришлось использовать понятия “архей” и “ранний протерозой”, но, по существу, каждое из них отвечает одному из циклов Вилсона.

На всех ранних тектонических картах разновозрастные орогены подразделяются на структурные ярусы, которые по смыслу должны были соответствовать отдельным стадиям развития подвижных поясов - геосинклиналей, в старой терминологии. Границы структурных ярусов, в природе совпадающие со структурными несогласиями, в свою очередь должны были совпадать с орогеническими фазами. Таким образом, если выделение разновозрастных орогенов неогая в целом проводилось в соответствии с циклами Бертрана, а для раннего докембрия - с циклами Вилсона, то их более дробное подразделение отвечало циклам Штилле. В дальнейшем, в связи с заменой фиксистой геосинклинально-платформенной идеологии на мобилистскую, подразделения ранга структурных ярусов стали наполняться несколько иным содержанием - их последовательность должна была отражать смену геодинамических обстановок накопления литологических формаций, которыми, впрочем, оставались те же флиш, моласса, разные типы магматитов и т.п.

Однако возобладание мобилизма побудило не только к модификации легенд тектонических карт, но и к попыткам создания таких карт принципиально нового типа. Так появилась у нас “Тектоническая карта Северной Евразии” под редакцией А.В. Пейве и А.Л. Яншина. Главная идея, положенная в ее основу, заключалась в эволюции земной коры от океанской к континентальной, и, соответственно, на карте выделялись области с разным временем формирования континентальной коры. Но так как завершение этого процесса, как правило, совпадало с завершением отдельных циклов Бертрана, например, в девоне - с концом каледонского цикла, это районирование дефакто не очень отличалось от традиционного.

Более радикальным отказом от последнего характеризовалась “Геодинамическая карта СССР” под редакцией Л.П. Зоненшайна, Н.В. Межеловского и Л.М. Натапова. На ней основные - цветовые - обозначения были использованы для показа литологических формаций, возникших в разных геодинамических обстановках, и лишь их оттенки - для отражения возрастных отличий. В результате эта карта потеряла наглядность показа исторической последовательности формирования орогенов, т.е. утратила одно из необходимых качеств обзорных тектонических карт - историчность. Очевидно, осознав эту опасность, авторы новой “Тектонической карты Северной Америки” сохранили использование основных цветовых обозначений для отражения возраста структурных и геодинамических подразделений.

В общем, можно констатировать, что крупномасштабная цикличность продолжает оставаться основой международных тектонических карт. В непосредственном виде она используется для обозначения разновозрастных орогенов, а подразделения платформенных чехлов и ложа современных океанов должны согласовываться с возрастным расчленением орогенов и слагающих их структурных элементов.

Литература

Божко Н.А. Суперконтинентальные циклы, эпизоды роста коры и глобальные геодинамические инверсии в эволюции биполярной Земли // Суперконтиненты в геологическом развитии докембрия: Материалы науч. совещ. Иркутск, 2001. С. 33-35.

Борукаев Ч.Б. Структура докембрия и тектоника плит. Новосибирск: Наука, 1985. 190 с.

Борукаев Ч.Б., Башарин А.К., Берзин Н.А. Докембрий континентов: Основные черты тектоники. Новосибирск: Наука, 1977. 263 с.

Гончаров М.А. От тектоники литосферных плит к геодинамике подчиненных геосфер // Отечественная геология. 1999. № 3. С. 10-14.

Добрецов Н.Л. Мантийные суперплюмы как причина крупной геологической периодичности и глобальных перестроек // Доклады РАН. 1997. Т. 357, № 6. С. 797-800.

Пейве А.В., Сеницын В.М. Некоторые основные вопросы учения о геосинклиналях // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1950. № 4. С. 28-52.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 1999. 145 с.

Хаин В.Е. О крупных и крупнейших циклах в истории Земли // Научные доклады высшей школы: геол.- геогр. науки. 1958. № 1. С. 25-33.

Хаин В.Е. Циклы Вилсона и циклы Бертрана // Доклады РАН. 1992. Т. 325, № 3. С. 357-359.

Хаин В.Е. Крупномасштабная цикличность в тектонической истории Земли и ее возможные причины // Геотектоника. 2000. № 6. С. 3-14.

Шатский Н.С. Основные черты тектоники Сибирской платформы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1932. Т. 10, № 3/4. С. 476-509.

Шатский Н.С., Богданов А.А., Муратов М.В. и др. Тектоническая карта СССР и сопредельных стран в масштабе 1:5 000 000. Объяснительная записка. М: Госгеолтехиздат, 1957.

Acenolaza F.G., Miller H., Toselli A.I. [Proterozoic - Early Paleozoic evolution of western South America - a discussion](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 354. P. 121-137.

Allegre C. [The evolution of mantle mixing](#) // Phil. Trans. Roy. Soc. London. 2002. Vol. A 360. P. 2411-2421.

Anderson D.L. [Hotspots, polar wander, Mesozoic convection and the geoid](#) // Nature. 1982. Vol. 297. P. 391-393.

Bertrand M. La deformation de l'ecorce terrestre // C.r. Acad. sci. 1892. Т. 164.

Byerly G.R., Lowe D.R., Wooden J.L., Xie X. [An Archean impact layer from the Pilbara and Kaapvaal cratons](#) // Science. 2002. Vol. 297. P. 1325-1327.

Condie K.C. [Episodic continental growth and supercontinents: a mantle avalanche connection?](#) // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 163. P. 97-108.

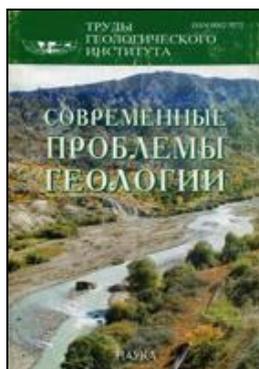
Condie K.C., Des Marais DJ., Abbott D. [Precambrian superplumes and supercontinents: a record in carbon isotopes and paleoclimates](#) // Precamb. Res. 2001. Vol. 106. P. 239-260.

- Dalziel I.W.D., Lawver L.A., Murphy J.B.* [Plumes, orogenesis, and supercontinental fragmentation](#) // Earth Planet. Sci. Lett. 2000. Vol. 178. P. 1-11.
- Dewey J.F.* The Wilson cycle // Geol. Soc. Amer. Abstr. a. Program. 1975. Vol. 7(1). P. 48-49.
- Duncan C.C., Turcotte D.E.* [On the break-up and coalescence of continents](#) // Geology. 1994. Vol. 22, N 2. P. 103-106.
- Kah L.C., Bartley J.K.* [Rodinia and the Mesoproterozoic earth-ocean system \(preface\)](#) // Precamb. Res. 2001. Vol. 111. P. 1-3.
- Karlstrom K.E., Ahall K.-I., Harlan S.S. et al.* [Long lived \(1.8-1.0 Ga\) convergent orogen in southern Laurentia, its extension to Australia and Baltica, and implications for defining Rodinia](#) // Precamb. Res. 2001. Vol. 111. P. 5-30.
- Khain E.V., Bibikova E.V., Kroner A. et al.* [The most ancient ophiolite of the central Asia fold belt: U-Pb and Pb-Pb zircon ages for the Dunzhugur complex, Eastern Sayan, Siberia, and geodynamic implications](#) // Earth Planet. Sci. Lett. 2002. Vol. 199. P. 311-325.
- Kroner A., Cordani U.* [African, South Indian and South American cratons were not part of Rodinia supercontinent: evidence from field relationships and geochronology](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 375. P. 325-352.
- Loewy S., Connelly J.N., Dalziel J., Gower C.F.* [Eastern Laurentia in Rodinia: constraints from whole-rock Pb and U/Pb geochronology](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 375. P. 168-197.
- Meert J.G., Torsvik T.H.* [The making and unmaking of a supercontinent: Rodinia revisited](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 375. P. 261-288.
- Murphy J.D., Nance R.D.* [Mountain belts and the supercontinent cycle](#) // Scient. Amer. 1992. Vol. 266. P. 84-91.
- Nicolaysen I.O.* On the physical basis for the extended Wilson cycle in which most continents coalesce and then disperse again // Geol. Soc. S. Afr. Transactions. 1985. Vol. 88. P. 562-580.
- Pesonen L.J., Elming S.A., Mertanen S. et al.* [Paleomagnetic configuration of continents during the Proterozoic](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 275. P. 289-324.
- Piper J.D.A.* [The Neoproterozoic supercontinent: Rodinia or Palaeopangaea?](#) // Earth Planet. Sci. Lett. 2000. Vol. 176. P. 131-146.
- Pisarevsky S.A., Natapov L.M.* [Siberia and Rodinia](#) // Tectonophysics. 2003. Vol. 375. P. 221-245.
- Pisarevsky S.A., Wingate M.T.D., Harris L.B.* [Late Mesoproterozoic \(ca 1.2 Ga\) palaeomagnetism of the Albany-Frazer orogen: no pre-Rodinia Australia-Laurentia connection](#) // Geophys. J. Int. 2003. Vol. 155. P. F6-F11.
- Rogers J.J.W.* [A history of the continents](#) in the past three billion years // Geology. 1996. Vol. 104. P. 91-107.
- Sawkins F.J.* [Widespread continental rifting, some considerations of timing and mechanism](#) // Geology. 1976. Vol. 4. P. 427-430.
- Stille H.* Geotektonische Gliederung der Erdgeschichte. Berlin, 1944.
- Wilson J.T.* [Did the Atlantic close and then re-open?](#) // Nature. 1966. Vol. 211. P. 676-581.
- Yale L.B., Carpenter S.J.* [Large igneous provinces and giant dike swarms: proxies for supercontinent cyclicity and mantle convection](#) // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 163. P. 109-122.

Khain V.E. Origin of the conceptions on large-scale tectonic and geodynamic cycles and their role in the tectonic cartography

The problem of large-scale tectonic and endogenic cycles has been investigated in geology since the end of the XIX century and relative conceptions underwent repeated transformations, particularly, in the period when the dominating fixist theory gave way to mobilist conceptions. In the two last decades the attention was focussed on larger cycles, which were expressed in the Earth history by alternation of periods of continents merging into one supercontinent and their disintegration. These Wilson cycles were complicated by cycles of the second order identified by Bertran, and the later - by cycles of the third order, which are to be referred to as Stille cycles. The article describes the evolution of these cycles and the role of some scientists in their formation

Ссылка на статью:



Хаин В.Е. Об истоках представлений о крупномасштабной тектонической и геодинамической цикличности и их роли в тектонической картографии // Современные проблемы геологии. Труды ГИН РАН. 2004. Вып. 565. С. 11-20.