

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

УДК 551.248.2 (1-925.32)

ЦОКОЛЬНОЕ ПОДНЯТИЕ МОНГОЛО-СИБИРСКОГО ВОЗРОЖДЕННОГО ОРОГЕНА

Г. Ф. Уфимцев, А.А. Щетников

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Монголо-Сибирский пояс возрожденных гор представляет собой упорядоченную систему больших сводов, зон линейного коробления и Байкальской рифтовой зоны, расположенных на гигантском цокольном сводовом поднятии. Его морфология имеет парагенетическую связь с формой и мощностью астенолита, залегающего под литосферой горного пояса. Проведен расчет амплитуд воздымания цоколя горного пояса, обусловленных формированием астенолита. Расчетные амплитуды воздымания лишь частично объясняют высотное положение цокольной поверхности. Они дополняются изостатическими воздыманиями легких литосферных геоблоков и влиянием корней астенолита, погружающихся на большие глубины в мантию вдоль линии 100° в.д.

Горные сооружения севера Внутренней Азии - Хангай и Хэнтей, Саяны и Суановое нагорье, хребты Прибайкалья и Забайкалья - представляют собой связную группировку молодых структурных форм приповерхностных частей литосферы - Монголо-Сибирский возрожденный орогенический пояс. Южное его крыло составляют большие своды Хангая и Хэнтея, северное - своды Западного и Восточного Саяна и Байкальская рифтовая зона, а в центральной части пояса располагается система межгорных впадин и сводово-глыбовых поднятий - это зоны линейного коробления и умеренного тектонического сучивания верхних частей литосферы Забайкалья и Северной Монголии [6,7]. Орогенические пояса с близким набором структурных элементов распространены в Лавразии и обрамляют великие платформенные равнины: Верхояно-Колымский горный пояс, горы Чукотки и севера Аляски, Приамурья и Северо-Восточного Китая [7]. Они различаются между собой лишь по особенностям пространственного группирования неотектонических форм.

Монголо-Сибирский пояс возрожденных гор имеет характерную особенность - его цокольная поверхность представляет собой гигантское пологое сводовое вздутие, от 400 м у границы горного пояса с Сибирской платформой и до 2000 м в Центральной Монголии (рис.1). Цокольная или базисная поверхность рельефа - это поверхность, скользящая по ми-

нимальным отметкам рельефа: тальвегам долин, зеркалу воды озер, днищам замкнутых котловин. Это одна из тех поверхностей, на которые разлагается рельеф при его специализированном тектоническом анализе, и ее соответствующая информативность весьма высока: от главных цокольных поверхностей континентов [7,10] до базисных поверхностей по тальвегам долин низких порядков, используемых морфометрическим методом поисков тектонических структур [11]. При неотектонических исследованиях изучение цокольной поверхности подобно анализу зеркала складчатости.

Цокольная поверхность обладает существенным геодинамическим значением. Она разделяет приповерхностную литосферу на две части с различными условиями тектонических деформаций и структурообразования. Ниже нее располагается сплошной скальный массив, а выше приповерхностные части литосферы имеют "скелетное состояние", будучи разделены на отдельные междуречные массивы. Здесь на явления молодой геодинамики оказывает существенное влияние фактор свободного верхнего и особенно бокового полупространства, заполненного воздухом [7]. Опыт тектонической интерпретации цокольных поверхностей рельефа указывает на их высокую информативность в отношении крупномасштабных молодых тектонических деформаций, обусловленных особенностями структуры тек-

тоносферы. Например, большие высоты цокольных поверхностей гондванских континентов [10] состоят в прямой связи с насыщенностью тектоносферы Южного полушария астеносферными слоями и линзами [12]. А какую тектоническую информацию несет цокольная поверхность Монголо-Сибирского возрожденного орогена?

Обратимся вновь к цокольной поверхности горного пояса (рис.1А). Она имеет две существенные особенности. Во-первых, это общее пологое сводообразное вздутие, в котором полоса максимальных высот смещена на юг относительно геометрической оси орогена и лишь на северо-востоке совпадает с последней (см. рис.1А). Во-вторых, сводовое поднятие осложнено подобием высокого структурного мыса - субмеридиональной полосой максимальных высот, протягивающейся от Хангая в район озера Хубсугула. Это поднятие цоколя гор в полосе 98° - 100° в.д. особенно хорошо выражено на вариантах

цокольной поверхности, соответствующих уровню неотектонических зон [9].

Следует упомянуть еще одну особенность цокольной поверхности горного пояса: Байкальская рифтовая зона на большей своей протяженности, за исключением юго-западных звеньев, располагается в подножье общего цокольного свода, в интервале высот 300-500 м. В рельефе цоколя гор мы не видим свидетельств какого-либо предшествовавшего рифтогенезу свода, о котором много говорят и который ни коим образом не проявляется в элементах тектонического рельефа.

Природа двух упомянутых особенностей рельефа цоколя Монголо-Сибирского горного пояса определяется при сопоставлении с особенностями строения тектоносферы. Общее цокольное поднятие гор обнаруживает ясный парагенез с залегающим под горами юга Сибири и Монголии астенолитом (рис.1Б) [8], и это свидетельствует о том, что верхняя

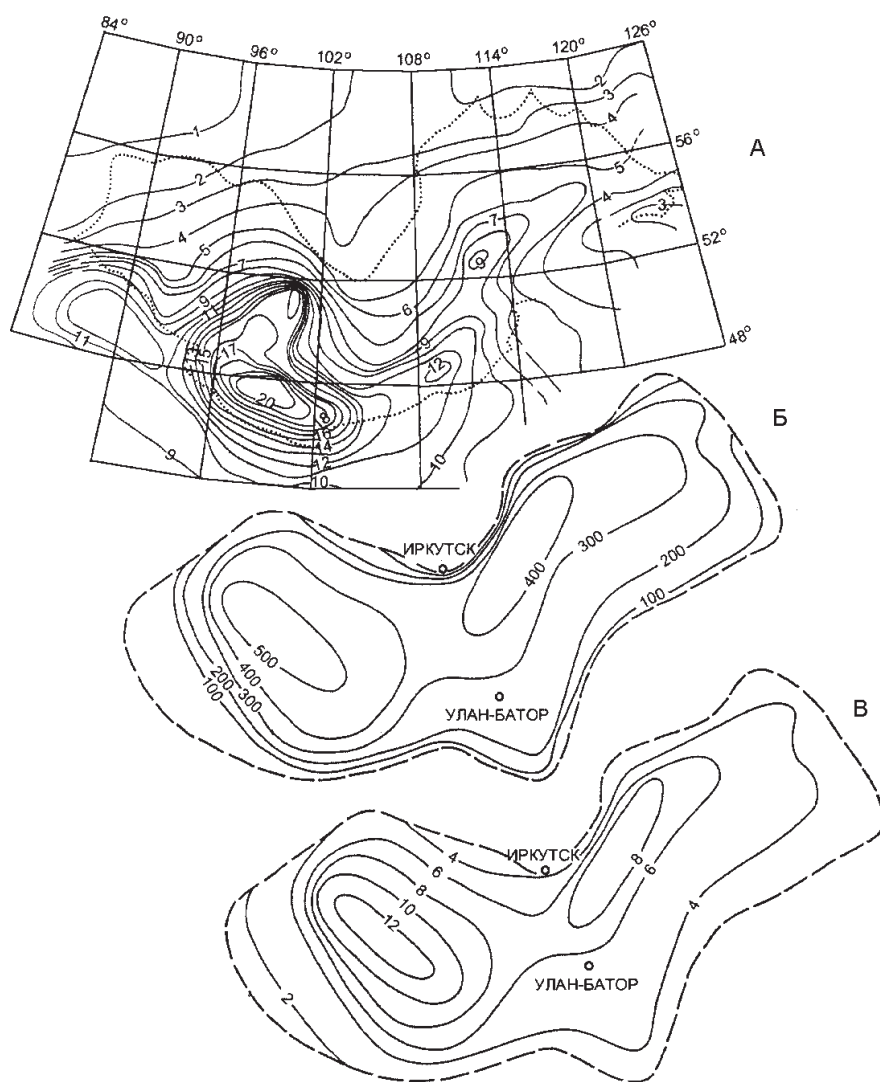


Рис. А. Цокольная поверхность Монголо-Сибирского орогенического пояса, границы которого показаны залитыми кружками, высоты цоколя в сотнях метров, по [7]. **Б.** Мощности астенолита в км и его границы (пунктирная линия), по [4]. **В.** Амплитуды воздымания цоколя горного пояса за счет формирования астенолита, в сотнях метров.

часть тектоносферы горного пояса вовлечена в гигантское сводовое воздымание изостатической природы. Лишь на юге и юго-востоке мы видим несоответствие контуров астенолита и возрожденного орогена, где кровля первого быстро погружается, а сам астенолит выклинивается. Здесь над наклонным скатом кровли астенолита располагаются зоны интенсивного тектонического скупивания верхних частей литосферы - цепи сводово-глыбовых ("гобийских") хребтов Алтая, составляющих северное крыло другого, Центрально-Азиатского, возрожденного орогенического пояса [7].

Субмеридиональный структурный мыс цокольной поверхности в полосе $98^{\circ} - 100^{\circ}$ в.д. также имеет изостатическую природу воздымания - он является морфологическим выражением канала аномально разогретого и разуплотненного вещества, соединяющего Монголо-Сибирский астенолит с более глубокими частями астеносферы и обнаруженного сейсмологическими исследованиями [2,3]. К этой "горячей линии $98^{\circ}-100^{\circ}$ в.д." приурочены основные районы кайнозойского вулканизма в пределах орогенического пояса.

Ясный парагенез основных особенностей рельефа цоколя Монголо-Сибирского орогена с залегающими в тектоносфере последнего астенолитом и глубинным каналом аномальной мантии и, соответственно, изостатическая природа молодых воздыманий делают возможным произвести расчет их амплитуд, обеспеченных формированием астенолита. Это может быть достигнуто решением обратной задачи: расчета величин понижения цокольной поверхности при остывании астенолита до состояния нормальной верхней мантии.

Суть метода данного вычисления сводится к следующему. Рассматривая в вертикальном сечении плотностные характеристики астенолита в сравнении с аналогичными нормальной мантии на такой же глубине, мы определяем величину сокращения объема аномальной мантии при приведении ее плотностей в нормальные при остывании. Для этого лучшим образом подходит точечное заложение вертикальных цилиндров в астенолите с шагом через 50 км его мощности.

Используя формулу объема цилиндра это можно выразить следующим образом:

$$h_1 = \frac{m}{\sigma_1 \pi r_1^2}; \quad h_2 = \frac{m}{\sigma_2 \pi r_2^2}$$

где h_1 , σ_1 , r_1 - высота, плотность и радиус цилиндра астенолита, а h_2 , σ_2 , r_2 - его соответственные параметры при уплотнении до состояния нормальной мантии; m - масса цилиндров, остающаяся неизменной. В этом случае высота цилиндра астенолита h_1 с дефи-

цитом плотностей $0.005-0.01$ г/см³ (в зависимости от принимаемой мощности астенолита 400 или 200 км) [1] уменьшается до h_2 при введении в формулу осредненной плотности окружающей астенолит (т.е. в интервале глубин от 40 до 550 км) нормальной мантии $\sigma=3.48$ г/см³ [5].

Учитывая, что радиус (r) взятого цилиндра при остывании аномальной мантии изменяется крайне незначительно и, к тому же, для нас имеет второстепенное значение, его можно принять бесконечно малой величиной, одинаковой для обеих формул. В итоге задача становится одномерной, и интересующую нас высоту измененного (уплотненного) цилиндра можно представить как:

$$h_2 = h_1 \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

Безусловно, опускание в формуле значения радиуса цилиндра приведет к несколько заниженным результатам. Более важен в вычислениях другой момент, а именно количественное выражение влияния аномальной мантии на литосферу в виде некоторого ее разуплотнения. Здесь возникают трудности в точности получения этой поправки из-за горизонтальной и вертикальной неоднородности литосферы и земной коры в частности. Предварительные расчеты говорят, что подобное влияние обеспечивает дополнительно от 5 до 20 % (в зависимости от глубины залегания аномальной мантии) приращения высот базальной поверхности Монголо-Сибирского орогенического пояса. Принимая во внимание последнюю поправку, мы можем определить амплитуду воздымания цокольной поверхности при формировании астенолита (рис. 1В).

Анализ полученных результатов показывает, что на большей части горного пояса современное положение цокольной поверхности лишь частично обеспечивается воздыманиями над астенолитом. В западной части пояса, где разница достигает 800 м, на общие воздымания определенно влияет субвертикальный канал, соединяющий Монголо-Сибирский астенолит с глубинными частями тектоносферы, наконец, на общие воздымания накладываются изостатические сводовые поднятия легких литосферных блоков [8] Хэнтея, Хангая и Восточного Саяна. Значительные (600-800 м) амплитуды воздымания в Западном Забайкалье находятся в противоречии с морфологией и высотами цокольной поверхности в этом регионе, и это требует особого обсуждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (96-05- 64773).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алакшин А.М., Лысак С.В., Письменный Б.М. и др.

- Глубинное строение и геодинамика Саяно-Байкальской горной области и сопредельных районов Восточной Сибири // Глубинное строение территории СССР М., 1991. С. 88-105.
2. Бугаевский Г.Н. Байкальский рифт как частное проявление связей поверхностных структур с особенностями строения мантии Земли // Роль рифтогенеза в геологической истории Земли Новосибирск, 1977. С. 47-54.
 3. Бугаевский Г.Н. Сейсмологические исследования неоднородностей мантии Земли. Киев: Наук. думка, 1978. 184 с.
 4. Зорин Ю.А., Новоселова М.Р., Рогожина В.А. Глубинная структура территории МНР. Новосибирск: Наука, 1982. 94 с.
 5. Картвелишвили К.М. Планетарная плотностная модель и нормальное гравитационное поле Земли. М.: Наука, 1983. 95 с.
 6. Уфимцев Г.Ф. Монголо-Сибирский горный пояс и его аналоги // Геоморфология. 1988. № 1. С. 3-15.
 7. Уфимцев Г.Ф. Горные пояса континентов и симметрия рельефа Земли. Новосибирск: Наука, 1991. 169 с.
 8. Уфимцев Г.Ф. Кайнозойский орогенез юга Восточной Сибири // Бюл. МОИП, отд.геол. 1993. Т. 68, вып. 6. С. 3-14.
 9. Уфимцев Г.Ф. Тектонический рельеф севера Внутренней Азии // География и природ. ресурсы. 1995. № 2. С. 5-18.
 10. Уфимцев Г.Ф., Трофимов А.Г. Главные базисные поверхности континентов // Геоморфология. 1986. № 4. С. 24-30.
 11. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. 94 с.
 12. Хаин В.Е., Зверев А.Т. Динамика литосферы и сейсмо-томография // Природа. 1991. № 4. С. 32-39.

Поступила в редакцию 10 декабря 1997 г.

Рекомендована к печати А.А.Врублевским

G.F. Ufimtsev, A.A. Shchetnikov

Socle uplift of the Mongol-Siberian rejuvenated orogene

The principal peculiarity of the deep-seated structure of the Mongol-Siberian belt of rejuvenated mountains is a large asthenolith occurring under the belt lithosphere. The asthenolith causes a general dome-shaped uplifting of the mountain belt socle. The amplitudes of these uplifts conditioned by extension and common unconsolidation of the earth's crust and the upper mantle with asthenolith formation have been calculated.