



## ЦИКЛИЧНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР АЛТАЯ КАК ВОЗМОЖНОЕ СЛЕДСТВИЕ ПУЛЬСАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

Ю. А. Туркин

АО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское Бийского района Алтайского края, Россия

Рассмотрена выделенная в контексте плитотектонической концепции последовательность этапов (80–90 млн лет) и стадий (40–45 млн лет) геологического развития Алтая и смежных с ним территорий. Показана синхронность этапов и стадий формирования структурно-вещественных комплексов и структурного ансамбля региона с геогалактическими пульсациями второго ранга (86,4 млн лет) и фазами их сжатия и расширения (по 43,2 млн лет), выделяемыми в рамках концепции пульсационной эволюции Земли. Выявлена синхронность трех основных фаз тектогенеза (средне-позднеордовикской, средне-позднедевонской и среднекаменноугольно-раннепермской) трем фазам некомпенсированного сжатия в геопульсациях II ранга на фоне общего сжатия Земли I ранга. Установлено, что последующий длительный период развития структур Алтая со средней перми до раннего палеогена (со снижением тектонической активности и преобладанием рифтогенных процессов) совпадает с фазой глобального расширения Земли. Показано, что основные этапы эволюции региона по времени проявления и геодинамической направленности синхронны фазам геогалактических пульсаций Земли обоих рангов и хорошо согласуются с периодами максимальной эндогенной активности, выделенными в рамках плюм-тектонической концепции. Сделан вывод об отсутствии противоречий между этими тремя концепциями. Отмечена перспективность их совместного использования при региональных геологических реконструкциях.

**Ключевые слова:** *этапы, стадии, циклы, фазы, геогалактические пульсации, сжатие, расширение, Алтай.*

## CYCLIC FORMATION OF GEOLOGICAL STRUCTURES OF ALTAI AS A POSSIBLE CONSEQUENCE OF THE PULSATING EVOLUTION OF THE EARTH

Yu. A. Turkin

Gorny-Altai Expedition, Maloyeniseiskoye, Biysk district, Altai Territory, Russia

The paper considers the sequence of stages (80–90 mln years) and steps (40–45) of geological evolution of Altai and adjacent territories revealed in the framework of the plate tectonics concept. It is shown that the stages and steps of formation of the structural and compositional complexes and the structural assemblage of the region with the 2<sup>nd</sup>-rank geogalactic pulsations (86.4 mln years) and their compression and extension phases (43.2 mln years) distinguished within the framework of the pulsating evolution of the Earth are synchronous. Three major phases of tectogenesis (Middle-Late Ordovician, Middle-Late Devonian, and Middle Carboniferous – Early Permian) were found to correspond to three phases of uncompensated compression in the 2<sup>nd</sup>-rank geopulsations with the general 1<sup>st</sup>-rank compression of the Earth in the background. The author established that the subsequent long period of the Altai structures evolution from the Middle Permian to the Early Paleogenic (with decreasing tectonic activity and prevailing rift-related processes) coincides with the Earth's global extension phase. The main region evolution stages are synchronous to the Earth's geogalactic pulsation phases of both ranks in terms of the time of occurrence and geodynamic trend and are in good agreement with the periods of maximum endogenous activity, identified within the framework of the plume tectonics. The author concludes that there are no contradictions between these three concepts, and that they can be jointly applied in regional geological reconstructions.

**Keywords:** *stages, steps, cycles, phases, geogalactic pulsation, compression, extension, Altai.*

DOI 10.20403/2078-0575-2017-3-95-107

Начиная с 1980-х гг. при объяснении геологических процессов доминировали идеи плитотектонической концепции (плейт-тектоники), а в последнее время все большее влияние приобретают плюм-тектонические построения, что снизило интерес геологов к изучению пульсационных процессов и их участия в эндогенной геодинамике. Тем не менее у гипотезы геопульсаций было и есть немало сторонников среди выдающихся российских ученых (М. М. Тетяев, М. А. Усов, В. А. Обручев, В. В. Белосусов, П. Н. Кропоткин, В. Е. Хаин, Е. Е. Милановский и мн. др.). В связи с этим уместно привести обобщение

Ф. Энгельса в его фундаментальном труде «Диалектика природы»: «Основной формой всякого движения является приближение и удаление, сжатие и расширение, старая полярная противоположность притяжения и отталкивания».

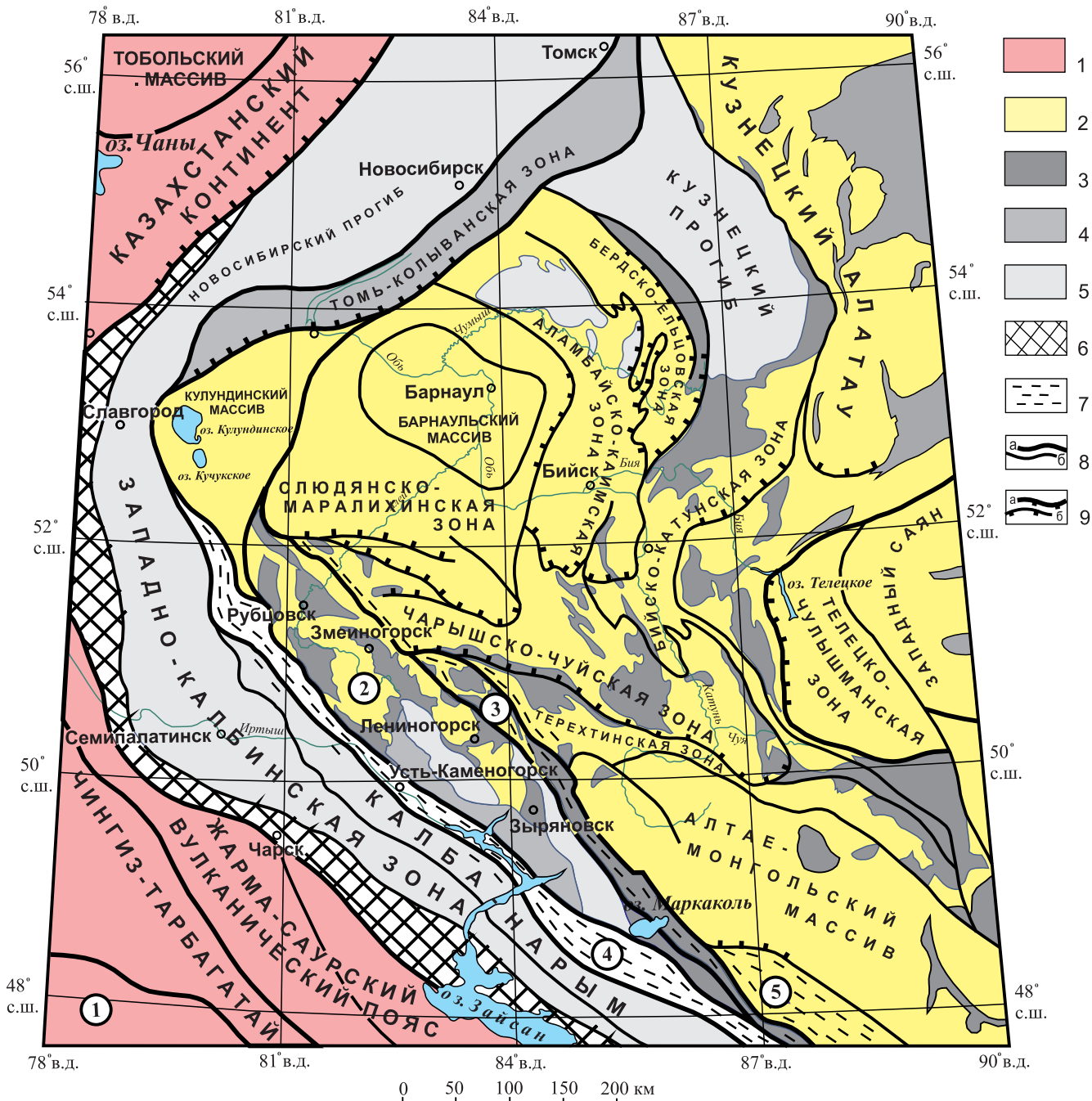
Для Алтайского и смежных с ним регионов, как и для большинства других регионов России и мира, поэтапное формирование геологических структур рассмотрено главным образом в контексте плитотектонической концепции [1, 2, 7, 13], а в последнее время «корректируется» и плюм-тектоническими построениями [4, 5, 12]. На этой основе проведено

и структурно-тектоническое районирование Алтая (рис. 1). Но при этом было обращено внимание на отчетливую синхронизацию – сопоставимость по длительности, времени проявления и геодинамической направленности выделенных для Алтая этапов геологического развития с пульсационными циклами сжатия – расширения Земли в одной из последних версии пульсационной гипотезы [8].

Целью данной статьи является сравнительная характеристика этих этапов и стадий и установление

степени их синхронности с геопульсациями разных рангов, а последних, в свою очередь, – с выделенными в последнее время [4, 5] периодами плюмовой активности.

Цикличность развития структурообразующих геотектонических процессов находит свое место и в классической плитотектонической концепции [14]. Более того, устанавливаемый для большинства регионов мира полный цикл Вилсона достаточно точно синхронизирован, т. е. проявлен поч-



**Рис. 1.** Схема структурно-тектонического районирования Алтая и смежных территорий (по материалам [2])  
 1 – структуры окраин Казахстанского континента; 2 – каледонские структуры окраин Сибирского континента; 3–5 – наложенные герцинские прогибы: 3 – ранне-среднедевонские, 4 – позднедевонские, 5 – позднедевонско-раннекаменноугольные; 6 – Чарская сутурная зона; 7 – шовные зоны смятия и метаморфизма; 8 – тектонические швы: а – главные, б – второстепенные; 9 – зоны надвигов, границы аллохтонов: а – главные, б – второстепенные; цифры в кружках – структурные зоны (1 – Джунгаро-Балхашская, 2 – Рудно-Алтайская, 3 – Северо-Восточная или Белорецко-Сарымсактинская, 4 – Иртышская, 5 – Цунху-Чинхэская)



ти одновременно для всей планеты (от позднего рифея до триаса – юры), а более дробные циклы Бертрана, по мнению В. Е. Хаина, в целом соответствуют главным (глобальным) эпохам складчатости – байкальской, каледонской и герцинской. Но, как справедливо отвечает В. А. Епифанов [8], время начала и окончания основных геодинамических циклов по данным разных авторов нередко очень сильно расходятся. Одна из причин этого – отсутствие возрастных реперов, или, по меткому выражению С. В. Мейена, «часов», внешних по отношению к геологическим событиям Земли, таких как вращение Земли вокруг Солнца или своей оси. И действительно, трудно представить себе нашу планету и развитие Земли как «вещь в себе», коль скоро она есть продукт космоса.

### Циклы и этапы геологического развития Алтая

В контексте плитотектонической концепции геологическое развитие Алтайского региона происходило на протяжении полного цикла Вилсона длительностью около 450–500 млн лет от предполагаемого раскрытия Палеоазиатского океана в позднем рифее – венде до его полного закрытия в пермо-триасе и юре, что примерно соответствует геогалактической пульсации первого ранга (по В. А. Епифанову). Этот цикл может быть подразделен на три более кратковременных, в целом соответствующих циклам Бертрана (по В. Е. Хаину): океаническо-островодужному продолжительностью около 170 млн лет (венд – ранний ордовик), окраинно-континентальному продолжительностью 160–170 млн лет (ранний ордовик – ранний карбон) и коллизионно-внутриплитному со стадией эпиколлизионной стабилизации продолжительностью 170–180 млн лет (от среднего карбона до юры – начала мела). Можно предполагать и более ранний (рифейский начальный) цикл Бертрана, который фиксирует стадию континентального рифтогенеза, не оставивший геологических реперов на территории Алтая. Последний, пятый цикл (незавершенный платформенно-неоорогенный этап), возможно, является начальным для следующего цикла Вилсона.

При совмещении схемы этапности развития венд-фанерозойских структур Алтая [13] и схемы пульсационного развития Земли по Е. Е. Милановскому [10] и В. А. Епифанову [8] видно соответствие длительности (80–90 млн лет) и возрастных рубежей выделенных этапов развития алтайских структур и геопульсаций второго ранга (по В. А. Епифанову). Последние имеют продолжительность 86,4 млн лет и включают фазы (импульсы) сжатия и расширения длительностью 43,2 млн лет, в нашем случае отчетливо коррелирующиеся со стадиями геологического развития (рис. 2).

Особо, по нашему мнению, следует подчеркнуть, что выделенные по [8] фазы сжатия и растяжения пульсаций второго ранга протекают на фоне более продолжительных фаз сжатия и растяжения

геогалактических пульсаций первого ранга. Можно предполагать их взаимодействие с усилением (при синхронности фаз сжатия или расширения первого и второго ранга) или ослаблением (при возрастном наложении фаз первого и второго ранга противоположных геодинамических режимов) фаз сжатия или расширения геопульсаций второго ранга. Первые (т. е. усиленные фазами пульсаций первого ранга), таким образом, будут *некомпенсированными* (синие стрелки в столбце б на рис. 2), а вторые – частично или полностью *компенсированными* (оранжевые стрелки).

Собственно *океанический этап* развития структур Алтая (650–570 млн лет) в соответствии с фазами пульсаций второго ранга может быть подразделен на относительно пассивную стадию формирования Палеоазиатского океана и стадию его максимального раскрытия.

Первая, ранняя стадия в целом соответствует фазе полного или частично компенсированного сжатия (на фоне цикла расширения геопульсации первого ранга). Вероятно, к этому периоду приурочено формирование широко развитых в Алтае-Саянах кремнисто-карбонатных океанических поднятий: баратальская серия Горного Алтая, кабырзинская и западносибирская свиты Горной Шории, сунгайская серия Салаира.

Вторая, поздняя (вендская) стадия максимального раскрытия Палеоазиатского океана соответствует фазе некомпенсированного (т. е. достаточно интенсивного) расширения (см. рис. 2, столбец б) продолжительностью около 45 млн лет. В это время сформирован основной объем палеоокеанической коры региона, а также в условиях ее интенсивного растяжения заложены структуры океанических вулканических островов, позднее обособленные как Курайско-Баратальский, Катунский, Бийский, Сунгайско-Аламбайский и другие более мелкие симаунты.

*Островодужный венд-раннеордовикский этап* развития региона (570–480 млн лет) в целом соответствует следующей геопульсации второго ранга, включающей более раннюю фазу, вероятно, частично компенсированного сжатия и фазу некомпенсированного расширения с достижением в конце этапа периода («точки») максимального расширения Земли.

На первой стадии (венд – ранний кембрий) происходило заложение и развитие примитивных, вероятно амальгамированных энзиматических островных дуг: на западе (в современных координатах) – Салаирской, Кузнецко-Алтайской, Озерной, на востоке – Джидинской с широким развитием вулканитов основного состава толеитовой и бонинитовой серий.

На второй, позднеостроводужной стадии (525–480 млн лет) с конца раннего кембрия до середины раннего ордовика (вероятно, арениг), соответствующей фазе некомпенсированного расширения, про-







должилось уже более локальное формирование относительно зрелых островных дуг с известково-щелочным и умеренно-щелочным вулканизмом с завершением развития в разное время от среднего кембрия (Курайский сегмент) до раннего ордовика (Салаирская островная дуга). Синхронно на их склонах в периокеанической области формировались обширные бассейны склоновых турбидитов, однообразных по составу от Салаира до Монголии. К концу данной стадии расширения в позднем кембрии – раннем ордовике приурочен максимум интрузивной активности и гранитообразования как на Алтае, так и в смежных регионах [11].

**Пассивно-окаинно-континентальный этап** (480–400 млн лет) синхронен следующей геопульсации второго ранга и разделяется на две также равные по длительности, но контрастные по геодинамике стадии; первая (коллизийная, ордовикская) соответствует фазе некомпенсированного сжатия, вторая (стабилизации, силурийско-раннедевонская) – фазе компенсированного расширения.

Первая стадия (480–440 млн лет) является ключевой для формирования каледонского орогена и характеризуется интенсивными коллизийными событиями на обширных пространствах от Казахстана до Байкала и Центральной Монголии. По данным термохронологических исследований А. В. Травина [12], в основном на этот период времени приходится аккреция новообразованных структур Палеоазиатского океана в интервале 460–505 млн лет. В Алтайском регионе фазе некомпенсированного сжатия соответствует достаточно длительный период коллизии раннекембрийских и кембро-ордовикских островных дуг, вендских океанических симаунтов и периокеанических турбидитовых блоков [1]. Коллизия сопровождалась общим воздыманием территории с формированием фашиально изменчивых нижнемолассовых толщ карбонатно-терригенной формации в пределах резко расчлененного шельфа и, в меньшей степени, континентального склона. По имеющимся данным, к этому периоду относится и формирование значительной части метаморфических комплексов Алтая: ангурепского (485±5 млн лет), курайского (444±10 млн лет), чульчинского (466,7±3,3 млн лет), южночуйского (471±5–468±5 млн лет) [3]. По данным С. Н. Руднева, на данную аккреционно-коллизийную стадию развития структур Алтае-Саянской складчатой области (АССО) приходится период (480–440 млн лет) относительно интенсивного гранитообразования с формированием крупных гранитоидных батолитов [11].

Поздняя силурийско-раннедевонская (440–400 млн лет) стадия пассивно-окаинно-континентального этапа соответствует фазе компенсированного расширения геопульсации второго ранга на фоне общего сжатия Земли (геопульсации первого ранга). В Алтайском регионе это амагматическая стадия стабилизации тектонического режима с до-

минированием карбонатно-терригенной седиментации в пределах обширного бассейна материково-шельфового плато (Горный Алтай) и узкого континентального склона (Рудный Алтай) пассивной окраины Сибирского континента. К концу стадии на большей площади преобладало прибрежно-морское и континентальное осадконакопление озерно-аллювиальных равнин и внутренних морей – олигомиктовой и галечно-песчаной формаций.

**Активно-окаинно-континентальный этап** (400–320 млн лет) включает также различные по геодинамике и равные по длительности стадии: субдукционную, соответствующую фазе некомпенсированного сжатия (ранний – поздний девон) и аккреционно-рифтогенную, соответствующую фазе компенсированного (или частично компенсированного) расширения (поздний девон – ранний карбон). Начало данного этапа ознаменовано кардинальной структурной перестройкой в эмское время, когда, по мнению многих исследователей Алтая и смежных регионов, под окаинно-континентальные структурами предшествующего этапа была заложена сейсмофокальная зона (зона субдукции) в районе Иртышской зоны смятия.

На всем протяжении первой (субдукционной) стадии от Рудного Алтая до Западного Саяна шло формирование локальных наложенных вулканогенных прогибов с вулканитами толеитовой, известково-щелочной и бимодальных серий (с зональностью от формации натриевых риолитов в Рудном Алтае до андезитовой формации в центральной части Горного Алтая и контрастной базальт-риолитовой формации повышенной щелочности в тыловорифтовых зонах Восточного Алтая и Западного Саяна). Во второй половине стадии широко проявлены габбро-гранитоидный интрузивный магматизм с гранитоидами I- и S-типов (локально А-типа) и порфировыми комплексами повышенной щелочности [13].

На поздней (аккреционно-рифтогенной) стадии данного этапа (360–320 млн лет) после снятия кинематической нагрузки установились геодинамические условия «мягкой» коллизии и стабилизации тектонического режима. Сформированные в этот период (конец позднего девона – ранний карбон) наиболее характерные структурно-вещественные комплексы представлены отложениями приразломных впадин и грабенов, автономными гипабиссальными базитовыми силлово-дайковыми комплексами с флюидолитами и редкими массивами сиенит-габбровой формации, в том числе петротипическим Харловским интрузивом, для которого определен изотопный возраст 325,2–339,7 млн лет. На протяжении всего раннего карбона в Алтайском регионе сохранялся квазиплатформенный режим растяжения с локальным рифтогенезом.

**Коллизийный этап** (320–230 млн лет) отчетливо подразделяется на две контрастные по геодинамическому режиму стадии. Первая (средний карбон – ранняя пермь) соответствует фазе некомпенсированного сжатия



пенсированного сжатия, а вторая (средняя пермь – средний триас) – некомпенсированного расширения (см. рис. 2).

Ранняя стадия (320–275 млн лет) фиксирует период «жесткой» (континентальной) коллизии – интенсивной складчатости, метаморфизма, локального (в центральных зонах) формирования вулканоплутонических ассоциаций коллизионных андезитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой, а также синколлизионной гранитовой (калбинский комплекс) формаций. Интенсивный метаморфизм этого периода максимально проявлен в центральных зонах коллизии в Иртышской зоне смятия и в Цунху-Чинхэской зоне окраины Сибирского континента. По данным [2, 3] возраст метаморфических пород парасланцевого матрикса Иртышской зоны смятия 277–325 млн лет. Подобный возраст имеют и термальные метаморфические события в более внутренних частях АССО: в белокурухинском ( $314 \pm 9$  млн лет) и курайском (310 млн лет) полиметаморфических комплексах Горного Алтая, в ташелгинском полиметаморфическом комплексе Кузнецкого Алатау (260–320 млн лет).

Период смены в конце ранней перми геодинамического режима интенсивного некомпенсированного сжатия на некомпенсированное расширение и последующая пермо-триасовая стадия коллизионного этапа, по всей вероятности, также относятся к числу ключевых для всей фанерозойской истории Земли. Прежде всего это «точка» ее максимального сжатия (см. рис. 2, столбец 5) с формированием суперконтинента Пангея, в которой завершается полная геопульсация первого ранга (по В. А. Епифанову). При этом следующая позднеколлизионно-рифтогенная стадия (275–230 млн лет) ознаменована очень многими знаковыми событиями в масштабах как планеты, так и Алтайского региона. Это массовое гранитообразование на огромных пространствах; внедрение автономных дайковых базитовых комплексов с лампрофирами и флюидолитами, в целом формационно подобных базитам поздней стадии активно-окраинно-континентального этапа, и субсинхронное им формирование обширных трапповых полей; интенсивное угленакопление в молассоидных толщах; массовое вымирание биоты. На протяжении этой стадии снижается тектоническая активность на фоне общего снижения «напряженного» состояния Земли. Ко второй половине стадии (ранний – средний триас) относится формирование рифтогенного базальтоидного комплекса фундамента Западно-Сибирской плиты с контрастным континентальным седиментогенезом [7].

**Постколлизионный этап** (230–145 млн лет) включает период с позднего триаса до начала мела. Как и на графике геопульсаций второго ранга по В. А. Епифанову (см. рис. 2, столбец 6), он подразделяется на две стадии: раннюю (поздний триас – ранняя юра) – фазу частично компенсированного

сжатия и позднюю (ранняя юра – ранний мел) – некомпенсированного расширения.

Ранняя стадия (230–185 млн лет) в пределах Алтая и смежных регионов может быть рассмотрена как стадия отраженной тектономагматической активизации со слабой проявленностью тектонических процессов. При этом в позднем триасе – ранней юре фиксируется резкое снижение магматической активности и масштабов гранитообразования; развиты лишь редкие комплексы долеритов, щелочных базальтоидов, субщелочных, редкометалльных и литий-фтористых гранитов с изотопным возрастом 187–211 млн лет.

Поздняя стадия (стадия эпиколлизионной стабилизации) этого этапа (185–145 млн лет) характеризуется спокойным тектоническим режимом и усилением интенсивности осадконакопления на континентах и в океанических бассейнах. В Алтайском и смежных с ним регионах проходило формирование юрских приразломных впадин и основного объема плитного комплекса Западно-Сибирской плиты [7].

**Платформенный этап** (145–55 млн лет) по времени разделяется на две стадии примерно равной продолжительности. Первая, ранняя стадия (ранний мел) на графике геопульсаций второго ранга (см. рис. 2, столбец 6) соответствует фазе частично компенсированного сжатия, а вторая, поздняя стадия (поздний мел – ранний палеоген, начало эоцена) – фазе некомпенсированного расширения. Завершение поздней стадии и всего этапа согласуется с периодом («точкой») максимального расширения Земли на графике геогалактических пульсаций первого ранга (см. рис. 2).

Ранняя стадия (145–100 млн лет) в пределах Алтайского региона и смежных площадей объединяет период общего воздымания территории и преобладания денудационных процессов над локальной континентальной седиментацией в остаточных бассейнах. На рассматриваемой площади ранне-меловые отложения фиксируются только в периферической части Кулундинской впадины и в приразломной Неня-Чумышской впадине Южного Присалярия. В плитном комплексе Западно-Сибирской плиты этот период (неоком) отмечен регрессиями и пульсационным, прерывистым (с большим количеством перерывов) осадконакоплением с преобладанием разнообразных континентальных и мелководно-морских дельтовых, шельфовых и склоновых фаций [7]. В конце данной стадии отмечаются локальные внедрения (юг Тувы, северо-запад Монголии) щелочных базитов и карбонатитов, даек диабазов и лампрофиров.

Поздняя стадия, или стадия пенепплена (100–55 млн лет), в Алтайском регионе может быть рассмотрена как период стабилизации тектонического режима с интенсивным корообразованием на значительных территориях. Локально отмечается внедрение даек щелочных базальтоидов и флюидо-





литов в Минусинском прогибе и Кузнецком Алатау. В среднеплитном комплексе Западно-Сибирской плиты на фоне продолжительной трансгрессии, к эоцену достигшей своего максимума, доминировало морское осадконакопление с высокой скоростью седиментации – талассократический режим Западно-Сибирского бассейна по А. Е. Бабушкину.

**Неоорогенный этап** (55 млн лет – настоящее время) начинается с кардинальной перестройки геодинамического режима и смены фазы расширения (от «точки» максимального расширения Земли) на контракционную фазу в геогалактических пульсациях первого ранга (см. рис. 2, столбец 5). При этом его ранняя, завершенная стадия (эоцен – миоцен) соответствует фазе интенсивного некомпенсированного сжатия, а поздняя, незавершенная стадия (конец миоцена – голоцен) – фазе частично (?) компенсированного расширения в геопульсациях второго ранга (по В. А. Епифанову).

Первая стадия неоорогенного этапа (55–10 млн лет) в Алтайском регионе включает период интенсивных дифференцированных блоковых движений в условиях усиливающегося сжатия. Вероятно, уже на этой стадии, на границе эоцена и миоцена, начинается формирование современного рельефа и образование Алтайских гор. В плитном комплексе Западно-Сибирской плиты вновь, как и во время формирования комплекса неокома в позднем мелу, в этот период, на фоне периодических регрессий и слабых дифференцированных движений фундамента доминируют континентальные условия осадконакопления [7].

Поздняя, незавершенная стадия неоорогенного этапа (10 млн лет – настоящее время) фиксирует начало фазы расширения на фоне общего сжатия Земли. В Алтайском регионе это выражено в стабилизации тектонического режима и формировании неотектонических расколов земной коры, к которым может быть отнесен и грабен Телецкого озера. Также характерно заложение Байкальской рифтовой системы в олигоцене.

### **Фазы складчатости и их корреляция с геопульсациями**

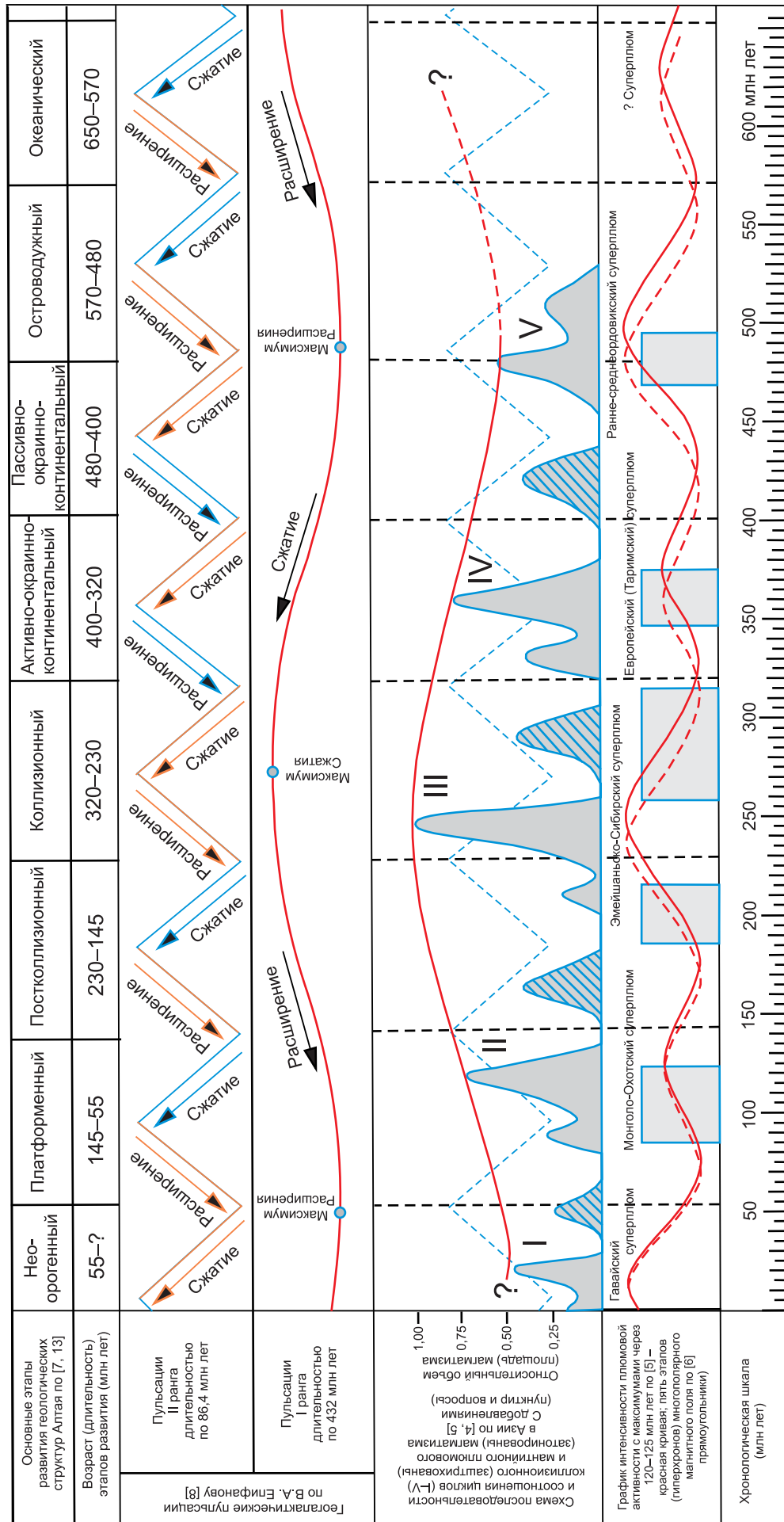
Как можно полагать, наличие фаз складчатости (фаз тектогенеза) свидетельствует о прерывисто-поступательном течении эндогенных процессов в литосфере Земли. При этом, как следует из рис. 2 (столбец 4), существует четкая цикличность проявления эмпирически установленных фаз складчатости [10, 14], повторяющихся через примерно равные промежутки времени. Интервалы между пиками выделенных фаз составляют 40–50 млн лет, как и продолжительность выделенных для Алтайского региона стадий геологического развития. При этом этапам, состоящим из стадии сжатия и стадии растяжения, соответствует пара фаз складчатости (по Е. Е. Милановскому), неравнозначных по интенсивности и геодинамической природе. Первая,

более ранняя (на рис. 2, столбец 4, имеет более темный оттенок) – активная, или транспрессивная фаза тектогенеза (собственно фаза складчатости). Она характеризуется интенсивными складчатыми деформациями, метаморфизмом, интенсивным синдеформационным магматизмом, общим относительным воздыманием территории орогена и широким развитием горизонтальных тектонических движений. Вторая, более поздняя (на рис. 2, столбец 4, имеет более светлый оттенок) – пассивная, или транстенсивная фаза тектогенеза. Она развивается на фоне общего или компенсированного расширения и отличается слабыми складчатыми деформациями, связанными в основном со сбросо-сдвиговыми дислокационными и рифтогенными процессами, ограниченными посткинematическим магматизмом, «развалом» орогена. И те, и другие в геологических разрезах фиксируются несогласиями, вызванными усложнением тектонических движений, что соответствует определению их как фаз складчатости.

**Байкальская складчатость** (поздний венд – ранний кембрий) на Алтае проявлена островодужными процессами с активным базитовым магматизмом. Она приходится на период максимального раскрытия Палеоазиатского океана [4] и смену фазы некомпенсированного расширения (растяжения) на локально проявленное сжатие.

**Салаирская фаза складчатости** (средний кембрий – начало ордовика) фиксируется развитием Салаирской островной дуги более высокой степени зрелости. Является характерным примером транстенсивной фазы тектогенеза в условиях некомпенсированного расширения с формированием рифтогенных структур и вулканизмом умеренно-щелочной серии Салаира. К этому периоду на рубеже позднего кембрия и ордовика, по данным [11], в связи с сочленением островных дуг и океанических поднятий, относится становление большей части островодужных магматических комплексов Горного Алтая и Кузнецкого Алатау. В целом данная фаза складчатости соответствует максимуму расширения Земли в геопульсациях первого ранга (см. рис. 2, столбец 5) с глобальной перестройкой направленности геологических процессов, что подтверждается предполагаемым в указанное время (вторая половина фазы) раскрытием Уральского, Туркестанского и Обь-Зайсанского океанов [5, 9], а также массовым вымиранием биоты.

**Таконская фаза складчатости** (ранний – поздний ордовик) с максимумом в позднем ордовике проявлена интенсивными коллизионными процессами у окраин Сибирского континента синхронно с коллизионными процессами в Европе (грампианская складчатость), в Америке и Австралии (бенамбранская фаза складчатости). Начало приурочено к смене общего расширения Земли (в геогалактических пульсациях первого ранга по В. А. Епифанову) на общее и некомпенсированное сжатие. Со второй



**Рис. 3.** Схема соотношения геопульсаций, этапов геологического развития Алтая, циклов коллизийного и мантийного плумового магматизма и интенсивности плумовой активности по Н.Л. Добрецову [4, 5] (пояснения см. в тексте)





половины раннего ордовика осуществлялось формирование аккреционно-коллизийной структуры Алтая с обмелением бассейнов осадконакопления (смена склоновой лавинной седиментации на шельфовую на большей части площади) и интенсивным метаморфизмом во внутренней части инверсированных островных дуг.

*Позднекаледонская* фаза складчатости (поздний силур – ранний девон) контрастна предыдущей по интенсивности и формам проявления, а по времени соотносится с фазой компенсированного расширения в пульсациях второго ранга. Во многих регионах мира (Южная Азия, Южная и Северная Америка) ее проявление не фиксируется. В Алтайском регионе этот возрастной интервал соответствует стадии стабилизации тектонического режима, накопления верхнемолассовых толщ карбонатно-терригенной и галечно-песчаной формации прибрежно-морских и континентальных фаций. Ранее для Алтая позднекаледонская складчатость была выделена В. П. Нехорошевым в 1950-е гг. на основании ошибочных представлений об отсутствии здесь образований морского нижнего девона и интерпретации трансгрессивного налегания среднедевонских отложений на более древние, в том числе метаморфизованные толщи. Для данного возрастного интервала предполагается максимальное раскрытие Уральского океана и начало раскрытия палеоокеана Палеотетис I [4, 5], что свидетельствует о преобладании в это время процессов расширения.

*Тельбесская* фаза складчатости (средний – поздний девон и, возможно, начало карбона) также является одной из самых интенсивных как на всей планете, так и в Алтайском регионе. Соответствует фазе некомпенсированного сжатия в геопульсациях второго ранга (см. рис. 2, столбец б) и синхронна бретонской и свальбардской фазам складчатости в Европе, антлерской и аккадской фазам в Северной Америке. На Алтае она фиксируется периодом высокой тектонической и магматической активности и резкой структурной перестройки в связи с развитием конвергентной континентальной окраины в условиях сильного сжатия при резком сокращении Обь-Зайсанского остаточного океанического бассейна. Для этого периода характерны высокоинтенсивный вулканизм и интрузивный магматизм с формированием габбро-гранитоидных серий, метаморфические процессы (южночуйский комплекс с возрастом 380–386 млн лет).

*Саурская* фаза складчатости (ранний карбон) на Алтае также была выделена В. П. Нехорошевым в 1940–1950-х гг. главным образом на основании установления наличия гальки (?) гранодиоритов саурского комплекса, массивы которых прорывают отложения ульбинской в верхневизейских (?) отложениях. В настоящее время возраст саурского габбродиорит-гранодиоритового комплекса определяют как серпуховский век, а время его формирования относят к раннеколлизийной стадии в противовес

собственно коллизийной в среднем карбоне – ранней перми [2]. На Алтае в данный период преобладали рифтогенные процессы на фоне общей квазикратонной стабилизации. В планетарном масштабе саурская фаза складчатости не имеет возрастных аналогов в Европе и Америке, а по данным [4, 5, 9] согласуется с периодом активного образования океанической коры (380–320 млн лет) с раскрытием новой генерации Уральского океана и Палеотетиса.

*Уральская* фаза складчатости (средний карбон – ранняя пермь) отчетливо синхронизирована с фазой некомпенсированного сжатия геопульсации второго ранга и периодом («точкой») максимального сжатия (в ранней перми) в геопульсациях первого ранга по В. А. Епифанову (см. рис. 2). По плейтотектоническим представлениям она соответствует «жесткой» коллизии в результате столкновения Сибирского, Казахстанского и Восточно-Европейского кратонов и в соответствии с этим является самой интенсивной фазой тектогенеза всего Центрально-Азиатского складчатого пояса с кардинальной структурной перестройкой и формированием коллизийной структуры Алтая. На обширной территории этот продолжительный период (320–280 млн лет) сопровождался формированием динамометаморфических и зональных метаморфических комплексов, а в центральных зонах коллизии – интенсивным магматизмом. Уральская фаза складчатости с формированием Уральского коллизийного шва отчетливо синхронизируется с аллеганской («аппалачская революция» Дж. Дэна) и маратонской фазами складчатости Северной Америки, судетской и астурийской фазами тектогенеза Европы. К этому времени относится и формирование суперконтинента Пангея.

*Пфальцская* фаза складчатости (поздняя пермь – ранний триас) выделена в Европе, но не зафиксирована в Северной Азии, а в Северной Америке (кассиарская фаза) проявлена внедрением гипербазитов, что более согласуется с рифтогенезом, но не с орогенезом. В геологической истории Алтайского и смежных с ним регионов (до Урала, Сибирской платформы и Северного Вьетнама) данный период считается одним из основных, причем главным образом в связи с последовательным или почти одновременным действием суперплюмов – Сибирского, Эмейшаньского и Таримского [4, 5]. На графике геопульсаций (см. рис. 2, столбцы 5, 6) он соответствует фазе некомпенсированного расширения и периоду кардинальной смены геодинамического режима. Как позднеколлизийно-рифтогенная стадия, характеризуется интенсивным магматизмом с формированием анорогенных гранитов А-типа, обширных трапповых полей в Кузбассе и на Сибирской платформе, а в складчатых областях – дайковых поясов базитов с лампофирами и флюидолитами. К этому же времени, как к одной из эпох активного образования океанической коры, можно отнести раскрытие Монгольско-Охотского океана [4].



*Индосинийская* фаза складчатости (поздний триас – ранняя юра, 220–190 млн лет) также не выделяется в Северной Азии, субсинхронна древнекimmerийской фазе Европы и не имеет возрастных аналогов в Америке, т. е. в планетарном масштабе выражена неравномерно. На графике геогалактических пульсаций она соответствует фазе сжатия геопульсаций второго ранга на фоне нарастающего расширения геопульсации первого ранга (см. рис. 2), с чем, возможно, связана и неравномерность ее проявленности в масштабах планеты. В Алтайском регионе с этой фазой синхронизируется стадия отраженной (?) тектономагматической активизации со слабыми континентальным осадконакоплением и магматизмом. В других регионах в это время происходит сокращение океанических и морских бассейнов. В позднем триасе были закрыты все океанические бассейны Палеотетиса с причленением к Евразии Тибета, Кунь-Луна и Памира.

*Новокиммерийская* фаза складчатости (средняя юра – начало мела) соответствует фазе некомпенсированного расширения, для геологической истории Алтая проявленной как стадия эпиколлизионной стабилизации. Процессы этой фазы (170–145 млн лет) не выражены на рассматриваемой территории, но в смежных регионах они фиксируются расширением и углублением бассейнов седиментации (например, морской среднеплитный комплекс Западно-Сибирской плиты), а в планетарном масштабе – раскрытием Мезотетиса и Атлантического океана.

*Колымская* фаза складчатости (ранний мел) отличается усилением денудационных процессов при общем воздымании территории и соответствует фазе компенсированного сжатия в геопульсациях второго ранга. В целом подобна поздне триас-раннеюрской стадии слабой отраженной тектономагматической активизации. Практически не фиксируется в регионах Центральной и Западной Азии, уже представляющих к этому времени части стабильного кратона. В планетарном масштабе знаменуется некоторым сокращением океанических бассейнов и началом развития крупных орогенических поясов: Альпийско-Гималайского (австрийская фаза складчатости) и Охотско-Чукотского. В Южной Азии проявлены среднетяньшаньская фаза складчатости с тектономагматической активизацией Сино-Корейской платформы и коррелирующийся с ней «орогенез Сакава».

*Ларамийская* фаза складчатости (поздний мел – ранний палеоген, палеоцен) в Алтайском регионе выделяется как стадия пенеплена и на рис. 2 соответствует фазе некомпенсированного расширения, подобной юрской, но с достижением «точки» максимального расширения. Проявлена периодом интенсивного корообразования в обстановке стабильного субкратонного тектонического режима. Однако в планетарном масштабе для этого периода (80–50 млн лет) отмечается интенсивный рост океанической коры с раскрытием бассейнов Атлантического океана после раскола Лавразии и отделе-

ния Южной Америки от Африки. Возможно, к концу данной фазы (периоду максимального расширения) относится заложение Африкано-Аравийской рифтовой системы.

*Маошаньская* фаза складчатости (средний палеоген, эоцен – ранний неоген, миоцен) не выделяется в Северной Азии, но интенсивно проявлена на окраинах крупных кратонов. Начало данной фазы в середине эоцена соответствует «точке» смены геодинамического режима общего расширения Земли на режим сжатия, а весь период (55–10 млн лет) соответствует фазе некомпенсированного сжатия (см. рис. 2). На Алтае с данной фазой согласуется период интенсивных дифференцированных тектонических блоковых движений в условиях общего сжатия. В планетарном масштабе в это время фиксируются падение уровня мирового океана, формирование внутриконтинентальных орогенов (Альпийско-Гималайский складчатый пояс, Индский коллизионный шов) и окраинно-континентальных складчатых поясов (Кордильерский складчатый пояс).

Современный период развития Земли (ранний неоген, конец миоцена – настоящее время, с 10–0 млн лет) соответствует фазе расширения в геопульсациях второго ранга. На Алтае и в смежных регионах АССО данная фаза характеризуется активизацией рифтогенных процессов и может быть выделена как предрифтовая стадия [7]. Наряду с формированием Байкальской рифтовой системы в Восточном Саяне, Восточной Туве и Северной Монголии с миоцена формируются платобазальты с повышенной щелочностью. В других районах Земли в это время активно развиваются рифтовые зоны океанов и континентов (Африкано-Аравийская рифтовая система). В планетарном масштабе неравномерно для разных морских и океанических бассейнов выражена трансгрессия и подъем уровня мирового океана. Так, в Атлантическом океане в настоящее время во всех шельфовых районах установлено затопление речных долин и дельт.

### Геопульсации и циклы плюмовой активности

Пульсационный характер плюмовой активности (т. е. активности внутренних геосфер Земли) устанавливается вполне определенно [4, 5, 9], но возрастные границы циклов и максимумы плюмовой активности с течением времени уточняются и иногда значительно расходятся. По данным Н. Л. Добрецова [4], интенсификация плюмовой активности характеризуется периодичностью около 30 млн лет с максимумами изотопных дат 570, 520, 485, 450, 420, 360, 330, 270 млн лет, а периоды проявления суперплюмов приходятся на 485, 360, 245 и 120 млн лет (рис. 3, пунктирная красная кривая на графике интенсивности плюмовой активности). Выделены следующие мантийно-коллизионные циклы (млн лет): I – кайнозойский (65–0); II – юрско-меловой (180–80); III – пермско-триасовый (300–200); IV – силурийско-девонский (430–320); V – ордовик-



ский (500–440). В последующем эти цифры были уточнены, установлены главные максимумы плюмовой активности с периодичностью 120–125 млн лет (740, 620, 495, 375, 250, 125, 10 млн лет) (рис. 3, сплошная красная кривая) [5], а самых крупных из них – через 250 млн лет (495, 250 и 10 млн лет). Нетрудно увидеть почти полное совпадение данных пиков с периодами максимального расширения (500–470 и 50–10 млн лет) или максимального сжатия (260–240 млн лет) Земли в геогалактических пульсациях первого ранга (по В. А. Епифанову). При этом фанерозойский максимум плюмовой активности по объему (площади) плюмового мантийного магматизма (высшая точка аппроксимирующей синусоиды – красной линии на схеме соотношения циклов магматизма на рис. 3) соответствует периоду максимального сжатия, а минимумы (в кембрийском и в кайнозойском) – периодам максимального расширения в геопульсациях первого ранга.

В плюм-тектонических построениях последних лет японские и китайские специалисты предполагают существование еще одного очень крупного суперплюма в неопротерозойское время (740–830 млн лет), предопределившего распад Родины 750–720 млн лет назад и «попадающего» на следующую высшую точку синусоиды плюмовой интенсивности – на период максимального сжатия Земли (около 730–740 млн лет).

Можно констатировать четкую согласованность кривых плюмовой активности и геогалактических пульсаций первого ранга: периоды снижения плюмовой активности соответствуют периодам максимального расширения Земли, а периоды максимумов (наиболее мощные суперплюмы) – периодам ее максимального сжатия. При этом на фоне общего прогрессирующего сжатия интенсивность периодически проявляющихся крупных мантийных плюмов растет, а на фоне расширения – снижается.

Более сложные соотношения устанавливаются между периодами высокой плюмовой активности (ордовикский, европейский и девонский таримский, монголо-охотский меловой, гавайские суперплюмы) и периодами геопульсаций второго ранга. Но, так или иначе, с учетом некоторой неопределенности возраста пиковых стадий плюмовой активности выделенные мантийные суперплюмы (по Н. Л. Добрецову) по их среднему возрасту согласуются с периодами смены геодинамических режимов (фазовых переходов) в геопульсациях второго ранга. А выделенные мантийно-коллизийные циклы (I–V на рис. 3) по [4] в целом соответствуют трем смежным фазам (трициклам?) в геопульсациях второго ранга. Из общей логической схемы несколько выбиваются выделенные пики коллизийного магматизма при общей неопределенности данного понятия.

## Выводы

Структурный ансамбль Алтая был в основном сформирован в интервале от кембрия до перми,

точно соответствующем фазе сжатия (контракционному периоду) геогалактической пульсации первого ранга. В этом возрастном диапазоне решающими для главных структурных тектонических преобразований были три фазы тектогенеза (складчатости), соответствующие фазам некомпенсированного сжатия в геогалактических пульсациях второго ранга (по В. А. Епифанову): таконская, тельбесская и уральская. Первая знаменует продолжительные аккреционно-коллизийные события на значительных пространствах конвергентных окраин Сибирского континента; вторая соответствует периоду развития новой конвергентной окраины с интенсивным магматизмом, метаморфизмом, активной сдвиго-надвиговой и сдвиго-раздвиговой тектоникой в условиях транспрессии; третья представляет собой «жесткую» коллизию с формированием метаморфических комплексов, гранитоидных поясов и складчатой структуры в условиях максимального сжатия.

В последующий длительный период развитие Алтайского и смежных с ним регионов согласуется с экспансионным периодом геогалактической пульсации первого ранга и характеризуется преобладанием циклично проявляющихся (в соответствии с геопульсациями второго ранга) процессов рифтогенеза, трансгрессий и регрессий. Кайнозойский (с эоцена) этап развития Алтая, после смены общего расширения Земли на ее сжатие (начало очередного контракционного периода в геогалактических пульсациях первого ранга), возможно, представляет собой начало нового цикла Вилсона.

Таким образом, при рассмотрении схем геологического и геодинамического развития Земли и Алтайского региона в контексте пульсационной, плейт-тектонической и плюм-тектонической концепций совершенно определенно устанавливается их согласованность при совпадении выделяемых разными авторами и с разных позиций циклов, периодов, этапов и стадий. С позиций пульсационного развития Земли находят свое объяснение и плейт-тектонические построения, такие, например, как строго закономерная, а не хаотическая смена орогенных режимов сжатия на рифтогенные режимы растяжения и основные положения плюм-тектоники с циклическим развитием так называемых суперплюмов, являющихся результатом активизации процессов во внутренних геосферах Земли. При этом можно надеяться, что рассмотрение самых различных геологических процессов в глубинах и на поверхности нашей планеты, поиск причинно-следственных связей ее развития и саморазвития как синергетической системы в тесной взаимосвязи концепции геопульсаций с другими геотектоническими концепциями будет более эффективными. Уместно в связи с этим привести и известное высказывание Луи де Бройля: «...Мы должны считать подлинным обобщением только такую гипотезу, которая не отвергает пред-





шествующие гипотезы, а превращает их в частные случаи».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Большой Алтай:** Геология и металлогения. В 3 кн. Кн. 1. Геологическое строение / Г. Н. Щерба, Б. А. Дьячков, Н. И. Стучевский и др. – Алматы, Фылым, 1998. – 304 с.
2. **Геодинамическая** карта восточной части Палеоазиатского океана / Н. А. Берзин, Р. Г. Колман, Н. Л. Добрецов и др. // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35, вып. 7–8. – С. 8–28.
3. **Гусев Н. И.** Метаморфические комплексы Горного Алтая: вещественный состав и геохронология. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publ., 2013. – 71 с.
4. **Добрецов Н. Л.** Раннепалеозойская тектоника и геодинамика центральной Азии: роль раннепалеозойских мантийных плюмов // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 12. – С. 1957–1973.
5. **Добрецов Н. Л.** Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, № 1–2. – С. 5–27.
6. **Диденко А. Н.** О возможной причине квазипериодических колебаний частоты геомагнитных инверсий и величины  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в морских карбонатных породах в фанерозое // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52, № 12. – С. 1945–1956.
7. **Западная Сибирь** // Геология и полезные ископаемые России. В 6 т. Т. 2 / гл. ред. В. П. Орлов, ред. т. 2 А. Э. Конторович, В. С. Сурков. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – 477 с.
8. **Епифанов В. А.** Геогалактические пульсации, пространство-время Земли и гармония стратиграфической шкалы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 4 (12). – С. 90–103.
9. **Кузьмин М. И., Ярмолюк В. В., Кравчинский В. А.** Абсолютные палеогеографические реконструкции Сибирского континента в фанерозое: к проблеме оценки времени существования суперплюмов // Докл. РАН. – 2011. – Т. 437, № 1. – С. 68–73.
10. **Милановский Е. Е.** Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в фанерозое (проблемы пульсаций и расширения Земли) // Геотектоника. – 1978. – № 6. – С. 3–16.
11. **Руднев С. Н.** Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озерной зоны Западной Монголии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 300 с.
12. **Травин А. В.** Термохронология раннепалеозойских коллизионных, субдукционно-коллизионных структур Центральной Азии // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 3. – С. 553–574.
13. **Туркин Ю. А., Федак С. И.** Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая / науч. ред. В. М. Исаков. – Томск: STT, 2008. – 460 с.

14. **Хаин В. Е.** Тектоника континентов и океанов (год 2000) / В. Е. Хаин. – М.: Научный мир, 2001. – 606 с.

#### REFERENCES

1. Shcherba G. N., Dyachkov B. A., Stuchevsky N. I., et al. *Bolshoy Altay: (Geologiya i metallogeniya). Tom 1. Geologicheskoe stroenie* [The Great Altai: (Geology and Metallogeny). Vol. 1. Geological structure]. Almaty, Fylym, 1998. 304 p. (In Russ.).
2. Berzin N. A., Kolman R. G., Dobretsov N. L., Zonenshayn L. P., et al. [Geodynamic map of the eastern Paleo-Asian Ocean]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1994, vol. 35 (7–8), pp. 8–28. (In Russ.).
3. Gusev N. I. *Metamorficheskie komplekсы Gornogo Altaya: veshchestvennyy sostav i geokhronologiya* [Metamorphic complexes of Gorny Altai: material composition and geochronology]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publ. 2013. 71 p. (In Russ.).
4. Dobretsov N. L. Early Paleozoic tectonics and geodynamics of Central Asia: role of mantle plumes. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52, no.12, pp. 1539–1552.
5. Dobretsov N. L. Evolution of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altai-Sayan region within the Ural-Mongolian fold belt (Paleoasian Ocean). *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 2003, vol. 44 (1–2), pp. 5–27. (In Russ.).
6. Didenko A. N. Possible causes of quasiperiodic variations in geomagnetic reversal frequency and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in marine carbonates through the Phanerozoic. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2011, vol. 52 (12), pp. 1530–1538.
7. Zapadnaya Sibir [West Siberia]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii* [Geology and mineral resources of Russia]. In 6 volumes. Vol. 2. Ed.-in-Ch. Orlov V. P., ed. of the 2<sup>nd</sup> volume: Kontorovich A. E., Surkov V. S. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2000. 477 p. (In Russ.).
8. Epifanov V. A. [Geogalactic pulsations, space-and-time of the Earth and harmony of the stratigraphic scale]. *Geologiya i mineralno-syryevye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2012, no. 4 (12), pp. 90–103. (In Russ.).
9. Kuzmin M. I., Yarmolyuk V. V., Kravchinsky V. A. [Absolute paleogeographic reconstructions of the Siberian continent in the Phanerozoic time: the problem of determination of superplumes existence time]. *Doklady RAN – RAS Proceedings*, 2011, vol. 437 (1), pp. 68–73. (In Russ.).
10. Milanovsky E. E. Some regularities in tectonic evolution and volcanism of the Earth in the Phanerozoic time (the problem of pulsating and expanding Earth). *Geotektonika – Geotectonics*, 1978, no. 6, pp. 3–16. (In Russ.).
11. Rudnev S. N. *Rannepaleozoyskiy granitoidnyy magmatizm Altae-Sayanskoy skladchatoy oblasti i Ozeronoy zony Zapadnoy Mongolii* [Early Paleozoic granit-



oid magmatism in the Altai-Sayan folded region and the Lake Zone in western Mongolia]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2013. 300 p. (In Russ.).

12. Travin A. V. [Thermochronology of Early Paleozoic collisional and subduction-collisional structures of Central Asia]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2016, vol. 57, no. 3, pp. 434–450.

13. Turkin Tu.A., Fedak S.I. *Geologiya i strukturno-vestshchestvennye komplekxy Gornogo Altaya* [Geology and structural-material complexes of Gorny Altai]. Ed. by Isakov V.M. Tomsk, STT Publ., 2008. 460 p. (In Russ.).

14. Khain V. E. *Tektonika kontinentov i okeanov (god 2000)* [Tectonics of continents and oceans (2000)]. Moscow, Nauchny Mir Publ., 2001. 606 p. (In Russ.).

© Ю. А. Туркин, 2017