

УДК 551.241:553.2

ОБЩЕКОРОВАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ И ГОРООБРАЗОВАНИЕ

А.Ю. Кисин

Аннотация

В результате общекоровой складчатости земная кора укорачивается и утолщается. По причине неравномерности деформаций в пластичной нижней коре возникает тектоническое течение. При наличии области разуплотнения в верхней мантии, известной как «корень гор», тектонический поток нагнетается в эту область. Образуется коромантийная смесь. Возможен метаморфизм. Затем тектонический поток движется по восходящей и оказывает давление на верхнюю кору перед фронтом главных деформаций. Верхняя кора испытывает поперечный изгиб с ускоренным формированием горного рельефа. Часть коромантийной смеси по разломам внедряется в верхнюю кору и выжимается к дневной поверхности. Одновременно данный участок коры испытывает латеральное давление со стороны области главных деформаций, что ведет к выполаживанию траектории движения восходящего тектонического потока и развитию шарьяжно-надвиговой тектоники. Древние и глубинные горные породы быстро выводятся к дневной поверхности. Согласно данной модели общекоровая складчатость (сопровождаемая метаморфизмом и магматизмом) и процессы горообразования разобщены во времени и пространстве. При снятии тектонических сил общекоровая складчатость остается незавершенной, но изгибная неустойчивость коры сохраняется. При возникновении режима горизонтального сжатия процесс деформаций коры и горообразование возобновляются. В качестве примера приводится Урал.

Ключевые слова: деформации земной коры, горообразование, Урал.

Введение

На протяжении многих лет термины «складчатость» и «орогенез» воспринимались в геологической науке почти как синонимы. Однако накопление фактического материала выявило более сложные связи между этими двумя процессами. И, вероятно, главной интригой здесь стало установление факта запаздывания горообразовательных процессов относительно образования складчатости. Кроме того, установлено, что участки наиболее интенсивных деформаций коры и наиболее высоких гор пространственно разобщены. На этот факт, например, указывает Ю.Г. Леонов [1]. Активно обсуждается и проблема «возрождения» гор без видимой связи с процессами коллизии или складкообразования. Идей по поводу возможных решений этих проблем высказано немало ([2–11] и др.). В основе этих идей традиционно лежат либо горизонтальные, либо вертикальные силы, обусловленные теми или иными геологическими процессами (горизонтальное сжатие, разуплотнение верхней мантии, изостатическое всплывание и др.). И вполне вероятно, что эти идеи непротиворечиво объясняют образование тех или иных горных систем, поскольку было бы наивно считать, что все горы возникли в результате одного и того же процесса. Целью настоящей работы

не является разбор и критика различных идей относительно горообразования. На примере Урала, рассматривается лишь возможный вариант формирования гор в результате общекоровой складчатости, модель которой изложена ранее ([12] и др.).

Горы типа Уральских характеризуются ярко выраженной линейностью, асимметрией, наличием передового и тылового прогибов, неоднократным обновлением рельефа. Они обладают ярко выраженными чертами деления на «миогеосинклинали» и «эвгеосинклинали» в терминологии геосинклинальной гипотезы, «корнем гор», глубоким килеобразным опусканием подошвы коры в разуплотненную мантию, несколько смещенным относительно наиболее высоких поднятий рельефа. На фронте деформаций развита шарьяжно-надвиговая тектоника. Современный Южный Урал рассматривается как асимметричное веерное западновергентное поднятие блокового строения ([13] и др.). Рельеф горного сооружения молодой, неоген-четвертичный [9 и др.]. По оценкам В.П. Трифонова [14], скорость современных поднятий в окрестностях г. Миасса составляет около 4.5 мм/год.

Общекоровая складчатость и рельеф

Согласно разрабатываемой нами модели [12] весь процесс деформации земной коры контролируется тектонопарой «надвиг – продольный изгиб» при условии невозможности возникновения пустоты в подошве деформируемой плиты. У этой тектонопары имеется замечательное свойство: при изгибных деформациях земная кора сохраняет свойства плиты и способность передавать горизонтальные напряжения сжатия на значительные расстояния, что отличает ее от обычной складчатости (рис. 1). Такой тип складчатости можно назвать блоковой. При приложенных извне тектонических силах деформации охватывают достаточно большую область коры, соизмеримую с шириной большинства современных горных систем. При этом имеется латеральный градиент деформаций: максимальные деформации коры достигаются вблизи места приложения тектонических сил, а на некотором удалении от него они убывают до нуля, то есть верхняя кора утолщается пропорционально ее горизонтальному сокращению.

Это можно видеть и на результатах эксперимента, по моделированию блоковой складчатости (рис. 2). Здесь брусок влажных глинистых песков размером 500×50×35 мм положен на поверхность стеклянного листа, покрытого тонким слоем сильно увлажненной глины. Слой глины до какого-то времени обеспечивает герметизацию контакта между моделью и стеклом, что создает эффект присоски. Полосчатость создана путем нанесения краски, а кольца образованы путем вдавливания торца тонкой трубки в боковую поверхность модели. Плоскости надвигов имитируются пластиковыми пластинками. Горизонтальная сжимающая сила приложена к одному концу модели. До разгерметизации контакта модель сократилась на 12%. Отчетливо проявились изгибные деформации, а круги трансформировались в эллипсы деформации. В блоках обоих типов длинные оси эллипсов деформации образуют веер, раскрытый кверху. Дополнительные эксперименты позволили установить характер деформаций внутри блоков. В осевой части резко доминируют деформации чистого сдвига.

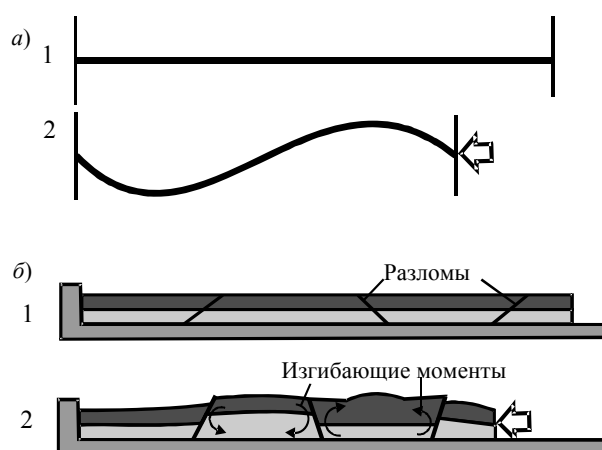


Рис. 1. Складчатость синусоидальная (а) и складчатость блоковая (б)

Деформации простого сдвига здесь носят вспомогательный характер и направлены по восходящей в обе стороны от осевой поверхности. По мере удаления от осевой поверхности изгиба быстро возрастает доминирующая роль простого сдвига одного из направлений (рис. 2, з). Максимальное сжатие достигается в подошве блока положительного изгиба и в кровле блока отрицательного изгиба, что полностью отвечает модели, показанной на рис. 1, б). Деформации протекают в резко градиентном поле. Нейтральная поверхность сильно смещена в пользу зоны сжатия, что позволяет передавать напряжения сжатия на расстояния.

Максимальное утолщение верхней коры при продольном изгибе не может превышать 1.5 раза. Соответственно, и укорочение ее не превышает этой предельной величины. При изгибе коры, по нашей модели, резко дифференцированный рельеф не возникает, поскольку арка не образуется, а смещения по надвигам предельно малы. Деформируемая кора все время остается относительно плоской и сохраняет свойства плиты. Возникающий здесь рельеф больше отвечает понятию плато, нежели горной стране. Укорочение/утолщение верхней коры приводит к тому, что она начинает проскальзывать по поверхности нижней коры на расстояние, прямо пропорциональное ее горизонтальному укорочению.

Что это дает? На рис. 3, а показан вариант движения упругой верхней коры по пластичной нижней коре без деформаций типа укорочение/утолщение (деформации происходят лишь где-то на ее границах, за пределами изображенного участка). Деформации сдвига (физического) в подстилающей нижней коре возникают одновременно по всей длине движущейся плиты. Наличие области разуплотнения в верхней мантии на это ни как не влияет, и она остается незамеченной. Изменений рельефа поверхности коры не происходит.

На рис. 3, б показан вариант, когда верхняя кора под действием горизонтальных сил деформируется, например, по предложенной нами модели. Как было отмечено выше, максимальные деформации достигаются вблизи индентора и по мере удаления от него постепенно затухают. Кора укорачивается и утолщается прямо пропорционально деформациям. Следовательно, деформируемая верхняя кора приходит в движение. Но скорость движения ее отдельных участков дифференцирована в соответствии со степенью деформированности

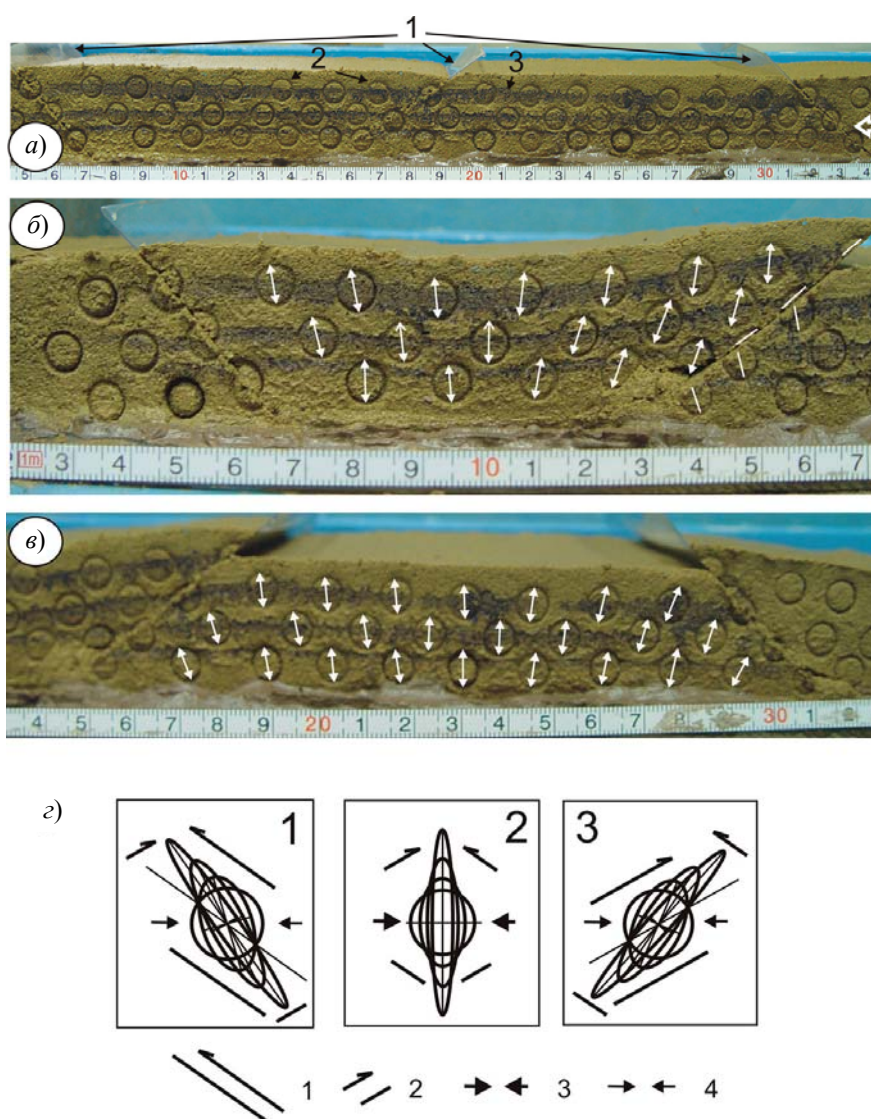


Рис. 2. Экспериментальное моделирование блоковой складчатости: а) исходное состояние; б) блок отрицательного изгиба; в) блок положительного изгиба; г) эволюция эллипсоидов мгновенной деформации. Обозначения на а): 1 – пластиковые пластинки, определяющие места надвигов; 2 – нанесенные кружки; 3 – нарисованная полосчатость. Обозначения на г): 1 – доминирующий простой сдвиг в градиентном поле напряжений; 2 – то же, второстепенный; 3 – чистый сдвиг доминирующий; 4 – то же, второстепенный

(укорочения/утолщения). Максимальная скорость достигается вблизи индентора и по мере удаления от него падает до нуля. Соответственно, деформации сдвига в нижней коре находятся в прямой зависимости от деформаций верхней коры. Но теперь сдвиг является «слепым» (затухающим по латерали) и осложнен местным утолщением верхней коры. В результате этого в нижней коре возникает тектоническое течение. Тектонический поток уже не может игнорировать наличие зоны разуплотнения в верхней мантии и нагнетается в эту область.

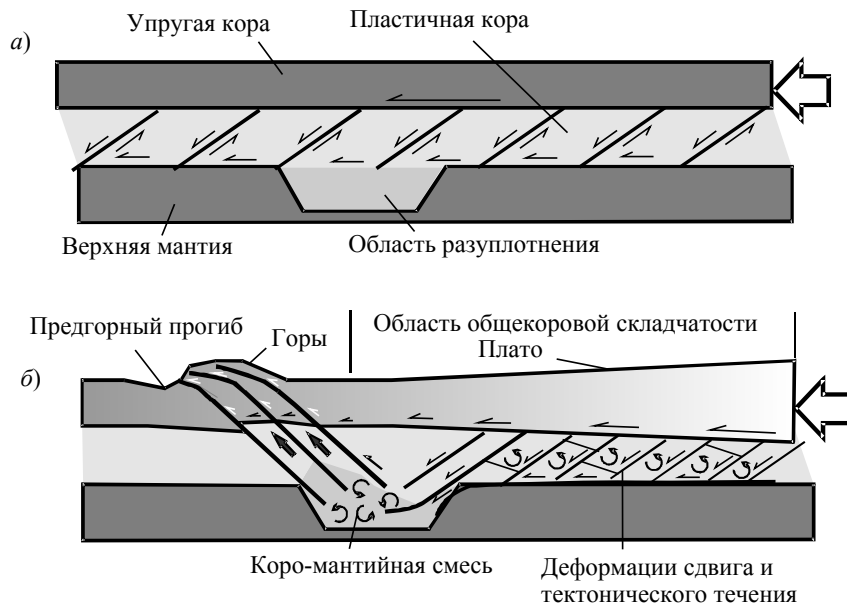


Рис. 3. Принципиальная схема горообразования при общекоровой складчатости

Возникает коромантийная смесь. Поскольку материал принудительно опускается вниз, то здесь весьма вероятен метаморфизм пород нижней коры. Далее направление движения тектонического потока корректируется уже глубиной зоны разуплотнения и крутизной ее бортов. Дальнейшее движение его идет по восходящей к подошве недеформированной или еще слабо деформированной верхней коры. Чем глубже зона разуплотнения в верхней мантии и чем круче ее борта, тем круче ориентирован вектор тектонического потока. Верхняя кора может противостоять восходящему потоку только собственным весом и поэтому также испытывает воздымание (поперечный изгиб). Поскольку при поперечном изгибе возникают условия горизонтального растяжения, то часть коромантийной смеси внедряется по разломам в породы верхней коры и выжимается вверх. Одновременно верхняя кора испытывает ориентированное горизонтальное давление со стороны фронта деформаций, что ведет к выполаживанию траектории движения восходящего потока вещества. В итоге мы имеем быстрый рост рельефа и массовое развитие шарьяжно-надвиговой тектоники. Здесь шарьяжно-надвиговая тектоника проявилась не в результате горизонтального движения тектонических пластин, как это предлагается некоторыми исследователями [4, 15, 16], и не в результате действия сил гравитации, а в результате сложения восходящего и горизонтального векторов тектонического движения. Как следует из этой модели, место и время горообразования четко определены: прежде возникает общекоровая складчатость, а затем перед ее фронтом происходит формирование изостатически не уравновешенного горного рельефа. При снятии тектонических напряжений деформации коры и формирование горного рельефа прекращаются, но при возникновении горизонтального сжатия эти процессы возобновляются и рельеф обновляется. Все три обозначенные выше проблемы горообразования находят непротиворечивое объяснение.

УРСЕЙС-95

В поисках связи между общекоровой складчатостью и горообразованием мы проанализировали современный структурный рисунок глубинного строения Южного Урала, наблюдаемый на субширотном комплексном геолого-геофизическом профиле УРСЕЙС-95 (рис. 4). Этот проект признан одним из наиболее удачных из многих реализованных подобных международных научных проектов. По данному профилю имеется уже более десятка различных моделей, большинство из которых приведены в [17]. Профиль УРСЕЙС-95 охватывает восточную часть Русской платформы и Предуральский краевой прогиб (равнинный рельеф), Западноуральскую зону складчатости с антиформой Уралтау (собственно Горный Урал), Тагило-Магнитогорскую и Восточно-Уральскую мегазоны (рельеф типа низкого плато) и Зауралье (равнинный рельеф). Горное поднятие Урала является неотектоническим, что хорошо согласуется с инструментально установленным современным субширотным сжатием региона [8, 17]. При этом тектонические движения направлены на нарушение изостазии, а не на ее выравнивание. Следовательно, современное поднятие Урала не связано с процессами в подстилающей мантии. Об этом свидетельствует и низкий тепловой поток, наблюдаемый на Урале [21]. Интенсивный рост рельефа наблюдается там же, где существовали позднепалеозойские горы, что дает основание считать механизмы горообразования этих двух периодов схожими (но не равнозначными). Следовательно, можно полагать, что современный структурный рисунок коры, выявленный исследованиями по профилю УРСЕЙС-95, в основных чертах подобен таковому позднепалеозойского времени.

Анализируя структурный рисунок глубинного сейсмического разреза Урала по профилю УРСЕЙС-95, следует отметить, что симметрия сечения относительно центрального домена, обыгранная во многих моделях [17], только кажущаяся. Стиль рисунка в западном и восточном доменах разный (рис. 4). Мы не знаем природу тектонических сил, вызывающих масштабную деформацию коры. Следовательно, мы не знаем, как они приложены к коре. Анализ глубинного строения Южного Урала по профилю УРСЕЙС-95 приводит к выводу, что тектонические силы приложены к верхней коре (либо передаются ею на расстоянии). По крайней мере, в ней зафиксированы результаты работы этих сил. Нижняя кора относительно ее выглядит пассивной. Пассивной выглядит и верхняя мантия. Под Восточно-Уральской мегазоной граница Мохо весьма отчетливая, а нижняя кора изобилует сейсмическими неоднородностями, имеющими преимущественно западное падение. Этой части Урала в рельефе соответствует низкое плато. Под Магнитогорским прогибом граница Мохо погружается вниз и теряется, а западнее вновь появляется и несколько приподнимается. В этом интервале, западнее Магнитогорского прогиба, до Предуральского прогиба рельеф гористый. Каким образом напряжения сжатия возникли в верхней коре, пока неясно. Но волна деформаций распространяется в ней с востока на запад (для современного Урала) [13].

Интерпретация выявленных сейсмических неоднородностей по данному профилю может быть следующей. Земная кора на данном отрезке испытывает горизонтальное укорочение: восточный край профиля двигается к его западному краю. Напряжения сжатия и горизонтальное движение проявлены в верхней коре



Рис. 4. Сейсмические неоднородности в земной коре по профилю УРСЕЙС-95 и их интерпретация применительно к горообразованию

(большие стрелки). Нижняя кора выглядит достаточно пассивной. Движение верхней коры на запад вызывает в нижней коре сдвиговые деформации и тектонические течения в направлениях, показанных тонкими стрелками. На границе Мохо за счет изменения реологических свойств пород при переходе в область верхней мантии векторы движения вещества преломляются и расщепляются на горизонтальную и полого восходящую составляющие, образуя зону тектонического срыва. Под центральным доменом реологические свойства нижней коры и верхней мантии оказались близкими, что объясняется, вероятно, геологической предысторией. Это привело к нагнетанию материала нижней коры вниз, перемешиванию его с материалом верхней мантии (возможно, метаморфизму) и образованию полого восходящих потоков (рис. 4). Последние оказывают давление на подошву верхней коры снизу, вызывая в ней скалывание и движение вещества вверх, что ведет к образованию горного рельефа. Одновременно верхняя кора испытывает давление с востока, что приводит к ее укорочению и смещению на запад. Общим итогом восходящих горообразующих и горизонтальных движений верхней коры являются горный рельеф, шарьяжно-надвиговая тектоника и складчатость верхних горизонтов.

Позднепалеозойский план деформаций

Основные деформации земной коры, связанные с горизонтальным сжатием, на Урале пришлось на позднепалеозойское время. Фронт деформаций распространялся с востока на запад (в современных координатах). Следовательно, восточная часть Урала деформирована наиболее сильно. К восточной мегазоне приурочен так называемый Главный гранитный пояс Урала. В работах Г.А. Кейльмана [22] показано, что данный пояс представлен преимущественно гнейсово-

мигматитовыми комплексами. Некоторые исследователи называют их зональными метаморфическими комплексами. Есть высказывания и об их реликтовой, террейновой природе. Однако с этих позиций трудно объяснить линейность, строгую подчиненность уральским простираниям, металлогеническую специализацию, выдержанность размеров и ряд других особенностей, характерных для этой полосы. Нами [23, 24] для Кочкарского метаморфического комплекса (Южный Урал) было показано, что формирование его началось в позднем девоне (около 370 млн. лет) с образования осевого грабена, который в условиях морского мелководья заполнялся трерригенно-осадочным комплексом, включая известняки. В поствизейское время здесь уже формировались купольные структуры, сложенные гранито-гнейсами, которые оказались на одном горизонте с визейскими, фаунистически охарактеризованными известняками. Данные купольные структуры явились источниками тепловых аномалий и стрессовых напряжений, что выразилось в образовании зонального метаморфического комплекса. Известняки подверглись мраморизации, перекристаллизации и пластическим деформациям. Кристаллизационная полосчатость полностью контролируется кливажем течения, субконформным границам купольных структур. Только вблизи внешних границ комплекса сохранились мраморизованные известняки с фауной. Внутри мраморной толщи фаунистические остатки сохранились только в случаях дометаморфического околотрещинного избирательного магнезиального метасоматоза, наложенного на субстрат. Переход к регрессивному этапу фиксируется становлением массивов анатектических гранитов и дайкового комплекса, представленного гранитами и пегматитами. Длительность «коллизии гранитообразования» здесь оценивается периодом около 15 млн. лет (305–290 млн. лет) [25]. Последняя цифра отвечает, вероятно, упомянутому дайковому комплексу. Следовательно, продолжительность прогрессивного этапа составила около 80 млн. лет. Позднепалеозойское время метаморфизма хорошо согласуется с коллизийными процессами этого периода на Урале ([7] и др.). Радиологические возрасты метаморфических пород не противоречат этим построениям. Например, для Мариинского комплекса время гранулитового метаморфизма оценивается как 1613 ± 30 млн. лет, а время мигматизации – как 314 ± 10 млн. лет [26]. Сохранность «древних» цирконов здесь можно объяснить особенностями постумной реидной тектоники [27], когда пластичный материал выносит и фрагменты более жестких пород. На раннем регрессивном этапе в мраморах проявился магнезиальный метасоматоз, контролируемый трещинами кливажа. Западная граница комплекса проводится по зоне надвига западного падения. Восточная его граница также тектоническая и представлена, вероятно, надвигом восточного падения, поскольку здесь, как и на западе, с визейскими известняками граничат вулканогенно-осадочные толщи девон-силурийского возраста.

Остальные гнейсово-мигматитовые комплексы гранитного пояса Урала в главном подобны, но отличаются в деталях. Их единство подтверждается наличием рубиновой минерализации в мраморах [23, 24] и редкометальной специализацией пегматитов. Все это позволяет отнести их к блокам *положительного изгиба коры*. Параллельно этой полосе, по обе стороны от нее имеются еще две схожих полосы, которые также могут быть отнесены к положительным складкам коры. У них есть свои отличия и прежде всего в металлогении. Между блоками

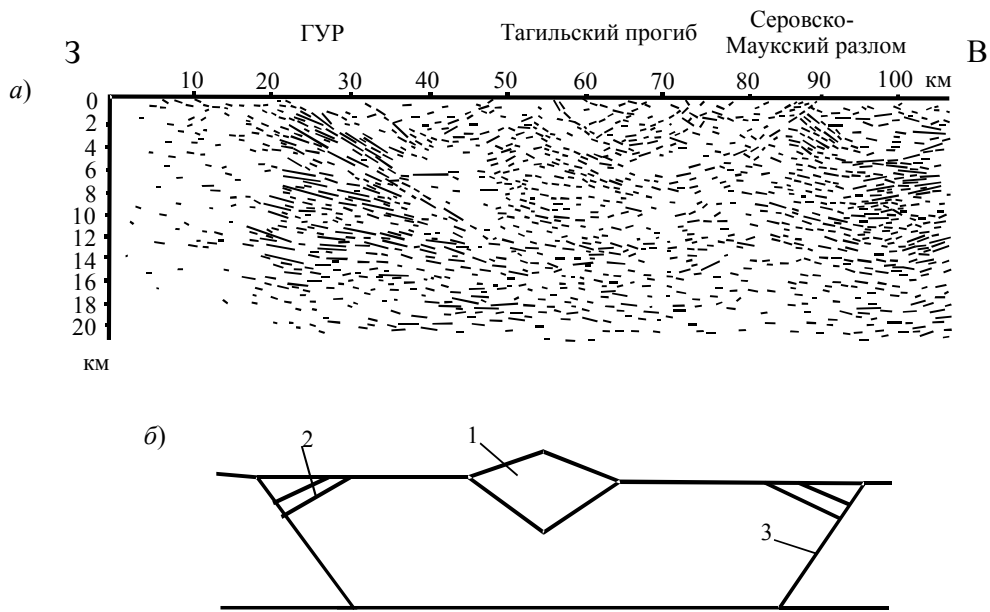


Рис. 5. Сейсмические неоднородности земной коры по Черноисточинскому профилю (а) (по Соколову и др., 1993, адаптировано) и схема строения блока отрицательного изгиба коры (б): 1 – тектонический клин; 2 – клинодислокации; 3 – пограничный взбросо-надвиг с зоной серпентинитового меланжа

положительного изгиба располагаются области слабого метаморфизма, не превышающего зеленосланцевой фации. Еще А.В. Пейве [28] отметил наличие в их осевых частях тектонических клиньев, к которым приурочены магматические интрузии и рудные месторождения. Тектонические клинья отчетливо видны и на профилях ГСЗ (рис. 5), и в бортах Сафьяновского карьера, расположенного в этой зоне. В модели общекоровой складчатости осевые тектонические клинья (горсты) характерны для блоков отрицательного изгиба. Структурные парагенезы выявленные и описанные в Тагило-Магнитогорской мегазоне [16, 29–31] являются типичными индикаторами блоков отрицательного изгиба коры. Эти и другие признаки позволяют отнести данные области к *блокам отрицательного изгиба коры*. Синусоидальных изгибов коры геофизическими методами не установлено, что находится в полном соответствии с моделью общекоровой складчатости.

Перейдем теперь к рассмотрению образования Горного Урала. Здесь закартировано большое количество тектонических пластин восточного падения, создающих шарьяжно-надвиговую структуру западного Урала. Большинство исследователей объясняют данный факт горизонтальным давлением с востока [4, 15, 16, 31]. Как было отмечено выше, под Магнитогорским прогибом граница Мохо опускается и теряется, что свидетельствует, вероятно, об изменении реологических свойств верхней мантии.

Упругая верхняя кора восточной части Урала в результате давления с востока еще в позднепалеозойское время *деформировалась по механизму общекоровой складчатости*. Фронт деформаций перемещался с востока на запад, вызывая метаморфизм, магматизм, укорочение и утолщение коры. Следовательно,

сдвиговые деформации в нижней коре возникали только под деформируемой частью верхней коры в соответствии с ее сокращением. Но в таком случае возникает проблема пространства, которая может решаться только возникновением тектонического течения. Тектонический поток продвигался в западном направлении вместе с фронтом деформации. Он уже не мог игнорировать реологически ослабленную верхнюю мантию и нагнетался в эту область. Возможно, что здесь материал нижней коры перемешивался с мантийным веществом и подвергался высокобарическому метаморфизму. Далее движение тектонического потока было направлено уже по восходящей траектории, и он оказывал давление снизу на верхнюю кору в области современного Горного Урала, вызывая поперечный изгиб и горообразование согласно приведенной выше модели. Рифейские осадочные породы, и даже блоки кристаллического фундамента (например, Тараташский блок), оказались выведенными к дневной поверхности и надвинуты на палеозойские толщи. Таким образом, горообразовательные процессы запаздывали относительно складчатости, метаморфизма и гранитного магматизма восточного склона Урала.

В артинское время волна деформаций достигает окраины Русской платформы. Сооружение Горного Урала создает вертикальную нагрузку на ее восточном краю. Одновременно она испытывает горизонтальное давление с востока. Совместное действие этих двух сил вызывает формирование краевого прогиба. К западу от него одновременно возникает краевое поднятие, «форбальдж» [32]. В его возникновении, по нашему мнению, определяющую роль играет горизонтальное сжатие. Об этом свидетельствуют тектоническая граница с Предуральским прогибом ([32] и др.) и ундуляция изгиба, разбившего его на несколько крупных структур. Здесь, к югу от Тиманских структур, по кровле артинских (кунгурских на севере) отложений выделяются Камский и Кунгурско-Красноуфимский своды, разделенные седловидным прогибом, осложненным Пермским поперечным блоком (известным как Пермский свод). К югу от Кунгурско-Красноуфимского свода седловидный прогиб краевого вала осложнен поперечной горстовой структурой блока Каратау.

Относительно происхождения данного блока имеются различные точки зрения, которые здесь не обсуждаются в виду краткости сообщения. На современных геологических и тектонических картах он отнесен к *складчатому Уралу* и включен в состав Башкирского антиклинория. По нашим представлениям блок Каратау принадлежит краевому валу и относится к *платформенным структурам*. В модели общекоровой складчатости поперечные горстовые структуры характерны для седловидных прогибов на положительных складках коры. Генетически они близки к осевым тектоническим клиньям в блоках отрицательного изгиба коры, но сжимающие горизонтальные силы ориентированы в данном случае вдоль простирания складки и вызваны вторым главным напряжением. С Башкирским антиклинорием тектонический блок Каратау совмещен лишь пространственно. Причина этого кроется в наличие «подземного горста» А.П. Карпинского, известного как Красноуфимский выступ фундамента – крупного блока кратонизированной коры, протягивающегося до Главного Уральского разлома [33]. С наличием этого блока большинством исследователей связывается образование Уфимского амфитеатра. К югу от него в область

горной части Южного Урала выходят два рифейских авлакогена: Камско-Бельский, север-северо-западного простирания и Сергиевско-Абдулинский, субширотного простирания. В зоне их сочленения сформировалась обширная и глубокая Бельская впадина. В результате этого фронт деформаций на этом участке продвинулся значительно западнее. Зона слепого сдвига пришлась на южную границу блока Каратау. Смещенным оказался и Предуральский прогиб. Краевым валом здесь является, вероятно, Рязано-Охлебнинский вал.

Выводы

Модель общекоровой складчатости позволяет непротиворечиво объяснить разобщенность во времени и пространстве процессов наиболее интенсивных деформаций коры и горообразования, вывод на дневную поверхность глубинных пород и шарьяжно-надвиговую тектонику, обновление тектонического рельефа и роль в этом процессе «корня гор». Модель может быть реализована только при условии приложения тектонических сил к земной коре.

Процесс горообразования запаздывает относительно общекоровой складчатости и связанных с ней процессов метаморфизма и магматизма. Горный рельеф формируется на фронте деформаций одноосного горизонтального сжатия земной коры при наличии «корня гор». Горное сооружение и «корень гор» оказываются смещенными относительно друг друга, изостатически неуравновешенными. Неотектонические обновления рельефа будут иметь место каждый раз при возникновении сжимающих горизонтальных сил.

Это первый опыт анализа структур Урала и смежной части Русской плиты с позиций модели общекоровой складчатости, но он показывает, что она в состоянии объяснить многие позднепалеозойские образования этой области, включая метаморфизм, магматизм и горообразование. Общекоровая складчатость на Урале незавершенная и при наличии сжимающих напряжений немедленно активизируется, обновляя рельеф неотектоническими движениями. Именно такой этап испытывает Урал в настоящее время.

Структурный рисунок земной коры и верхней мантии, выявленный геолого-геофизическими исследованиями по профилю УРСЕЙС-95, в основных чертах подобен таковому для позднепалеозойского времени. В этом проявляется, с одной стороны, «принцип унаследованности», а с другой – незавершенность процессов деформации коры в позднепалеозойское время.

Масштабные структурно-вещественные преобразования земной коры на современном этапе горизонтального сжатия на Урале маловероятны, поскольку ресурсы изгибающих моментов в значительной степени растрочены и накопленная потенциальная энергия предыдущих масштабных деформаций коры израсходована на регрессивных этапах (относительного тектонического покоя).

Работа выполнена по Программе ОНЗ РАН № 10.

Summary

A.Ju. Kissin. The Whole Crust Folding and Orogenesis.

As a result of the whole crust folding, earth crust is shortened and thickened. Because of non-uniformity of deformations, there is a tectonic stream in a plastic bottom earth crust. In the presence of loosened upper mantle known as «the root of mountains», a tectonic stream

is forced into this area. A mantle-crust mix forms there. Metamorphism is possible. Then the tectonic stream moves ascending and puts pressure upon the upper crust before the front of the main deformations. The upper crust experiences a cross-section bend with accelerated formation of a mountain relief. The part of mantle-crust mixes on breaks penetrates the upper crust and is squeezed out to day surface. Simultaneously, the given part of crust experiences horizontal pressure from the area of main deformations. This leads to flattening of movement trajectory of an ascending tectonic stream and to development of charriage-strike-slip tectonics. Ancient and deep rocks are quickly brought out to day surface. According to the given model, the whole crust folding (accompanied by metamorphism and magmatism) and orogenic processes are separated in time and space. Tectonic forces removed, the whole crust folding remains unfinished, but flexible instability of the earth crust remains. If horizontal compression mode occurs, the processes of the earth crust deformations and orogenesis renew. As an example, the Ural Mountains are presented.

Key words: earth crust deformations, orogenesis, the Ural Mountains.

Литература

1. Большой Кавказ в альпийскую эпоху / Отв. ред. Ю.Г. Леонов. – М.: ГЕОС, 2007. – 368 с.
2. *Арган Э.* Тектоника Азии. – М., Л.: ОНТИ, 1935. – 192 с.
3. *Резанов И.А.* Образование гор. – М.: Наука, 1977. – 175 с.
4. *Камалетдинов М.А.* Покровные структуры Урала. – М.: Наука, 1974. – 230 с.
5. *Рождественский А.П.* К вопросу о происхождении современных Уральских гор // Ежегодник-1995. Информ. материалы. – Уфа: УНЦ РАН, 1996. – С. 127–129.
6. *Пучков В.Н.* Некоторые общие закономерности орогенических процессов // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы ХLI Тектонического совещ. – М.: ГЕОС, 2008. – Т. 2. – С. 130–133.
7. *Пучков В.Н.* Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. – Уфа: Даурия, 2000. – 146 с.
8. *Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И.* Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 300 с.
9. *Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е.* Современные проблемы геотектоники и геодинамики. – М.: Науч. мир, 2004. – 612 с.
10. *Зубович А.В., Макаров В.И., Кузиков С.И., Моисенко О.И., Щелочков Г.Г.* Внутриконтинентальное горообразование в Центральной Азии по данным спутниковой геодезии // Геотектоника. – 2007. – № 1. – С. 16–29.
11. *Лёвин Ф.Д., Фомин В.И.* Происхождение современных Уральских гор // Отечеств. геол. – 2001. – № 3. – С. 31–40.
12. *Кисин А.Ю.* Общекоровая складчатость как отражение горизонтального сжатия // Литосфера. – 2007. – № 5. – С. 117–136.
13. *Михайлов В.О., Киселева Е.А., Смольянинова Е.И., Тимошкина Е.П., Тевелев А.В.* Оценка региональных и локальных полей напряжений вдоль профиля Уралсейс // Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. – С. 275–283.
14. *Трифонов В.П.* Основные особенности неотектоники Урала // Геоморфология и новейшая тектоника Волго-Уральской области и Южного Урала. – Уфа, 1960. – С. 293–300.
15. *Казанцев Ю.В.* Структурная геология Предуральского прогиба. – М.: Наука, 1984. – 185 с.

16. *Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А.* Геологический разрез через Южный Урал // Геотектоника. – 1996. – № 3. – С. 13–24.
17. Глубинное строение и геодинамика Южного Урала (проект Уралсейс). – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2001. – 286 с.
18. *Зубков А.В.* Напряженное состояние земной коры Урала // Литосфера. – 2002. – № 3. – С. 3–18.
19. *Копп М.Л.* Новейшая деформация Южного Урала и Мугоджар и ее вероятное происхождение // Геотектоника. – 2005. – № 5. – С. 36–61.
20. *Блинова Т.С.* Прогноз геодинамически неустойчивых зон. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 163 с.
21. *Голованова И.В.* Тепловое поле Южного Урала. – М: Наука, 2005. – 189 с..
22. *Кейльман Г.А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. – М.: Недра, 1974. – 200 с.
23. *Кисин А.Ю.* Месторождения рубинов в мраморах (на примере Урала). – Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1991. – 130 с.
24. *Кисин А.Ю.* Деформационные макроструктуры в карбонатных породах гранито-гнейсовых комплексов Урала // Литосфера. – 2007. – № 1. – С. 90–108.
25. *Феритатер Г.Б.* Гранитоидный магматизм и формирование континентальной земной коры в ходе развития Уральского орогена // Литосфера. – 2001. – № 1. – С. 62–85.
26. *Краснобаев А.А., Чередниченко Н.В.* Цирконовая геохронология метаморфических пород Марииновского комплекса (Южный Урал) // Докл. РАН. – 2005. – Т. 404, № 4. – С. 532–536.
27. *Леонов М.Г.* Тектоника сложнодислоцированных объемов земной коры (проблемы и решения) // Литосфера. – 2002. – № 1. – С. 3–22.
28. *Пейве А.В.* Глубинные разломы в геосинклинальных областях // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1945. – № 5. – С. 23–46.
29. *Алейников А.Л., Беликов В.Т., Белавин О.В., Немзоров В.Т., Таврин И.Ф.* Некоторые черты структуры литосферы Урала и протекавших в ней геодинамических процессов // Земная кора и полезные ископаемые Урала: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. – С. 9–15.
30. *Соколов В.Б., Силин В.А., Аверкин Ю.П., Рыбалка А.В.* Глубинное строение коры Среднего Урала (по результатам геофизических исследований на Черноисточинско-Алапаевском профиле) // Земная кора и полезные ископаемые Урала: Сб. науч. тр. – Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. – С. 16–29.
31. *Знаменский С.Е.* Позднеколлизийные транспрессивные и транстенсивные структурные парагезисы Магнитогорского мегасинклинория (Южный Урал) // Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли. Материалы XXXIX Тектонического совещ. – М.: ГЕОС, 2006. – Т. 1. – С. 241–243.
32. *Чувашов Б.И.* Структура форбальджа в Предуральском краевом прогибе: принципы диагностики, краткая характеристика, история развития, перспективы на полезные ископаемые // Докл. РАН. – 2000. – Т. 374, № 5. – С. 660–666.
33. *Берлянд Н.Г.* Глубинное строение литосферы Урала. – СПб.: Изд-во ВСЕГИ, 2007. – 256 с.

Поступила в редакцию
11.02.09

Кисин Александр Юрьевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеовулканологии и геодинамики Института геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург.

E-mail: kissin@igg.uran.ru