

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ  
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

# **ОБЩИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ**

**Материалы  
XLI Тектонического совещания**

**Том 2**

Москва  
ГЕОС  
2008

ББК 26.323  
Т 67  
УДК 549.903.55(1)

**Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики.  
Материалы XLI Тектонического совещания. Том 2. – М.: ГЕОС,  
2008. – 538 с.  
ISBN 978-5-89118-414-5**

**Материалы совещания опубликованы при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Программы Президиума РАН «Поддержка молодых ученых»**

Ответственный редактор  
*Ю.В. Карякин*

*На обложке:* Архипелаг Земля Франца-Иосифа; о. Хейса. Нижний и верхний силлы, разделенные толщей черных алевролитов. Фото Ю.В.Карякина, 2007 г.

ББК 26.323

© ГИН РАН, 2008  
© ГЕОС, 2008

8. *Смирнов С.В.* Петрология верлит-клинопироксенит-габбровой ассоциации Нуралинского ультрабазитового массива и связанное платиновое оруденение: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1995. 18 с.

9. *Gaggero L., Spadea P., Cortesogno L. et al.* Geochemical investigation of the igneous rocks from the Nurali ophiolite mélange zone, Southern Urals // *Tectonophysics*. 1997. V. 276. P. 139–161.

10. *Scarraw J.H., Savelieva G.N., Glodny J.* The Mindyak Palaeozoic lhercolite ophiolite, Southern Urals: geochemistry and geochronology // *Ofioliti*. 1999. V. 24(2). P. 239–246.

---

**В.Г. Трифонов<sup>1</sup>**

## **Возраст и механизмы новейшего горообразования**

Начало неотектонического (новейшего) этапа, который В.А. Обручев определил как время формирования современного рельефа, маркируется появлением моласс с конгломератами, которые в разных регионах стали накапливаться в разное время. Так, на северном фланге Индийской плиты и в Центральной Азии (Трансгималаи, Тянь-Шань и, вероятно, Памир), кайнозойские молассы начали отлагаться в олигоцене. Тот же возраст они имеют на Урале. В Альпах и Пиренеях предгорные прогибы с молассами заложилась еще в конце эоцена, тогда как в прогибах Атласа и Эр-Рифа молассы стали накапливаться только со среднего миоцена. Красноморско-Аденский рифт заложился в олигоцене, но на трансформно-конвергентных обрамлениях Аравийской плиты (Трансформа Мертвого моря, Тавр, Загрос) олигоцен представляет собой регрессивное завершение палеогенового седиментационного цикла, а первые признаки появления расчлененного рельефа относятся к раннему миоцену. На Большом Кавказе они обозначились лишь в конце раннего миоцена и в среднем миоцене. В конце раннего миоцена, 20–17 млн лет назад, начались правсдвиговые перемещения по разлому Сан-Андреас, определившие особенности новейшего структурообразования на западе Северной Америки.

Дальнейшее структурообразование протекало по-разному в будущих горных системах, и только в тектоническую фазу конца миоцена – начала плиоцена (от 12–11 до 4.5–3.5 млн лет назад) структурный план окон-

---

<sup>1</sup> Геологический институт (ГИН) РАН, Москва, Россия

чительно приблизился к современному. Изучение мощности и фациального состава молассовых толщ и корреляция с ними разновозрастных уровней рельефа показали, что в течение всего длительного отрезка времени от начала новейшего этапа до указанной тектонической фазы современные горные системы и высокогорные плато представляли собой (за редкими локальными исключениями) области низко- и среднегорного рельефа. Лишь в плиоцен–квартере (последние 5–2 млн лет) скорости вертикальных тектонических движений резко возросли, и вертикальная амплитуда движений, как минимум, удвоилась, а местами утроилась. Именно в это время сформировались современные горные системы и высокогорные плато, а в предгорных прогибах и межгорных впадинах стала накапливаться грубая моласса.

Как и начало новейшего этапа, начало фазы ускорения вертикальных движений не было строго одновременным. Увеличение средней высоты Гималаев более, чем на 3 км, и Центрального Тянь-Шаня на ~2 км фиксируется с конца плиоцена (~2 млн лет назад). Поднятие Тибета ускорилось 2.4–2.8 млн лет назад, и с этого времени нагорье выросло на ~3 км. Тогда же начал быстро расти Куьлунь. Памир за последние 3–5 млн лет поднялся в среднем на ~2 км. М.М. Буслов отмечает ускорение воздымания Алтая в последние 3.5 млн лет. Тогда же или несколько раньше стала возрастать контрастность рельефа в Прибайкалье, где поглубине молассы в Тункинской, Южно-Байкальской и других впадинах обусловлено не только усилением рифтогенеза, но и ростом хребтов на месте прежних низкогорий. Интенсивный рост гор в плиоцен–квартере установлен на Большом Кавказе, в Альпах, Карпатах, Андах и на западе Северной Америки. П. Бёрд показал, что за это время плато Колорадо поднялось на ~2 км. Е.В. Артюшков отметил усиление горообразования в Верхоянском хребте и горной системе Черского, а также поднятие до ~1 км некоторых платформенных областей (Анабарский щит, юг Африки).

Образование на той или иной территории гор, т.е. областей с преобладанием значительных поднятий земной поверхности, означает, что там произошло разуплотнение литосферы. Наиболее распространено, особенно когда речь идет о коллизионных поясах, объяснение горообразования горизонтальным сжатием и, соответственно, утолщением земной коры в ходе коллизии. Точнее этот механизм определяется как изостатическое поднятие поверхности относительно легких скученных сжатием коровых масс по формуле:  $U = [(\rho_m - \rho_c) / \rho_m] M_c$ , где  $\rho_m$  – плотность мантии,  $\rho_c$  – средняя плотность коры и  $M_c$  – утолщение коры при коллизии. Механизм обосновывается проявлениями утолщения коры при складчатости и надвигообразовании и прямым отражением утолщенных структурных форм в рельефе земной поверхности.

Недостаточность механизма сжатия доказывается следующими фактами. Во-первых, поднятия развиваются не только в обстановке сжатия, но и вблизи рифтов и в платформенных областях. Во-вторых, главные фазы складчатости в коллизионных поясах часто предшествует горообразованию и оторваны во времени от эпохи интенсивного роста гор. Так, в центральных зонах Большого Кавказа главная складчатость имела место после накопления майкопской свиты и закончилась к началу среднего миоцена, в Закавказье и соседних областях северного фланга Аравийской плиты – в эоцене, в Верхоянском хребте – в конце мела, тогда как высокие горы во всех этих областях возникли только в плиоцен-квартере. В третьих, плиоцен-четвертичное усиление горообразования не везде сопровождалось усилением сжатия. Оно не фиксируется в Гималаях и на Памире. В Альпах надвигание орогена на предгорные прогибы замедлилась на юге в плейстоцене, а на севере – еще с позднего плиоцена. Но даже в Центральном Тянь-Шане, где сжатие усилилось в плиоцен-квартере в 2–4 раза, оно оказалось способным вызвать лишь 10–20% поднятия поверхности за то же время. Следовательно, кроме сжатия есть другие причины роста гор.

М.Е. Артемьев впервые обосновал пониженную плотность верхней мантии под Центральным Тянь-Шанем и показал, что этим можно объяснить не менее 50% его поднятия. По данным Е.В. Артюшкова, поднятие региона от разуплотнения мантии составило ~1.5 км и явилось основным фактором ускорения горообразования в конце плиоцена и квартере. Суть разуплотнения Е.В. Артюшков видит в частичном, а под хребтами – почти полном разрушении литосферной мантии и ее замещении менее плотной и более горячей астеносферной мантией. Такой механизм усиления горообразования в плиоцен-квартере применим и к другим регионам Высокой Азии (Тибету, Гималаям, Памиру, Куньлуню и даже Таримской впадине), а также к рифтовым и упомянутым платформенным областям, где есть данные о разуплотнении верхней мантии. Проблема состоит в том, чтобы объяснить, почему в указанных регионах литосферная мантия разрушилась и астеносфера стала ее замещать. Е.В. Артюшков предложил в качестве гипотетической причины разрушения литосферной мантии и активизации астеносферы воздействие флюида, поступавшего из глубинного мантийного плюма. Причиной может быть также тектоническое расслоение литосферы и отделение ее мантийной части от земной коры в ходе новейших деформаций и значительных горизонтальных перемещений. Отделение коровых структур от их корней нарушало изостатическое равновесие, и замещение литосферной мантии менее плотным астеносферным веществом или ее пополнение его легкими подвижными компонентами могло быть одним из спо-

собов восстановления равновесия. Вместе с тем, отслоение плотной литосферной мантии от коры облегчало ее погружение и замещение.

Еще одним источником поднятия поверхности могло быть изменение свойств корового вещества. Пример Центрального Тянь-Шаня показал, что современная мощность земной коры региона, варьирующая от 40–52 км под межгорными впадинами до 52–64 км под горными хребтами, превышает мощность коры, которую можно было бы получить коллизийным сжатием «нормальной» платформенной коры. Это заставило допустить, что до начала новейшего этапа кора региона была утолщена и состояла из верхней «нормальной» части мощностью ~42 км и нижней части мощностью 5–15 км, состоящей из гранатовых гранулитов и эклогитов, близких по плотности к мантии и потому не влиявших на высоту предорогненной поверхности выравнивания, достигавшей первых сотен метров. В процессе мантийных преобразований более плотные фрагменты этих метабазитов погрузились вместе с литосферной мантией и заместились астеносферным веществом, а менее плотные фрагменты под действием компонент активизированной мантии испытали разуплотнение и пополнили «нормальную» земную кору. Это могло вызвать дополнительное воздымание поверхности на ~0.5 км. Подобный механизм мог бы объяснить плиоцен-четвертичное поднятие Большого Кавказа. Современного разуплотнения верхней мантии там не установлено. Скорость сжатия сейчас уступает той, что была в эпоху интенсивной миоценовой складчатости, которая не сопровождалась ростом гор. Возможно, соскладчатое утолщение коры компенсировалось уплотнением ее нижней части. Разуплотнение этого вещества в плиоцен-квартере под влиянием глубинного источника могло бы привести к быстрому воздыманию.

Итак, причинами горообразования были не только деформационное утолщение корового вещества, но и глубинные процессы, приведшие к разуплотнению верхов мантии и низов коры. Среди этих процессов реальными представляются замещение или пополнение литосферной мантии менее плотным астеносферным веществом и воздействие преобразованной мантии или ее подвижных компонент на земную кору.

К причинам глубинных преобразований, приведших к ускорению вертикальных движений, можно подойти, опираясь на особенности новейшего этапа как тектонического события в эволюции Земли. Новейший этап и, тем более, плиоцен-квартер при всех локальных изменениях не отличается в глобальном масштабе от предыдущих этапов развития Земли сутью взаимодействий и средними скоростями движения плит. Проявления горообразования, как и другие признаки усиления вертикальных движений, в частности, углубление морских впадин, наложены на разные геодинамические обстановки таких взаимодействий. Новей-

ший этап – последний в ряду орогенных этапов фанерозоя, повторявшихся в среднем через ~200 млн лет. Лишь герцинский орогенный этап с пиком горообразования в артинский век имел место раньше, чем предполагает такая периодичность, возможно, из-за образования Пангеи в карбоне. Наложенность орогенных этапов на тектонику плит приводит к предположению об энергетических автоколебаниях развития Земли, которые периодически повышали вклад нижней мантии в тектонические процессы и усиливали контрастность вертикальных движений. С этими глубинными воздействиями может быть связана частичная перестройка взаимодействия плит в новейшее время, а именно: тот факт, что Евразийская плита лишилась на значительном протяжении обрамлявших ее зон субдукции и испытала дополнительное сжатие за счет разрастания океанской литосферы. Это сказалось на глобальном балансе плитных взаимодействий и способствовало горообразованию.

В.П. Трубицын<sup>1</sup>

---

### **Природа мантийных химических резервуаров и плюмов горячих точек, роль воды в глобальной геодинамике и геологической истории**

В связи с появлением новых более точных материалов измерений свойств пород, данных сейсмической томографии и геохимии в настоящее время происходит существенное изменение представлений о строении мантии и глобальной геодинамике.

**1. Несостоятельность моделей перемежающейся мантийной конвекции с барьером на глубине 660 км.** Базальты океанических хребтов (MORB) деплетированы по несовместимым элементам, которыми обогащена континентальная кора. Базальты горячих точек (OIB), генерируемые плюмами нижней мантии, имеют химический состав, близкий к составу первичной мантии. Поэтому была предложена геохимическая модель с двумя резервуарами. На глубине 660 км оливин из фазы рингвудита переходит в перовскит. Этот переход тормозит конвекцию. В течение предыдущих двух десятилетий были рассчитаны сотни моделей, показывающих, что при большом наклоне фазовой кривой возникает перемежающаяся конвекция с периодическим разделением течений верх-

---

<sup>1</sup> Институт физики Земли (ИФЗ) им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия