ЛИТОСФЕРА, 2015, № 2, с. 5–16

УДК 551.24;118.1(5)(4)

СЕДИМЕНТОГЕНЕЗ И ГЕОДИНАМИКА В ПОГРАНИЧНУЮ МЕЛ-ПАЛЕОГЕНОВУЮ ЭПОХУ ПЕНЕПЛЕНИЗАЦИИ КОНТИНЕНТОВ. СООБЩЕНИЕ 2. ПЛАТФОРМЫ И ПОДВИЖНЫЕ ПОЯСА

© 2015 г. Ю. Г. Цеховский

Геологический институт РАН
109017, Москва, Пыжевский пер., 7
E-mail: tsekhovsky@mail.ru

Поступила в редакцию 01.07.2014 г.

В статье приводятся данные о ландшафтах, геодинамическом режиме и осадконакоплении в пограничную мел-палеогеновую эпоху, особенностью которой являлось выравнивание большей части суши на всех континентах. Показано, что на платформах, а также в подвижных поясах (где субсинхронно проявилась ларамийская фаза тектогенеза) доминировали обстановки растяжения земной коры. Они приводили к выравниванию рельефа (с формированием кор выветривания и продуктов их перемыва), которое охватывала платформы и отдельные участки подвижных поясов, а также к базальтовому вулканизму и рифтообразованию. Последние наиболее характерны для подвижных поясов и океанических районов. Установлено, что в подвижных поясах характеризуемой эпохи, где доминировали обстановки растяжения, проявлялись также и процессы сжатия земной коры, игравшие второстепенную роль. Они приводили к формированию орогенов, складчато-надвиговых деформаций и сопровождались преимущественно средним и кислым по составу вулканизмом. При этом на суше накапливались межгорные молассы и угленосные формации. Доминирование отмеченных признаков, характерных для обстановок сжатия земной коры, служит основанием для выделения орогенных эпох конструктивного тектогенеза. В этой связи их антипод – эпохи пенепленизации рельефа обычно связывают с режимом тектонического покоя. Однако, на примере пограничной мел-палеогеновой эпохи показано, что резкая активизация процессов растяжения, проявившаяся на платформах и особенно интенсивно – в подвижных окраинах континентов и океанических районах, позволяет относить их к особой категории тектонически активных эпох с преобладанием деструктивного типа тектогенеза. Главным признаками подобных эпох являются: пенепленизация рельефа с формированием площадных кор выветривания, заложение рассеянных грабенов или их поясов, усиление рифтообразования, базальтового вулканизма и гидротермальной деятельности.

Ключевые слова: *пограничная мел-палеогеновая эпоха, геодинамика, осадконакопление, пенеплены, платформы, подвижные пояса, деструктивный тектогенез.*

Для пограничной мел-палеогеновой эпохи (кратко именуемой раннекайнозойской и характеризующейся субглобальной пенепленизацией суши) рассмотрим главные особенности распределения и масштабы проявления на рубеже мела и палеогена обстановок с контрастным тектоническим режимом (сжатия или растяжения земной коры) в платформенных районах и подвижных поясах различных континентов, охваченных ларамийским тектогенезом. Для выявления этих обстановок, как и в первой статье настоящего сообщения (Цеховский, 2015), затрагивающего регионы Центральной и Восточной Евразии, будем использовать следующие главные признаки.

Поднятия суши, возникновение контрастного рельефа с широким развитием орогенов и проявлений складчато-надвиговых деформаций, наличие продуктов среднего и кислого по составу вулканизма, а также накопление в бассейнах седиментации моласс будем связывать с активизацией обстановок сжатия земной коры и проявлениями конструктивного тектогенеза. Согласно литературным данным, они наиболее отчетливо затронули подвижные пояса, где в конце мела и палеоцене проявилась ларамийская фаза тектогенеза (Хаин, Балуховский, 1993; Хаин, 2001).

Связанное с растяжением земной коры понижение суши, выравнивание ее поверхности (с возникновением пенепленов, площадных кор выветривания и продуктов их перемыва), а также усиление базальтового вулканизма, рифтообразования вслед за В.Е. Хаиным (1976) отнесем к индикаторам деструктивного тектогенеза. Однако учтем, что к его важным дополнительным признакам относятся активизация гидротермальной деятельности и возникновение рассеянных грабенов или их поясов (Никонова, Худяков, 1982, 1983; Цеховский, 2015). При характеристике продолжительной по времени пограничной мел-палеогеновой эпохи повышенное вни-

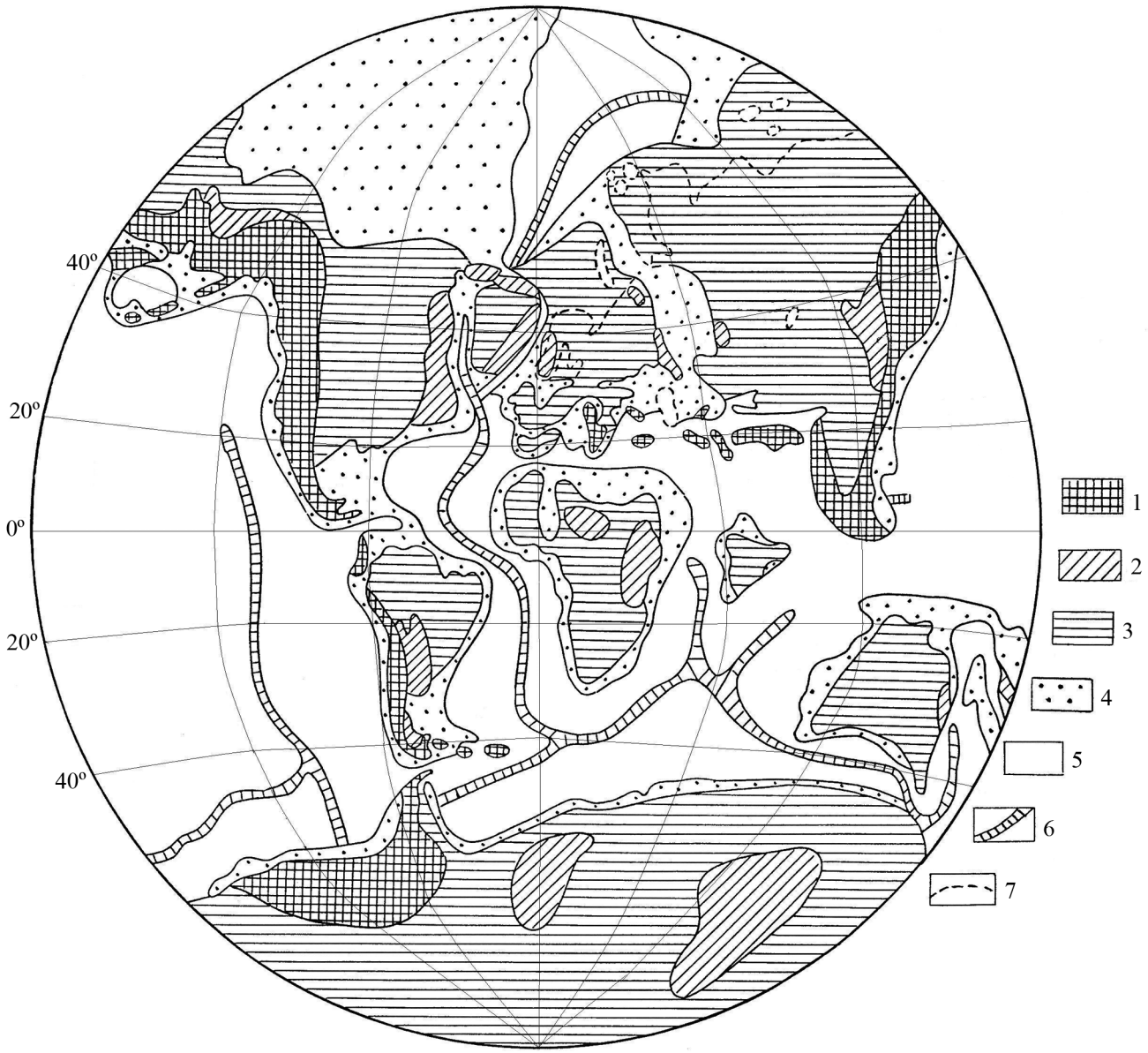


Рис. 1. Схематическая карта рельефа континентов в позднем палеоцене по (Ронов и др., 1989).

1 – горные ландшафты, 2 – возвышенная суша, 3 – низкая суша, 4 – моря (внутренние и окраинные), 5 – океаны, 6 – оси спрединга, 7 – северная граница современной Евразии.

Fig. 1. Schematic map of continental topography in the Late Paleocene after (Ronov et al., 1989).

1 – Mountain landscapes, 2 – highlands, 3 – lowlands, 4 – seas (landlocked and marginal), 5 – oceans, 6 – spreading axes, 7 – north border of modern Eurasia.

мание будет уделено палеоцену – наиболее представительному отрезку времени, рассмотрению ландшафтов, геодинамики и осадконакопления которого посвящены публикации многих геологов.

ПЛАТФОРМЕННЫЕ ОБЛАСТИ КОНТИНЕНТОВ

На примере схематической карты рельефа позднего палеоцена (рис. 1) можно видеть, что характерным признаком всех континентов Земли в позднем палеоцене являлся преимущественно равнинный характер суши с доминированием низменных и возвышенных равнин, охвативших большую по площади ее часть – платформенные районы (Ронов и др., 1989). Здесь отсутствовали горные массивы, а выравнивание рельефа достигало крайней степени и сопровождалось появлением пенепленов с площадными гумидными или аридными корами выветривания.

Охарактеризованная раннее (Цеховский, 2015) для районов Центральной и Восточной Евразии раннекайнозойская поверхность выравнивания имела субглобальное развитие. Она называется в Африке “великой африканской”, в Австралии – “австралийской”, в Южной Америке – “суламерийской”, в Северной Америке – “шулийской” (Кинг, 1968). Ее формирование обычно начиналось в конце позднего мела с максимальным развитием в палеоцене, а также первой половине эоцена и ограничивалось началом пиренейской эпохи (вторая половина эоцена). Широкое развитие пенепленов сопровождалось массовым формированием платформенных месторождений элювиально-осадочных каолинит-бокситовых пород на разных континентах (Цеховский, 1987; Бушинский, 1975; Богатырев и др., 2009).

Нередко к индикаторам ларамийского тектогенеза на платформах относят появление угловых несогласий, трансгрессий или регрессий. Однако они однозначно не позволяют идентифицировать особенности тектонического режима, а их природа может быть различной. Лишь изредка на равнинной платформенной суше фиксируются обстановки сжатия. Например, на Западно-Европейской платформе обстановки сжатия ларамийской эпохи привели к закрытию ряда мелких морских бассейнов, местами – к появлению сдвигово-надвиговых и в меньшей мере складчатых деформаций (Zigler, 1987). В частности, интракратонные складчатые зоны установлены в ряде испытавших инверсию авлакогенов: Иберийском, Вест-Сол – в Северном море, Уилд-Артуа – в районе Па-де-Кале, Центрально-Ла-Маншском и Поморско-Куявском (в Польше). Наиболее заметны эти деформации вдоль линии Торнквиста, а также в регионах платформы, приграничных с подвижным поясом (Восточные Судеты, Богемский массив, Нижняя Саксония и др.). Время главных деформаций сжатия ларамийской эпохи для рассматриваемой территории определяют средним палеоценом; их слабые проявления фиксируются также в маастрихте и датском веке (Zigler, 1987). Но в целом площади с доминированием обстановок сжатия земной коры имели на платформах ограниченное распространение.

В платформенных областях континентов раннего кайнозоя резко активизировался преимущественно базальтовый трапповый вулканизм (Макаренко, 1988, 1993; Ронов и др., 1989; Хаин, Балуховский, 1993). Масштабные излияния палеоцен-эоценовых лав происходили в Западной Гренландии (мощность пикрит-базальтов достигает здесь 8 км) и на п-ве Индостан (траппы Декана с объемом продуктов вулканизма порядка 3 млн км^3). Значительные площади развития покровных базальтов установлены в Южной Америке, Юго-Западной Африке, Западной Австралии, Британии, а также на Шпицбергене, где лавы залегают на поверхности пенеплена. Еще раз подчеркнем отмеченную выше характерную особенность траппового базальтового вулканизма – его активизация в пределах равнинной суши не сопровождалась возникновением горного рельефа.

Масштабные проявления вулканизма конце мела и начале палеогена могут объяснить необычный характер пограничной эпохи, причины чего пока остаются дискуссионными. В частности, Г.Ф. Макаренко (1988), ссылаясь на результаты исследований Д.М. Маклена, отмечает, что высокий объем одних только излившихся базальтовых лав провинции Декан способен обеспечить появление иридиевой аномалии на рубеже мела и палеогена. При этом сопровождавший вулканизм вынос значительных объемов углекислого газа и связанный с этим парниковый эффект может объяснить глобальное потепление климата, отмечаемое в раннем кайнозое.

ПОДВИЖНЫЕ ПОЯСА

Традиционно считают, что на рубеже мела и палеогена Тихоокеанский и Средиземноморский подвижные пояса были охвачены ларамийским тектогенезом (Ронов и др., 1989; Хаин, Балуховский, 1993). Однако авторы этих публикаций на примере палеоценовой эпохи отмечают, что активная тектоническая деятельность (выраженная в деформациях и шарьировании) была сосредоточена здесь лишь в узких зонах подвижных поясов (за исключением Кордильер Северной Америки) на окраинах континентов. Причем в большинстве регионов тектонические движения проявлялись в форме блоковых поднятий, сопровождавшихся орогенезом (см. рис. 1), а также флексур, блоковых перемещений и сводовых воздыманий. Рассмотрим главные особенности тектонического режима в Тихоокеанском и Средиземноморском подвижных поясах.

В **Тихоокеанском подвижном поясе** ларамийский тектогенеза проявился наиболее масштабно. В Северной Америке (северо-восточном его секторе), по данным (Мезозойско-кайнозойские..., 1977; Ронов и др., 1989; Хаин, Балуховский, 1993), тектогенез охватывал большие площади и способствовал поднятию складчатого орогена Кордильер (см. рис. 1). Его формированию сопутствовали вулканизм и накопление моласс. Древний горный массив имел более низкие высотные отметки по сравнению с современной эпохой (Ирдли, 1954; Ронов и др., 1989). Кроме того, в позднем палеоцене и эоцене выявлены эпизоды снижения тектонической активности и появление поверхностей выравнивания на его территории.

Особенности проявления ларамийского тектогенеза в северо-западном секторе Тихоокеанского пояса были раскрыты ранее при характеристике тектонического режима на восточной подвижной окра-

ине Евразии (Цеховский, 2015). Здесь в конце мела–начале палеогена отмечена невысокая тектоническая активность и сравнительно небольшие площади, охваченные орогенезом и складчатыми деформациями. При этом установлено широкое площадное распространение индикаторов растяжений земной коры: пенепленов с корами выветривания, поясов грабенообразования, базальтового вулканизма и рифтовых зон.

В **Средиземноморском подвижном поясе** тектонический режим, ландшафты и процессы осадконакопления эпохи ларамийского тектогенеза менялись по латерали (Мезозойско-кайнозойские..., 1977; Ронов и др., 1989; Хаин, 1984, 2001; Хаин, Балуховский, 1993). Западный и Центральный его сегменты (Альпийская область) были покрыты морями Тетиса с островами (см. рис. 1). Здесь с ларамийским тектогенезом связывают пологие поднятия осевых частей будущих горных сооружений и в меньшей мере проявления орогенеза и складчато-надвиговых деформаций. На данной территории импульс сжатия отразился в локальном формировании надвигов, складчатости, шарьяжей в пределах Бетских Кордильер, Пиренеев, Восточных Альп, Балканид, Карпат, Малого Кавказа, Восточной Турции и Южного Ирана (Мезозойско-кайнозойские..., 1977; Хаин, 1984; Хаин, Балуховский, 1993). В ряде регионов закрываются малые океанические бассейны (Адамия и др., 1974). Структурные перестройки в это время не затронули многие районы Альпийской области (например, Горный Крым, Большой Кавказ, Копетдаг и др.).

Вместе с тем в западном сегменте пояса (территория Средиземноморья) отмечалось ослабление тектонической активности. Здесь на островах и окраине материковой суши был широко развит равнинный рельеф, где нередко проявлялись процессы латеритного выветривания и формировались карстовые бокситы (Бушинский, 1975; Бардошши, 1981). Их многочисленные месторождения известны на юге Франции, в Италии, Венгрии, Албании, Греции, единичные проявления – в Турции. Слабый снос терригенного материала с раннепалеогеновой выровненной островной и материковой суши приводил к накоплению в прилегающих морях преимущественно карбонатных и глинистых отложений (Golonka, 2004).

Для конца мела и начала палеогена на территории Альпийской складчатой области М.Г. Леонов (1980) отмечает невысокую интенсивность образования олистостром (важного индикатора тектонической активности и орогенеза в обстановках сжатия земной коры). Здесь в верхах мела, низах палеоцена и верхах эоцена олистостромы имеют ограниченное развитие, а в верхней половине палеоцена и нижнем-среднем эоцене они совсем не встречаются.

В Центральном секторе Средиземноморского пояса усиливались поднятия, прекращалось образование бокситов, появлялись районы с горным рельефом (Карпаты, Родопы, участки Турции и Закавказья), а в Восточном сегменте (Гималайско-Индонезийская область) горные ландшафты становятся доминирующими.

Для Центрального и Восточного сегментов Средиземноморского пояса пенепленизированные ландшафты в целом были не характерны. Их раннекайнозойские реликты встречены лишь в Низких Гималаях (Хаин, 1984). Однако во второй половине палеоцена процессы выравнивания затронули и некоторые прилегающие к ним с запада регионы Центрального сектора пояса, что связывается с кратковременным ослаблением коллизии Африканской и Евразийской плит (Хаин, Балуховский, 1993).

В конце мела и начале палеогена на территории Средиземноморского пояса широко проявлялись обстановки растяжения земной коры, с которыми связывают возникновение островных дуг, задуговых бассейнов, а также рифтов. К числу последних, например, относят Аджаро-Триалетский и Талышский палеорифты (продолжающиеся соответственно в области Черного моря и Южного Каспия), а также ряд подобных структур вдоль осей меловых вулканических поясов на территории Турции и Восточного Средиземноморья (Адамия и др., 1974; Рамберг, Нейман, 1981). В это же время происходит раскрытие малых океанических бассейнов в пределах Армянского нагорья (А.А. Садоян, Т.А. Садоян, 2001) и на территории от Северного Афганистана до Памира (Казьмин и др., 2001, 2010). При этом формировались вулкано-плутонические пояса, преимущественно с базальтовым вулканизмом.

В рассматриваемую пограничную эпоху на территории Альпийской складчатой области местами происходили масштабные излияния лав (обычно базальтов). Последние отмечены, например, на севере Апеннин, в Аджаро-Триалетском рифтовом прогибе, Афганистане, Гиндукуше, на Памире и других участках (Ронов и др., 1989; Хаин, Балуховский, 1993; Милановский, Короновский, 1973). При этом мощности базальтов в Аджаро-Триалетском рифте достигают 1 км, а в долине Герируд (на севере Афганистана) – 0.5 км. В Гималайско-Индонезийской области для рассматриваемого интервала времени отмечается резкое усиление процессов преимущественно базальтового вулканизма, в результате которого возникают протяженные Тибетский и Бирмано-Суматринско-Калимантанский вулканические пояса.

На примере раннекайнозойской истории Кавказского бассейна показано, что углубление его дна, возникновение трогов с рифтогенным базальтовым вулканизмом было связано с растяжением и деструкцией земной коры, которые затронули ряд регионов на юго-западе Евразии (Копп, Щерба, 1998). Эти процессы (а не орогенез, как считалось ранее) привели к формированию олистостром, грубого

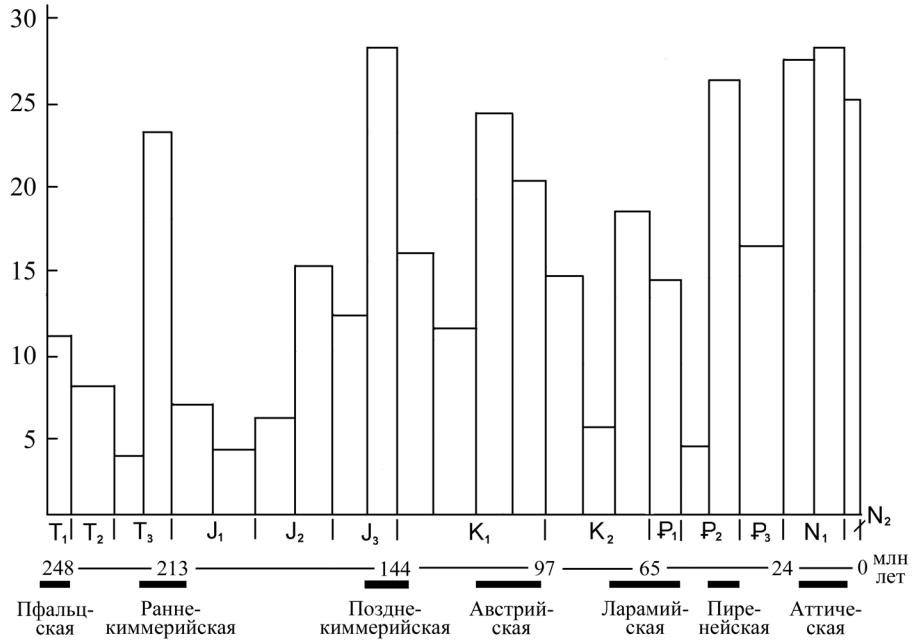


Рис. 2. Схема изменения интенсивности складкообразования (в условных баллах) для мезозоя и кайнозоя по (Хаин, Балуховский, 1993).

Fig. 2. Schematic representation of variations in the intensity of folding (in relative units) in the Mesozoic and Cenozoic after (Khain, Balukhovskii, 1993).

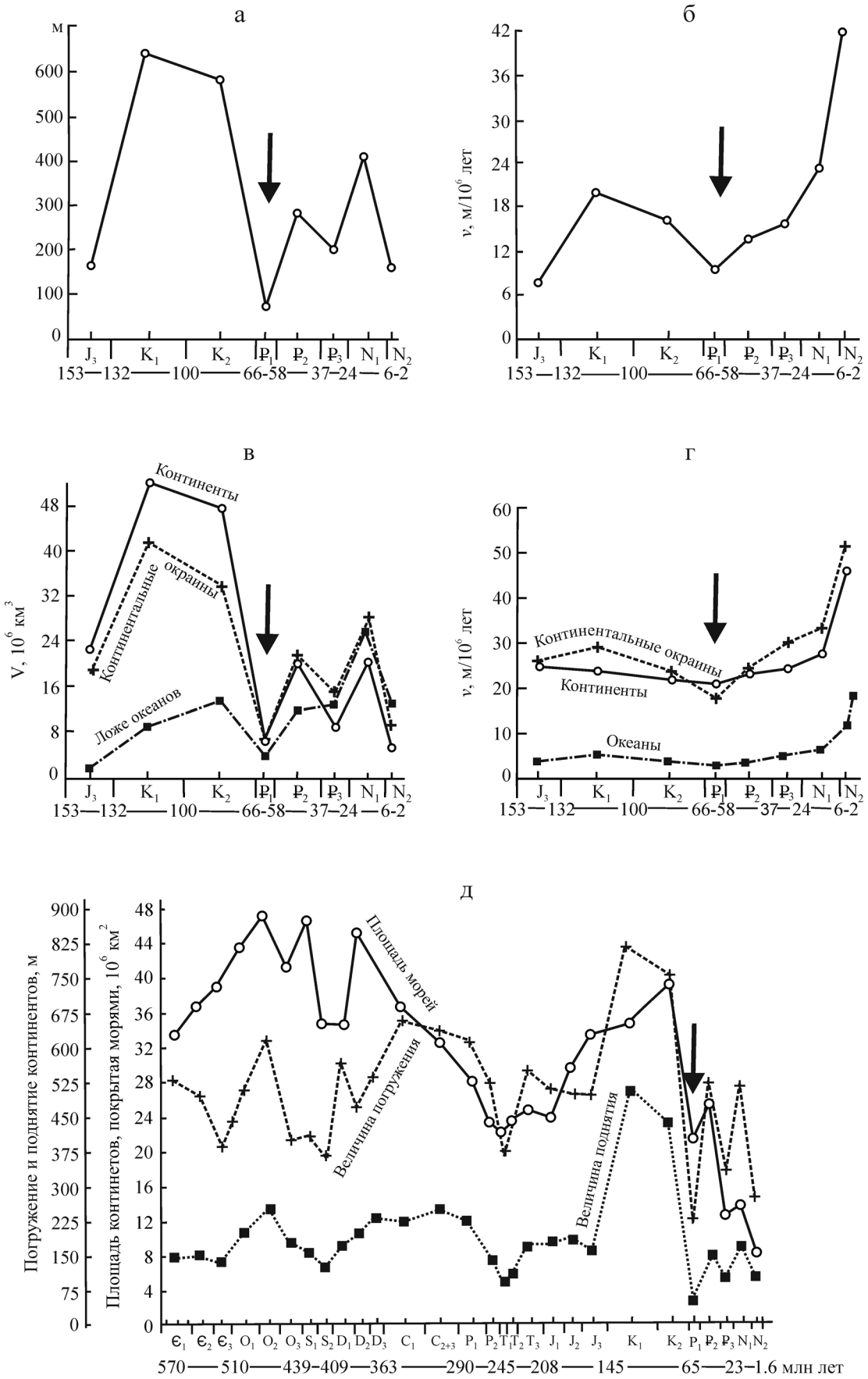
флиша и песчаных комплексов на фоне карбонатной седиментации. Таким образом, олистостромы не всегда являются индикаторами обстановок сжатия земной коры и орогенеза. С учетом этого вывода следует уменьшить сравнительно небольшие площади распространения раннекайнозойских обстановок сжатия и орогенов, реконструируемых предшественниками на этой территории.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в раннем кайнозое процессы растяжения земной коры (способствующие пенепленизации рельефа, образованию грабенов и рифтов, а также базальтовому вулканизму) не только доминировали на платформах, но и проявлялись в подвижных поясах, охваченных ларамийским тектогенезом. При этом здесь отмечается редукция орогенных зон и складчатых областей (сравнительно с другими мезозойско-кайнозойскими эпохами тектогенеза). В пользу вывода о невысокой активности складкообразования ларамийской эпохи тектогенеза служит схема (рис. 2) интенсивности этих процессов в условных баллах по данным В.Е. Хаина и А.П. Балуховского (1993).

Вывод о существенном выравнивании раннекайнозойских материков подтверждается оценками глобального количественного баланса денудации и седиментации в мезозое и кайнозое (Ронов и др., 1986; Ронов, 1994). Установлено, что палеоценовый интервал времени выделяется на диаграммах фанерозойской истории Земли (рис. 3а–д) крайне низкими средними значениями величин целого ряда параметров: скорости эрозионного среза суши, скорости денудации континентов, общего объема накопившихся отложений, скорости седиментации на континентах, континентальных окраинах и океанах, погружений и поднятий континентов). Вполне закономерно, что на низкой выровненной суше создавались благоприятные условия для морских трансгрессий и возрастала площадь морей (см. рис. 3 д).

Наличие древней равнинной суши, поставляющей в области аккумуляции малые объемы терригенного материала, способствовало появлению в разрезах большого количества перерывов осадконакопления. Последние наиболее ярко выражены в континентальных отложениях. Здесь они фиксируются отмеченными выше многочисленными внутриформационными корами выветривания (которые переработали около половины накапливающихся отложений). Еще более масштабно характеризуемые перерывы представлены в рассматриваемое время в океанических районах. Здесь, судя по данным глубоководного океанического бурения, на палеоцен приходится около 80–90% перерывов от их количества, выявленного на протяжении всей геологической истории существования океанов (Геология океана..., 1980).

В целом приведенные выше результаты исследований позволяют считать, что в конце мела и начале палеогена процессы пенепленизации рельe-


а
м
б
v, м/10^6 лет
в
V, 10^6 км^3
Континенты
Континентальные окраины
Ложе океанов
г
v, м/10^6 лет
Континентальные окраины
Континенты
Океаны
д
Погружение и поднятие континентов, м
Площадь континентов, покрытая морями, 10^6 км^2
Площадь морей
Величина погружения
Величина поднятия
J3 K1 K2 P1 P2 P3 N1 N2
153—132—100—66-58—37–24—6-2
570—510—439–409—363—290–245–208—145—65—23–1.6 млн лет

фа (связанные с обстановками растяжения земной коры) имели ранг глобального события и затронули не только платформы, но и обширные участки подвижных поясов (областей ларамийского тектогенеза). Это выражалось здесь в редукции площадей орогенеза и областей складчатости, являющихся индикаторами обстановок сжатия земной коры. При этом усиливалась роль обстановок растяжения земной коры, которые способствовали образованию грабенов или рифтовых зон, а также активизировали базальтовый вулканизм и приводили в отдельных участках к пенепленизации рельефа.

Генетическая связь пенепленов с процессами растяжения и деструкции земной коры, а также нередко выраженная их приуроченность к зонам рифтообразования подробно рассмотрены на примере мезозойско-кайнозойской геологической истории восточной подвижной окраины Евразии (Никонова, 1987, 1991; Никонова, Худяков, 1982, 1983). При этом отмечается совместное участие в образовании пенепленов экзогенных и эндогенных процессов (соответственно поверхностной эрозии и растяжения земной коры). В зонах растяжения тектонически активных областей (подвижные пояса) эрозия положительных форм рельефа часто не достигает конечной стадии выравнивания – образования пенеплена. Однако общее понижение суши, снижение контрастности ее рельефа и исчезновение высокогорного рельефа являются характерными признаками процессов растяжения, которые на рубеже мела и палеогена проявлялись не только на платформах, но и в подвижных поясах континентов.

ОКЕАНИЧЕСКИЕ И МОРСКИЕ РАЙОНЫ

Пока не выяснено, затрагивало ли раннекайнозойское выравнивание (субглобально проявившееся на суше) дно морей и океанов. Данный вопрос нуждается в дальнейшем решении. Хотя для отдельных участков раннекайнозойских платформенных морей Центральной Евразии отмечается наличие равнинного дна – аккумулятивного пенеплена (Цеховский, 2015). Следует также упомянуть факт резкого увеличения в палеоцене площадей развития абиссальных красных глин (за счет карбонатных отложений) в Атлантическом, Тихоокеанском, Индийском и Арктическом океанических бассейнах (Ронов и др., 1989). Это указывает на снижение высотных отметок океанических хребтов (не достигающих уровня высокого положения карбонатной компенсации).

Кроме того, во многих публикациях показано активное проявление в конце мела и начале палеогена на дне океанов процессов растяжения земной коры, что привело к активизации рифтообразования и базальтового вулканизма (Пущаровский, 1986; Ронов и др., 1989; Хаин Балуховский, 1993; Хаин, Сеславинский, 1994). Причем данный интервал времени считается одной из наиболее крупных эпох рифтогенеза. В это же время в океанах (как и на суше) были сформированы огромные поля базальтовых лав, образующих глобальные вулканические кольца (Макаренко, 1988, 1993).

С усиленным поступлением в осадочные бассейны многих компонентов с глубинными термальными водами (характерными для эпох рифтообразования и базальтового вулканизма) ряд авторов связывают активизацию процессов морского и океанического накопления углеродистых или кремнистых отложений (Неручев, 1982; Силантьев, 1976; Максимова, 1978; А.А. Маракушев, С.А. Маракушев, 2008; Седаева, 2013; и др.), которые также широко развиты в пограничных мел-палеогеновых толщах.

С учетом приведенных выше данных можно сделать следующий вывод. В конце мела и начале палеогена на древних континентах преобладающую роль играли обстановки растяжения и деструкции. Они приводили к пенепленизации суши, формированию площадных кор выветривания, активизации разломов и усилению гидротермальной деятельности. На подвижных окраинах материков и в океанах эти процессы сопровождались образованием грабенов или рифтов, а также активизацией базальтового вулканизма. Процессы сжатия в областях ларамийского тектогенеза характеризовались относительно невысокой активностью, что привело к редукции площадей орогенов и складчатых областей.

Этот ранее высказанный вывод (Ронов и др., 1989) о доминирующей роли в начале палеогена процессов растяжения и выравнивания рельефа (определяющих характер древних ландшафтов, а также особенности седиментации) получил обоснование и дальнейшее развитие (Цеховский, Ахметьев, 2003а, 2003б; Цеховский, 2015), а также в настоящей статье. При этом не подтвердилась точка зрения (Хаин, Балуховский, 1993) о том, что растя-

Рис. 3. Диаграммы изменения во времени средних параметров (Ронов и др., 1986; Ронов, 1994).

а – эрозионного среза суши (м), б – скоростей денудации континентов (м/10^6 лет), в – общих объемов накопившихся отложений (10^6 км^3), г – скоростей седиментации на континентах, континентальных окраинах и океанах (м/10^6 лет), д – скоростей погружений и поднятий континентов (м) и площади морей (10^6 км^2).

Fig. 3. The variations with time (Ronov et al., 1986; Ronov, 1994).

a – erosion level of continents (m), б – average erosion rates at continents (m/10^6 years), в – total volume of accumulated continental rocks (10^6 km^3), г – sedimentation rates on continents, continental margins, and in oceans (m/10^6 years), д – subsidence and uplifting rates (m) at continents and areas of seas (10^6 km^2).

жения и сжатия на континентах компенсируют друг друга. Для раннекайнозойской эпохи было показано, что активно выраженные процессы растяжения земной коры не сопровождались резким усилением орогенеза и складчато-надвиговых деформаций на платформах или в подвижных поясах континентов.

Некоторые исследователи объясняют наличие на восточной окраине Азии протяженных маастрихт-нижнеэоценовых поясов растяжения (с образованием грабенов, рифтов и базальтовым вулканизмом) их возникновением перед фронтом интенсивной коллизии континента с островными дугами (Филатова, 1988; Федоров, 2006). Но в данном случае на территории подвижного пояса такая коллизия должна была бы сопровождаться *крупномасштабным* орогенезом и складчато-надвиговыми деформациями. Однако выше было показано, что в раннем кайнозое здесь не фиксируется подобного тектонического режима. Напротив, отмечается его относительная стабилизация (пауза) перед позднеэоценовой пиренейской фазой тектогенеза. Автор не отрицает возможности появления зон растяжения (сопровождающихся рифтообразованием и вулканизмом) в областях доминирования сжатия и орогенеза вследствие различных причин (например, при сдвигах). Их примером может служить окруженная горами современная Байкальская рифтовая зона, еще продолжающая свое развитие. Подобные зоны растяжения, вероятно, существовали и в раннем кайнозое. Однако в это же время протяженные пояса растяжения земной коры возникают и в областях, где индикаторы процессов сжатия (складко- и надвигообразование, орогены) отсутствуют или слабо выражены.

Как было уже упомянуто, существует мнение (Хаин, Балуховский, 1993), что орогенез, образование складок и надвигов (связанные со сжатием земной коры), а также рифтогенез (в условиях ее растяжения) усиливаются одновременно в эпохи общей высокой эндогенной активности Земли, что связанно с повышенным тепловыделением из ее недр. При этом процессы растяжения и сжатия компенсируют друг друга.

Однако результаты наших исследований подтверждают точку зрения Е.Е. Милановского (1995) о пульсации Земли с чередованием контрастных по тектоническому выражению эпох: контракционных (орогенных, с активизацией складкообразования и доминированием процессов сжатия земной коры) и экспансионных (с активизацией рифтообразования и базальтового вулканизма, сопровождавшихся образованием пенепленизированной суши с корами выветривания, в условиях преобладания процессов растяжения). Экспансионные эпохи остаются пока еще слабо изученными, и в настоящей статье раскрываются особенности строения ландшафтов, осадконакопления и тектонического режима на примере одной из них, которая проявилась на рубеже мела и палеогена.

Проведенные исследования позволяют считать, что наиболее важная особенность пограничной мел-палеогеновой эпохи, которую одни авторы считают проявлением режима тектонического покоя, а другие связывают с активизацией в ларамийскую фазу тектогенеза, – это усиление процессов растяжения земной коры. Последние, хотя и приводили к ослаблению вертикальных тектонических движений и пенепленизации рельефа, но сопровождались активизацией разломов, усилением гидротермальной деятельности, формированием грабенов, а также активизацией рифтообразования и базальтового вулканизма. Подобные процессы на выровненной суше вряд ли справедливо связывать с режимом тектонического покоя. Характеризуемая эпоха, когда резко усиливались процессы растяжения земной коры, также должна относиться к категории тектонически активных. При этом, как отмечалось выше, пенепленизацию рельефа (наряду с рифтообразованием и базальтовым вулканизмом) вслед за авторами публикаций (Никонова, Худяков, 1982, 1983) следует рассматривать как одну из форм проявления деструктивного тектонического режима.

Охарактеризованные особенности ларамийской фазы тектогенеза, проявившейся на рубеже мела и палеогена резким усилением рифтообразования и базальтового вулканизма (синхронно с субглобальным выравниванием материков), отличают ее от фаз конструктивного тектогенеза. В последнем случае интенсивные процессы горообразования и складчато-надвиговых деформаций масштабно проявлялись не только в пределах подвижных поясов, но и захватывали большие площади платформ. Более оправданно считать этот диапазон времени эпохой деструктивного тектогенеза – противофазой, разделяющей австрийскую и пиренейскую фазы конструктивного тектогенеза, что хорошо видно на рис. 2.

ВЫВОДЫ

Как же в целом можно определить активность тектонического режима субглобальной эпохи пенепленизации рельефа конца мела и начала палеогена? Если основываться на интенсивности орогенеза и складчатых деформаций (контролирующихся процессами сжатия земной коры), то с учетом приведенных данных о редукции этих признаков на платформах и в складчатых поясах следует говорить об ослаблении тектонических движений и выделении эпохи тектонического покоя. Но с другой стороны, в характеризуемое время резко усиливались процессы растяжения земной коры, во многом определяющие характер ландшафтов и геодинамику Земли. Однако в ее разных структурных зонах менялись формы проявления этих процессов.

В стабильных платформенных областях с мощным осадочным чехлом и слабо подвижным фундаментом процессы растяжения способствовали пенепленизации рельефа, формированию мощных площадных кор выветривания, активизации разломов и усилению гидротермальной деятельности, а также локальному вулканизму и заложению поясов грабенов. В мобильных зонах Земли (подвижных поясах окраин континентов и зонах сочленения океанических плит) главным следствием процессов растяжения являлась активизация процессов заложения грабенов или рифтовых зон, а также резкое усиление преимущественно базальтового вулканизма. Среди контрастного, расчлененного равнинного или низкогорного рельефа нередко появлялись и обширные пенепленизированные участки, а местами и пенеплены с площадными корами выветривания. Были характерны относительно небольшие высотные отметки горных сооружений, что касалось и районов с наиболее высокой активностью ларамийского тектогенеза на западе Северной Америки (Ирдли, 1954; Ронов и др., 1989).

Приведенные данные свидетельствуют о своеобразии выделяемой в конце мела и начале палеогена эпохи тектогенеза. Обычно считают, что главной особенностью тектонически активных эпох являлось доминирование процессов сжатия земной коры. Последние как на платформах, так и в складчатых поясах способствовали широкому проявлению орогенеза и складчато-надвиговых деформаций и накоплению на континентах обогащенных грубым материалом сероцветных или угленосных моласс. Однако в рассматриваемый пограничный мел-палеогеновый интервал времени орогены и складчатые деформации (главные индикаторы обстановок сжатия земной коры) практически не встречались на пенепленизированных платформах и в ослабленной форме проявлялись в подвижных поясах.

Вместе с тем в характеризуемых структурах резко усиливается роль процессов растяжения земной коры. Они способствовали пенепленизации рельефа, формированию площадных кор выветривания и накоплению продуктов их перемыва, раскрытию разломов, а также резко активизировали гидротермальную деятельность, рифтогенез и базальтовый вулканизм. При этом равнинный рельеф (нередко представленный пенепленами с корами выветривания и продуктами их перемыва) во многом определял характер ландшафтов древней суши, охватывая как ее платформенные районы, так и значительные участки складчатых поясов. Не случайно, что с пограничным мел-палеогеновым интервалом времени связывают одну из крупнейших в истории Земли эпоху образования каолинит-бокситовых пород, месторождения которых широко развиты не только на платформах, но и на выровненных участках Средиземноморского подвижного пояса (Цеховский, 1987; Богатырев и др., 2009; Бардошши, 1981).

В пользу выравнивания и понижения раннекайнозойской суши однозначно свидетельствуют приведенные выше диаграммы, на которых показано, что в мезозойско-кайнозойской геологической истории Земли характеризуемая эпоха выделяется низкими средними значениями скоростей эрозионного среза суши и денудации континентов, величин поднятий, а также объемов накопившихся отложений.

Следовательно, конец мела и начало палеогена, вероятно, более справедливо выделять в ранге субглобальной эпохи пенепленизации рельефа и включать в верхнюю часть противофазы, разделяющей австрийскую и пиренейскую фазы тектогенеза. С учетом резкого усиления в рассматриваемое время процессов растяжения земной коры (затронувших платформы и складчатые пояса, где происходило заложение грабенов или их поясов, формировались рифтовые зоны, усиливались гидротермальная деятельность и базальтовый вулканизм) ее следует относить к тектонически активной эпохе деструктивного тектогенеза.

Важно отметить, что в пограничную мел-палеогеновую эпоху деструктивный тектогенез затронул как континенты, так океанические районы, где также резко усиливались рифтообразование и базальтовый вулканизм. В геологической истории Земли намечаются и иные эпохи доминирования процессов растяжения, сходные с рассмотренной выше. К их числу можно отнести триас-раннеюрскую эпоху, характеризующуюся стабилизацией вертикальных тектонических движений, нивелировкой горных сооружений, усилением процессов рифтообразования и базальтового вулканизма на континентах и в океанах (Ронов и др., 1989; Хаин, Балуховский, 1993). Реликты раннемезозойской (гондванской) поверхности выравнивания, по данным Л. Кинга (1968), прослежены на разных континентах.

Из приведенных выше данных следует, что с активизацией тектонических движений может быть связано появление двух контрастных по своему выражению эпох тектогенеза с различными признаками. В геологической истории Земли интервалы времени с активизацией и доминированием процессов сжатия земной коры (усиливающих орогенез и складчато-надвиговые деформации) следует именовать эпохами конструктивного тектогенеза. При изучении мезозойско-кайнозойских отложений Центральной Евразии показано, что они приурочены к основанию крупных седиментационных циклов, где развиты сероцветные или красноцветные грубообломочные парагенезы, а также углистые или угленосные молассовые формации (Ерофеев, Цеховский, 1983).

На примере охарактеризованной в настоящем и более раннем сообщении 1 (Цеховский, 2015) текто-

нически активной пограничной мел-палеогеновой эпохи деструктивного тектогенеза (с доминированием процессов растяжения земной коры) установлено, что для нее характерны: пенепленизация рельефа (с формированием площадных кор выветривания), активизация разломов, возникновение проницаемых зон (благоприятных для притока в осадочные бассейны глубинных термальных вод), заложение грабенов и их протяженных поясов, усиление рифтообразования и базальтового вулканизма (особенно интенсивных на подвижных окраинах материков и в океанических районах). В пределах суши преобладающее развитие получают продукты перемыва кор выветривния, а также приуроченные к грабенам фэновые формации. Интервалы времени, разделяющие эпохи конструктивного и деструктивного тектогенеза (где ослабевают как процессы сжатия, так и растяжения), рационально относить к категории тектонически спокойных эпох. Для них (в начальные стадии выравнивания рельефа) на платформенной суше возникали холмистые возвышенные или низменные равнины с локальными участками развития невысоких гор и плоскогорий. На примере исследований палеоген-неогеновых отложений Казахстана и сопредельных регионов показано, что в эти эпохи на платформенной суше накапливались преимущественно тонкообломочные алеврито-глинистые осадки (Ерофеев, Цеховский, 1982, 1983). Они содержат прослои мергелей, известняков, а также часто аутигенные выделения сидерита, анкерита (в гумидных ландшафтах) или обогащены доломитом, гипсом, солями – в областях с аридным палеоклиматом.

С учетом доминирования этих парагенезов определенных аутигенных минералов в этих областях их соответственно именуют железисто-карбонатной (гумидной) и сульфат-карбонатной (аридной) парагенетическими ассоциациями. Они слагают среднюю часть полных седиментационных циклов, в основании которых залегают грубообломочные молассовые парагенезы орогенных этапов развития, а в кровле – преимущественно тонкообломочные продукты перемыва кор выветривания (конечных стадий выравнивания рельефа).

В подвижных поясах (с высокой эндогенной тектонической активностью) эпохам тектонического покоя на платформах могут соответствовать диапазоны времени существенного ослабления интенсивности тектонических движений. Привлечение метода формационного анализа континентальных толщ не позволяет выделить здесь подобные диапазоны времени. Дело в том, что на данной территории преимущественно в грабенах (рассеянных, образующих протяженные пояса или участвующих в строении рифтовых зон) представлены наиболее полные разрезы характеризуемых отложений, позволяющие судить о геодинамике регионов. В процессе исследований на примере мезозойско-кайнозойских континентальных рифтовых грабенов Забайкалья, Прибайкалья и Монголии было показано, что в этапы начальной и конечной стадий выранивания окружающего грабены рельефа (фиксирующие смену эпох интенсивного сжатия и растяжения земной коры) в этих структурах накапливались однотипные, обогащенные грубообломочным материалом, континентальные фэновые формации (Цеховский, 2012, 2013). При этом источником непрерывного поступления грубых обломков служили высокие прибортовые уступы грабенов.

Для выявления эпох ослабления тектонической активности в этих подвижных участках земной коры необходимо проводить анализ многих факторов: площадей, охваченных орогенезом и складчато-надвиговыми деформациями, скоростей погружения днищ грабенов, мощностей накапливающихся отложений, масштабов проявления процессов вулканизма и гидротермальной деятельности. В эпохи относительного тектонического покоя в данных подвижных участках земной коры следует ожидать снижения величин значений этих факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом результаты исследований позволяют считать, что в ларамийскую эпоху тектогенеза (проявившуюся на рубеже мела и палеогена) господствовал деструктивный теконический режим, способствующий субглобальной пенепленизации суши и доминированию обстановок растяжения земной коры. Показано, что она является антиподом орогенных эпох конструктивного тектогенеза (с преобладанием процессов сжатия земной коры и складчато-надвиговых деформаций).

Имеются данные, позволяющие предполагать неоднократное появление эпох деструктивного тектогенеза в геологической истории Земли. Например, это касается триаса и ранней юры, когда гондванская поверхность выравнивания рельефа господствовала на гигантском одноименном суперматерике (Кинг, 1968), а интенсивные процессы растяжения, рифтообразования и базальтового вулканизма (связанные с пфальской и раннекиммерийской эпохами тектогенеза) сопровождали его распад (Хаин, Балуховский, 1993). В связи с этим вопрос о геодинамическом режиме раннего мезозоя нуждается в дальнейшем решении. По мнению автора, выделение эпох конструктивного и деструктивного тектогенеза на континентах (с привлечением более полных данных по океаническим районам) является важной задачей, позволяющей значительно уточнить основные черты палеогеографии, геодинамики и осадконакопления в переломные этапы геологической истории развития Земли.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам ГИН РАН Ю.Г. Леонову и В.Г. Трифонову за конструктивную критику и ценные консультации, касающиеся как сообщения 1, так и настоящей статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, программа ОНЗ РАН № 10 (Структуры и тектоническая эволюция платформ и подвижных поясов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Адамия Ш.А., Гамкрелидзе И.П., Закариадзе Г.С., Лордкипанидзе М.Б. (1974) Латеральная зональность базальтоидов Черноморско-Аджаро-Триалетского палеорифта. *Докл. АН СССР.* **216**(4), 901-903.

Бардошши Д. (1981) Карстовые бокситы. М.: Мир, 454 с.

Богатырев Б.А., Жуков В.В., Цеховский Ю.Г. (2009) Условия образования и закономерности распространения крупных и уникальных месторождений бокситов. *Литология и полез. ископаемые.* (2), 149-168.

Бушинский Г.И. (1975) Геология бокситов. М.: Недра, 415 с.

Геология океана. Геологическая история океана. (1980). М.: Наука, 462 с.

Ерофеев В.С., Цеховский Ю.Г. (1982) Парагенетические ассоциации континентальных отложений (Семейство гумидных парагенезов). М.: Наука, 210 с.

Ерофеев В.С., Цеховский Ю.Г. (1983) Парагенетические ассоциации континентальных отложений: (Семейство аридных парагенезов. Эволюционная периодичность). М.: Наука, 191 с.

Ирдли А. (1954) Структурная геология Северной Америки. М.: Иностр. лит., 665 с.

Казьмин В.Г., Бабаев Р.Г., Одеков О.А., Троицкий В.И. (2001) Развитие тетической окраины Центральной Евразии с перми до олигоцена. *Тектоника неогея: общие и региональные аспекты.* **1**. М.: ГЕОС, 280-283.

Казьмин В.Г., Лобковский Л.И., Тихонова Н.Ф. (2010) Позднемеловой-палеогеновый глубоководный бассейн Северного Афганистана–Центрального Памира и проблема гиндукушских землетрясений. *Геотектоника.* (2), 43-55.

Кинг Л. (1968) Морфология Земли. М.: Прогресс, 686 с.

Копп М.Л., Щерба И.Г. (1998) Кавказский бассейн в палеогене. *Геотектоника.* (2), 29-50.

Леонов М.Г. (1980) Олистостромы и корреляция фаз тектонической активности (на примере Альпийско-Гималайского складчатого пояса). *Проблемы глобальной корреляции геологических явлений.* М.: Наука, 96-110.

Макаренко Г.Ф. (1988) Симметрия в размещении структур Земли и глобальные вулканические пояса мел-палеогеновой катострофы. *Тихоокеанская геология.* **2**, 102-108.

Макаренко Г.Ф. (1993) Планетарные горные дуги и мифы мобилизма. М.: Космосинформ, 275 с.

Максимова С.В. (1978) Биогенные силициты – показатель активизации глубинных разломов. *Бюл. МОИП. Отд. геол.* **53**(6), 152-161.

Маракушев А.А., Маракушев С.А. (2008) Образование нефтяных и газовых месторождений. *Литология и полез. ископаемые* (5), 505-521.

Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса. (1977, 1978) М.: Наука. Т. 1, 453 с. Т. 2, 478 с.

Милановский Е.Е. (1995) Пульсации Земли. *Геотектоника.* (5), 3-24.

Милановский Е.Е., Короновский Н.В. (1973) Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 278 с.

Неручев С.Г. (1982) Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Недра, 206 с.

Никонова Р.И. (1987) Рифтогенные зоны Евразии как зоны деструктивного эндо- и экзогеоморфогенеза. *Геодинамика морфоструктур.* Владивосток: Тихоокеанский ин-т географии АН СССР, 20-31.

Никонова Р.И. (1991) Зоны эндогенно-экзогенной деструкции континентальной коры в рельефе восточной окраины Азии. *Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона.* М.: Наука, 173-179.

Никонова Р.И., Худяков Г.И. (1982) Структурно-тектонические условия формирования пенеплена. *Морфоструктуры Дальнего Востока.* Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 3-23.

Никонова Р.И., Худяков Г.И. (1983) Поверхности выравнивания и рифтогенные зоны (новый аспект проблемы поверхностей выравнивания). *Морфоструктурные исследования на Дальнем Востоке.* Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 5-22.

Пущаровский Ю.М. (1986) Мировая рифтовая система – редкое событие в геологии? *Тихоокеанская геология.* (8), 98-101.

Рамберг И.Б., Нейман Э.Р. (1981) Системы палеорифтов. Введение. *Континентальные рифты.* М.: Мир, 13-19.

Ронов А.Б. (1994) Трансгрессии и регрессии морей на континентах в фанерозое. *Стратиграфия. Геол. корреляция.* **2**(6), 64-76.

Ронов А.Б., Хаин В.Е., Балуховский А.Н. (1986) Глобальный количественный баланс седиментации на континетах и в океане за последние 150 млн лет. *Изв. АН СССР. Сер. геол.* (1), 3-11.

Ронов А.Б., Хаин В.Е., Балуховский А.Г. (1989) Атлас литолого-палеогеографических карт мира. Мезозой и кайнозой континентов и океанов. Л.: АН СССР, 79 с.

Садоян А.А., Садоян Т.А. (2001) Геодинамический режим Кавказ-Таврического сегмента Альпийско-Гималайского пояса в юре-палеогене. *Тектоника неогея. Общие и региональные аспекты.* **2**. М.: ГЕОС, 172-174.

Седаева К.М. (2013) Тектоно-магматические процессы, проявленные на рубеже девона–карбона и их отражение в биосфере и седиментогенезе. *Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории.* **3**. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 88-91.

Силантьев В.Н. (1976) Кремненакопление в мезокайнозойских бассейнах вулканических областей. *Кремнистые породы.* Казань: Татарское кн. изд-во, 263-269.

Федоров П.И. (2006) Кайнозойский вулканизм в зонах растяжения на восточной окраине Азии. М.: ГЕОС, 316 с.

Филатова Н.И. (1988) Периокеанические вулканические пояса. М.: Недра, 263 с.
Хаин В.Е. (1976) Деструктивный тектогенез и его глобальное проявление. *Тектоника и структурная геология. Планетология*. М.: Наука, 5-13.
Хаин В.Е. (1984) Региональная геотектоника: Альпийский Средиземноморский пояс. М.: Недра, 341 с.
Хаин В.Е. (2001) Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир, 601 с.
Хаин В.Е., Балуховский А.П. (1993) Историческая геотектоника. Мезозой и кайнозой. М.: АВИАР, 448 с.
Хаин В.Е., Сеславинский К.Б. (1994) Глобальные ритмы в фанерозойской эндогенной активности Земли. *Стратиграфия. Геол. корреляция.* **2**(6), 40-63.
Цеховский Ю.Г. (1987) Серименто- и литогенез гумидных красноцветов на рубеже мела и палеогена в Казахстане. М.: Наука, 190 с.
Цеховский Ю.Г. (2012) Континентальный седиментогенез и осадочные формации в мезозойских и кайнозойских рифтовых и внерифтовых впадинах. *Ленинградская школа литологии.* СПб: СПбГУ. **1**, 103-105.
Цеховский Ю.Г. (2013) Седиментогенез и вулканогенно-осадочные формации в мезозойских и кайнозойских континентальных рифтовых впадинах Прибайкалья и Южной Монголии. *Литология и полез. ископаемые.* (2), 145-186.
Цеховский Ю.Г. (2015) Седиментогенез и геодинамика в пограничную мел-палеогеновую эпоху пенепленизации континентов. Сообщение 1. Центральная и Восточная Евразия. *Литосфера.* (1), 3-22.
Цеховский Ю.Г., Ахметьев М.А. (2003а) Ландшафты, осадконакопление с элементами геодинамики контрастных эпох тектогенеза. Статья 1. Ларамийская эпоха. *Бюл. МОИП. Отд. геол.* **78**(1), 3-15.
Цеховский Ю.Г., Ахметьев М.А. (2003б) Ландшафты, осадконакопление с элементами геодинамики контрастных эпох тектогенеза. Статья 2. Пиренейская эпоха и ее сравнение с ларамийской. *Бюл. МОИП. Отд. геол.* **78**(2), 13-21.

Golonka J. (2004) Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic. *Tectonophysics*. **381**, 235-273.
Zigler P.A. (1987) Late Cretaceous and Cenozoic intra-plate compressional deformations in the Alpine forland – a geodynamic model. *Tectonophysics.* **137**(¼), 389-420.

Рецензент А.В. Маслов

Sedimentogenesis and geodynamics in the Cretaceous-Paleogene boundary at the epoch of continental peneplanation. Article 2. Platforms and mobile belts

Yu. G. Tsekhovsky

Geological Institute RAS

The article presents data on landscapes, geodynamic regime, and sedimentation at the Cretaceous-Paleogene epoch, which was characterized by planation of most territories on all continents. It is shown that crustal extensional environments have dominated both on platforms and mobile belts (which had nearly simultaneously the Laramide orogenic phase). These conditions caused relief planation (with the development of weathering crusts and products of their rewashing) as well as basaltic volcanism and rifting in platforms and in certain parts of mobile belts. The latter processes were most active within mobile belts and in oceanic areas. Found that in the mobile belts of characterized era where environment stretching has dominated is also evident processes of compression of the crust, which played a secondary role. These processes formed orogens, induced folding and thrusting, and were commonly accompanied by intermediate and acid volcanism. Intermountain molasse and coal-bearing formations simultaneously accumulated in terrestrial environments. The predominance of the aforesaid features, which are typical of crustal compressional settings, provides a basis for identifying orogenic epochs of tectogenesis. In this sense, their antipode – epochs of relief peneplanation – is commonly referred to regime of tectonic quiescence. However, the example of the boundary Cretaceous-Paleogene epoch indicates that the sharp intensification extension and particularly intense – in the mobile continental margins and oceanic areas, allows classifying them as a special category of tectonically active epochs with the dominance of destructive type of tectogenesis. The principal features of such epochs are peneplanation, development of extensive weathering crusts, origin of scattered grabens or their belts, intensified rifting, and basaltic volcanism, and hydrothermal activity.

Keywords: *boundary Cretaceous-Paleogene epoch, geodynamics, sedimentation, peneplains, platforms, mobile belts, destructive tectogenesis*.