

О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАХ И МЕТОДАХ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Основной задачей палеогеодинамики (региональной исторической геодинамики) является объемная реконструкция картины распределения и эволюции вещественных комплексов и сил, существовавших и действовавших в земной коре и верхней мантии региона в прошедшие геологические эпохи. Современная тектоника литосферных плит дает для этого оболочку виде набора абстрактных моделей палеогеодинамических обстановок, а формационный анализ позволяет использовать формации – индикаторы как в качестве инструмента для установления геодинамических условий их возникновения, так и в качестве материала для наполнения абстрактных моделей конкретным содержанием. Сопоставление плито-тектонических реконструкций для ряда последовательных временных срезов позволяет переходить от анализа статичной геодинамической картины к геокинематике. В свою очередь, знание кинематики дает возможность уточнения оценки направлений и относительной интенсивности сил, действовавших в земной коре и мантии региона.

Палеогеодинамика региона представляет собой по сути дела его концентрированную геологическую историю и является синтезом достижений многих геологических дисциплин, – прежде всего, стратиграфии, литологии, петрологии, палеоклиматологии, формационного анализа, структурной геологии, а наряду с этим, глубинной структурной геофизики, палеомагнетизма и других разделов физики Земли. При этом изучение геологической истории невозможно было бы без следования *принципу актуализма* — с поправками на необратимую эволюцию стиля и условий проявления геологических процессов, становящуюся заметной на очень больших интервалах геологического времени, порядка 1 млрд. лет.

Пользуясь при тектонических исследованиях рифейско-палеозойской истории Урала принципом актуализма, мы считаем необходимым еще раз подчеркнуть некоторые **фундаментальные особенности** наиболее легко реставрируемой позднемезозойско-кайнозойской глобальной геодинамики, включая современную [1, 2], которые следует учитывать при переходе к более древним эпохам.

1. *Протяженность, непрерывность и постоянность действия системы зон конвергенции и дивергенции (включая островные дуги, континентальные окраины андийского типа, зоны внутриконтинентальной коллизии, СОХ и континентальные рифты).* В этом плане весьма красноречиво мнение В. С. Буртмана [3], который критически относится к мозаичному дизайну многих тектонических реконструкций. Альтернатива формулируется им следующим образом: «слагали ли современные тектони-

ческие единицы Центральной Азии многочисленные островные дуги в раннепалеозойском океане (модели: московская, Зоненшайна, Казьмина – Натапова) или выстраивались в виде единой островодужной системы (стамбульская модель)». Симпатии В. С. Буртмана на стороне второго варианта, что естественно не только по той причине, что он является соавтором стамбульской модели, но вероятно и потому, что он является сторонником принципа актуализма.

2. *Реальность механизма перескока (jumping) отдельных ветвей активных зон субдукции и рифтогенеза, связанного как с периодическими перестройками системы мантийной конвекции, так и с заклинкой зон субдукции при коллизии, а возможно — и с иными причинами, например, по [4], с достижением прежней зоной субдукции предельных глубин.* Коллизия может служить также причиной инверсии наклона зоны субдукции [5, 6]. В этой связи постоянство дуги Кипчак, предполагаемое стамбульской моделью [7], вызывает у автора большие сомнения.

3. *Преобладание регионально проявленных фаз складчатости над глобальными, что вытекает уже из первых двух пунктов. Основные эпохи складчатости связаны с регионально проявившимися коллизиями типа островная дуга – континент или континент – континент. Подлинно глобальными тектоническими событиями являются лишь эпохи становления и распада суперконтинентов.*

4. *Косой характер проявления рифтогенеза и субдукции, в большей или меньшей степени выраженный в разных частях современных зон тектонической активности.*

5. *Отсутствие угловых несогласий между офиолитовыми и островодужными комплексами:* факт, который нередко смущает исследователей, приводя их к неверным умозаключениям (подробнее см. [2]). В последнее время накопилось достаточно много материала, позволяющего говорить о том, что зона субдукции закладывается в условиях растяжения, и лишь позже эти условия сменяются сжатием, а дайковые комплексы и связанные с ними подушечные базальты, интерпретируемые как спрединговые, постепенно замещаются вверх по разрезу известково-щелочными сериями. При этом, однако, в скринах (междайковых пространствах) могут находиться реликтовые блоки более древней, метаморфизованной океанической коры и мантии (примером является знаменитый комплекс параллельных даек р. Б. Лагорта на Полярном Урале).

Принцип актуализма лежит и в основе *методов*, используемых при реконструкции геодинамических обстановок. Таким методом является, в частности, *формационный анализ*. Хотя *де юре* он остается преимущественно «российским», *де факто* в том или ином виде используется везде. Именно представления об индикаторах геодинамических условий, то есть о характерных, закономерно повторяющихся породных ассоциациях, парагенезах пород, комплексах, формациях (так ли важны названия?), позволили применить в тектонических построениях принцип актуализма и, в частности, на Урале выделить эпиконтинентальные рифтовые, шельфовые, батинальные, океанические, островодужные, андийские субдукционные и коллизионные формации. Этот подход позволил построить первую в мире тектоническую карту региона на мобилистской основе [8].

Огромное значение для геодинамических реконструкций имеют методы позиционирования древних геоблоков,— палеоклиматический, палеобиогеографический и палеомагнитный.

Палеоклиматический метод теснейшим образом связан с формационным, поскольку и сам основан на анализе формаций—индикаторов, и потому также определяется принципом актуализма. Одной из важных особенностей этого метода в применении к палеотектоническим реконструкциям является допущение, что грубая симметрия климатических поясов относительно экватора, характерная для современности, существовала и в более ранние эпохи, хотя их относительная ширина могла сильно меняться. Палеоклиматические данные обсуждались в качестве аргументов за и против дрейфа континентов задолго до появления плейт-тектоники (подробнее см. [9]).

Важным, но еще менее точным является *палеобиогеографический метод*, который имеет массу ограничений, и тем не менее может быть очень полезным при комплексном применении наряду с другими. Особенно тесна его связь с палеоклиматологией, поскольку климат является едва ли не самым главным фактором, регулирующим расселение представителей растительного и животного мира. Другим таким фактором является распределение континентальных масс и разделяющих их океанов. Показано, например, как расхождение континентов в раннем кембрии способствовало радиации брахиопод и как климатические пояса влияли на изменения конфигурации палеобиогеографических провинций [10].

Существенно более точным методом позиционирования блоков земной коры является *палеомагнитный*. В основе его применения лежит актуалистическое предположение о том, что магнетизм Земли всегда был дипольным, а не мультипольным, как это должно было бы следовать из фиксистских построений. Существенным ограничением этого метода (как и предыдущих) является невозможность определения палеодолгот. По параметрам магнитного склонения и наклонения удается установить лишь ориентировку индивидуальных тектонических блоков земной коры и их положение относительно палеоширот.

Недоучет особенностей современной геодинамической системы, перечисленных выше, недостаточно глубокий формационный анализ, а также естественные ограничения

применяемых методов позиционирования геоблоков являются главными причинами инвариантности предложенных к настоящему времени палеогеодинамических реконструкций,— в частности, тех моделей, что уже упоминались выше (стамбульская, московская, Зоненшайна, Казьмина—Натапова: [7, 11, 12, 13]), а также и многих других. Схемы разных авторов отличаются друг от друга во многих важнейших деталях, и далеко не всегда каждая из последующих схем во всем уточняет и улучшает предыдущую. Помимо указанных причин этого можно назвать еще одну: *неполноту геологической, и в частности, тектонической летописи*. Ярким примером такой неполноты является общеизвестный факт, что базальты СОХ очень редко сохраняются в складчатых областях. Это легко объяснимо: офиолиты СОХ, образовавшиеся в открытом океане, в первую очередь субдуцируются и исчезают бесследно. Большой шанс уцелеть имеют окраинно-континентальные (*маргинальные*) и задуговые офиолиты, попадающие в зону субдукции на относительно поздних этапах цикла Вильсона, а также комплексы подводных гор (симаунтов), субдукции которых препятствует их повышенная плавучесть.

Создается впечатление, что построение палеогеодинамических реконструкций еще не скоро (если вообще когда-либо) станет точной наукой. Тем не менее, эта отрасль знаний успешно развивается, чему способствует как постоянное накопление новой геологической информации, так и развитие компьютерных технологий, облегчающих графическое представление данных. По целому ряду вопросов уже достигнуто согласие, а из всех вышеперечисленных схем вырисовывается некая результирующая, на которую, хотя и с оговорками, можно опираться. Это позволило автору дать свою серию схем палеогеодинамических реконструкций для венда—раннего мезозоя, в центре которых лежат материалы по Уралу [2, 14]. Не имея возможности подробно обсудить эти схемы в данной статье, автор отсылает читателя к цитированным публикациям, ограничившись в заключение лишь некоторыми общими замечаниями.

В последнее время большую популярность приобрела идея [15] о том, что дрейф континентов определяется свободной нестационарной мантийной конвекцией, ячейки которой взаимодействуют со свободно плавающими континентами, перемещая их под влиянием сил вязкого сцепления. При этом существует и обратная связь: обладая повышенной теплогенерацией, континенты в свою очередь влияют на конфигурацию мантийных течений, вызывая их перестройки. Эта концепция позволяет объяснить образование и распад суперконтинентов. Вместе с тем, из поля зрения исследователей нередко ускользают важные детали и причинные связи частных геодинамических перестроек. Как было показано автором, общий палеогеодинамический сценарий в палеозое следует тем же закономерностям, которые были подчеркнуты выше и на деле представляют реальную альтернативу штиллеанскому видению тектонической хронологии. На фоне глобального мегацикла, во временном промежутке между распадом одного суперконтинента и возникновением другого интенсивная складчатость и орогенез возникают

как следствие частных, регионально проявленных коллизий континентов, микроконтинентов и островных дуг. Перестройки геодинамической системы происходят путем быстрых перескоков отдельных ветвей, принадлежащих глобальной системе постоянно действующих зон субдукции и рифтогенеза. Конфигурация этой системы является грубым отражением распределения восходящих и нисходящих ветвей конвективных ячеек. В то же время, поверхностное перераспределение тектонических напряжений и механическое взаимодействие литосферных плит между собой также являются факторами эволюции геодинамической системы и, в свою очередь, оказывают влияние на перестройки конвективных ячеек. Представляется, что учет этого обстоятельства позволит совместить модели *пассивного и активного тектогенеза* [16], которые в случае рифтового процесса обычно рассматриваются как конкурирующие.

Литература: 1. **Пучков В. Н.** Тектонические фазы и циклы в контексте тектоники литосферных плит // Геотектоника. 1994. № 4. С. 90–94. 2. **Пучков В. Н.** Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа, 2000. В печати. 3. **Буртман В. С.** Некоторые проблемы палеозойских тектонических реконструкций // Геотектоника. 1999. № 3. С. 103–112. 4. **Меланхолина Е. Н.** Позднемеловые островодужные зоны восточной окраины Евразии: геолого-геохимическая и тектоническая корреляция // Геотектоника. В печати. 5. **Константиновская Е. А.** Геодинамика коллизии дуга–континент на западной окраине Тихого океана // Геотектоника. 1999. № 5. С. 15–36. 6. **Пучков В. Н.** Особенности позднедевонско–раннекаменноугольной истории Южного Урала (геодинамические аспекты)

// Ежегодник-1997 / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 1999. С. 62–75. 7. **Sengör A. M. C., Natal'in B. A., Burtman V. S.** Evolution of the Altai tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia // Nature. 1993. V. 34, N 6435. P. 299–307. 8. **Тектоника Урала / А. В. Пейве, С. Н. Иванов, В. М. Нечухин, А. С. Перфильев, В. Н. Пучков.** М.: Наука, 1977. 119 с. 9. **Пучков В. Н.** О проблеме перемещения континентов // Геотектоника. 1965. № 6. С. 95–110. 10. **Ушатинская Г. Т., Малаховская Я. Е.** Кембрийские палеогеографические реконструкции с использованием системы AutoCAD и палеогеография раннекембрийских брахиопод на их основе // Системные перестройки и эволюция биосферы / ПИН РАН. М. 1998. С. 62–95. 11. **Диденко А. Н., Моссаковский А. А., Печерский Д. М. и др.** Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии // Геология и геофизика. 1994. № 7/8, С. 59–75. 12. **История развития Уральского палеоокеана / Отв. ред. Л. П. Зоненшайн, В. В. Матвеев / Ин-т океанологии АН СССР.** М. 1984. 164 с. 13. **Палеогеографический Атлас Северной Евразии / Отв. ред. В. Г. Казьмин, Л. М. Натанов / Институт тектоники литосферных плит.** М. 1997. 26 листов. 14. **Пучков В. Н.** Место Урала в палеогеодинамических реконструкциях // Геология и полезные ископаемые республики Башкортостан, проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевой базы: Материалы / III Республиканская геол. конф. Уфа, 1999. С. 1–7. 15. **Трубицын В. П., Рыков В. В.** Самосогласованная 2–D модель мантийной конвекции с плавающим континентом // Российский журнал наук о Земле. 1998. Т. 1, № 1, С. 1–11. 16. **Леонов Ю. Г.** Рифт и рифтогенез: о некоторых дискуссионных вопросах // Общие вопросы тектоники. Тектоника России. М.: ГЕОС, 2000. С. 296–298.

Т. Т. Казанцева

ЦИКЛИЧНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОЗИЦИИ ШАРЬЯЖНО-НАДВИГОВОЙ ТЕОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Самой масштабной по охвату и универсальной по значимости геологической проблемой является цикличность развития складчатой области. Это понятно, так как геологический цикл представляет собой полный набор (круг¹) геологических процессов. Неоднократная повторяемость такого набора в складчатой области свидетельствует о ее полицикличности.

Попытку вести в геологию учение о циклах, как о «вечном возвращении» Ницше, предпринял шотландский геолог Джеймс Геттон в «Теории земли», вышедшей в 1799 г. Как оказалось, это было преждевременным, и вплоть до утверждения эволюционных представлений Ч. Дарвина геологами не принималось.

В цикличность геологических процессов поверили после того, как французский исследователь М. Бертран

в 1887 году обратил внимание на факты повторения однотипных комплексов пород в разных складчатых областях. Особое его внимание привлекли толщи черных блестящих сланцев, сменяющихся ритмитами с градиционной слоистостью — закономерным чередованием гравелитов, песчаников (от крупно- до мелкозернистых), алевролитов и аргиллитов. Такие ритмично построенные образования стали называть флишем. Разрез наращивался молассой, представляющей собой наслаения, аналогичные флишу, но значительно менее ритмичные. В них ритмы часто отсутствуют, но широко развиты красноцветы. Эта последовательность: сланцы, флиш, моласса представляла собой закономерный естественный ряд, в связи с чем М. Бертран сделал совершенно справедливый вывод о направленной смене режима накопления геологического вещества в таком ряду. Названные вещественные комплексы стали называть формациями,

¹ «Цикл» — от греческого «*kyklos*», что означает круг.