

УДК 551.4.035(235.34235.35+235.47)

© 2014 г. А.А. ГАВРИЛОВ

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ ГОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ (СТ. 1. ОРОГЕННЫЕ ПОЯСА)***Тихоокеанский Океанологический ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток;
gavrilov@poi.dvo.ru***Введение**

Изучение орогенных систем, как мобильных элементов литосферы, представляет одну из фундаментальных проблем геологии и геоморфологии. Различные теоретические и региональные аспекты этой проблемы неоднократно рассматривались в работах Л.И. Красного, С.А. Салуна, Г.И. Худякова, Ю.Ф. Чемекова, И.К. Волчанской, Ю.А. Косыгина, Ю.Ф. Малышева, Н.П. Романовского, Г.Ф. Уфимцева, Ф.С. Онухова, В.В. Соловьева, И.Н. Томсона, В.В. Середина, А.И. Ханчука, В.П. Уткина и многих других специалистов.

В ряде случаев, по мнению автора, методически целесообразно отказаться от узкого генетического толкования термина “орогенез” (формирование горноскладчатого сооружения на месте геосинклинали), как это повелось, начиная с работ Л. Кобера, Э. Ога и Г. Штилле, и возвратиться к начальному определению этого понятия как горообразования вообще. Такая генерализация целесообразна, поскольку существуют некоторые общие черты строения и эволюции горных сооружений, считающихся различными по своей природе (коллизионные, складчато-глыбовые, тектоно-магматогенные, магматогенные и др.). В частности, в основе возникновения и развития всех орогенных систем так же, как и других мобильных зон литосферы, лежат процессы формирования или активизации существовавших ранее глубинных систем разломов. Именно этими каркасными и сквозными структурами определяется линейность, протяженность горных поясов, активная геодинамика, аномальный тепловой поток, широкое развитие в их пределах явлений магматизма, метаморфизма, рудогенеза и других геологических процессов.

Современный уровень геолого-геоморфологической изученности региона допускает конкуренцию нескольких тектонических моделей строения и развития горных сооружений. Среди них целесообразно отметить следующие: геосинклинально-складчатая [1, 2 и др.], линейно-блоковая [3, 4 и др.], неотектоническая [5, 6 и др.], тектоно-магматической активизации [7, 8 и др.], очагового текто- и морфогенеза [9–11, 12 и др.], горст-аккреционная и рифто-грабеновая [13], террейновая [14, 15 и др.], плюмовая [16, 17]. Необходимость выявления наиболее адекватной предполагает как критический анализ их достоинств и недостатков, так и синтез разноплановой геологической, геофизической и геоморфологической информации; выявление всего многообразия причинно-следственных, конформных связей между особенностями глубинного строения, формированием элементов структурного плана и процессами

возникновения горных сооружений исследуемой территории. Очевидно, что такая модель должна объяснять принципиальные черты строения эндогенного рельефа юга Дальнего Востока (ДВ). В качестве необходимых составляющих подобных исследований предлагается использовать данные о внутреннем строении горных сооружений, полученные в ходе морфоструктурного и структурно-геологического анализов, опирающихся на широкий комплекс геоморфологических, геологических методов и результаты дистанционного зондирования из космоса.

Краткий геоморфологический очерк

Рельеф ДВ региона и прилегающих территорий преимущественно низко- и среднегорный, равнинные пространства занимают не более 25–30% его площади. Основные горные сооружения представлены поясами и хребтами, нагорья и плато развиты ограничено. Вместе с подножием и предгорьями (отроги, холмогорье, увалы и т.д.), орогенные пояса образуют обширные, сложные по конфигурации области поднятий, вытянутые в северо-восточном, субмеридиональном и субширотном направлениях. В западной части региона расположена Амуро-Зейская плита, в пределах которой доминируют высокие аккумулятивные и денудационные равнины с холмисто-увалистым рельефом и высотами до 400 м. С севера плиту ограничивает дуговой орогенный пояс (до 100 км шириной) хребтов Джагды, Тукурингра, Становик (басс. р. Онон), протянувшихся с востока на запад на расстояние около 700 км. Максимальные отметки высот их горных вершин не превышают 1600 м. Удско-Верхнезейская субширотная полоса впадин отделяет их от Станового орогена, который простирается в западном направлении на 900 км. Он обрамляет с юга Алданский щит и представляет собой дугообразный ряд крупных сводовых поднятий с максимальными высотами 2200–2400 м.

Главные орографические элементы территории юга Дальнего Востока (ДВ) и прилегающей территории Китая – расположенные субпараллельно Корейско-Охотский и Сихотэ-Алинский орогены, или горные пояса. Разделяющая их полоса межгорных впадин сопряжена с Уссурийско-Биялчанским линейamentом [4], который протягивается от Тугурского залива Охотского моря до Среднеамурской равнины и далее на юг по долине р. Уссури через Ханкайскую депрессию до грабена Амурского залива (Японское море). На территории России находится северный фрагмент Корейско-Охотского пояса – Хингано-Охотский ороген, который имеет в плане трапециевидную форму. На юге и в центральной части, где расположен крупный Баджало-Буреинский свод, его ширина достигает 500–600 км, а на севере, в Приохотье, сокращается до 150 км при общей протяженности 800 км. Основные горные хребты (Малый Хинган, Баджальский, Ям-Алинь и др.) имеют в Приамурье субмеридиональное и северо-восточное простирания. Хребты субширотной и северо-западной ориентировок (Эзоп, Дуссе-Алинь и др.) играют подчиненную роль. Главный морфотектонический элемент Хингано-Охотского орогена – Баджало-Буреинский свод, представляющий собою массивное поднятие изометричной формы с радиусом (R) до 320 км и высотами до 2200 м.

В отличие от Хингано-Охотской системы горных сооружений Сихотэ-Алинский пояс имеет протяженность более 1400 км и максимальную ширину 350 км. Восточная граница северного отрезка пояса, имеющего меридиональное простирание, маркируется полосой грабенов Татарского пролива, лежащих в зоне Монеронского глубинного разлома. Южное и юго-восточное ограничения Сихотэ-Алиня связаны соответственно с широтным Посыетским (Чифэнь-Тэлинским) и северо-восточным Прибрежным глубинными разломами, которые выражены серией гипсометрических уступов бровки шельфа и верхней части континентального склона северо-западной части котловины Японского моря. Максимальные высоты (1800–2070 м) характерны преимущественно для центральных частей Сихотэ-Алиня. В пределах северной и южной окраин пояса они редко превышают 1000 м. Основные простирания горных хребтов (Чаятын, Тумнинского, Мевачан и др.) – северо-восточное и субмеридиональное.



Рис. 1. Горные хребты и водораздельные узлы, соотносимые с ядрами сводово-блоковых поднятий Среднего и Нижнего Приамурья

Горные хребты: 1 – основные, 2 – второстепенные; 3 – межгорные впадины; 4 – государственная граница; 5 – хребты (1 – Становой, 2 – Прибрежный, 3 – Джугдыр, 4 – Майский, 5 – Джагды, 6 – Селемджинский, 7 – Тайканский, 8 – Тыльский, 9 – Альский, 10 – Тугурский, 11 – Турана, 12 – Дуссе-Алинь, 13 – Буреинский, 14 – Сутарский, 15 – Куканский, 16 – Джаки-Унахта-Якбыяна, 17 – Мяочан, 18 – Баджалский, 19 – Чаятын, 20 – Омельдинский, 21 – Омальский, 22 – Кивун, 23 – Магу, 24 – Мевачан, 25 – Луэр, 26 – Хоми, 27 – Ходзял, 28 – Приморский, 29 – Тумнинский, 30 – Сихотэ-Алинь, 31 – Вандан, 32 – Ям-Алинь, 33 – Малый Хинган); 6 – контуры сводово-блоковых морфоструктур

Важными элементами морфоструктурного плана региона являются линейные (Тугурская, Верхнебуреинская и др.) и изометричные (Среднеамурская, Эворон-Чукчагирская и др.) межгорные впадины, которые определяют границы и контуры областей поднятий. В структурном отношении впадины представляют собой депрессии с блоковым строением фундамента, симметричные и асимметричные грабены, грабен-синклинали, прогибы с немногочисленными останцами положительных реликтовых форм рельефа, которые свидетельствуют о наложенном характере процессов деструктив-

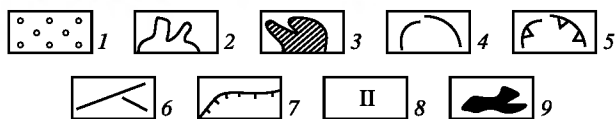


Рис. 2. Схема генерализованного рельефа и ряда мега-МЦТ восточной окраины Евразии. Составлена с использованием данных [9, 20, 23, 24]

Контурные площадей с высотами рельефа, м: 1 – <200 (межгорные впадины), 2 – 200–1000, 3 – >1000; каркасные системы разломов: 4 – кольцевые и дуговые, 5 – дуговые опущенной центральной части Восточно-Азиатского (Амурского) мегасвода, 6 – радиальные и сквозные трансрегиональные; 7 – береговая линия; 8 – МЦТ (I – Корейская, II – Восточно-Азиатская (Амурская), III – Алданская, IV – Янская, V – Яно-Колымская); 9 – оз. Байкал

ного тектогенеза. Сочленение областей поднятий и меж- или предгорных впадин, как правило, контрастное, контролируется зонами разломов. Тектоническая природа многих геоморфологических и ландшафтных границ отражает, с одной стороны, высокую плотность разрывных нарушений разного порядка и широкое развитие макро- и микроблоковых дислокаций, с другой – сложный дифференцированный характер тектонических движений. Протяженные линейные системы впадин юга ДВ (Удско-Зейская, Тугуро-Амурская и др.) контролируются региональными и трансрегиональными глубинными разломами.

На картах и схемах глубинного строения территории впадинам соответствуют зоны пониженной мощности земной коры и положительных гравитационных аномалий, что свидетельствует о наличии в их фундаменте базитовых магматических комплексов.

Обращает на себя внимание тот факт, что, хотя все рассматриваемые горные сооружения региона удалены друг от друга на многие сотни и первые тысячи километров, их максимальные высоты близки, составляя в среднем 1600–2000 м. При этом линии главных водоразделов Большехинганской, Корейско-Охотской и Сихотэ-Алинской горных систем имеют общую северо-восточную (20–30°), циркумтихоокеанскую ориентировку, которой соответствует простираание окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов и основных морфоструктурных элементов зоны перехода

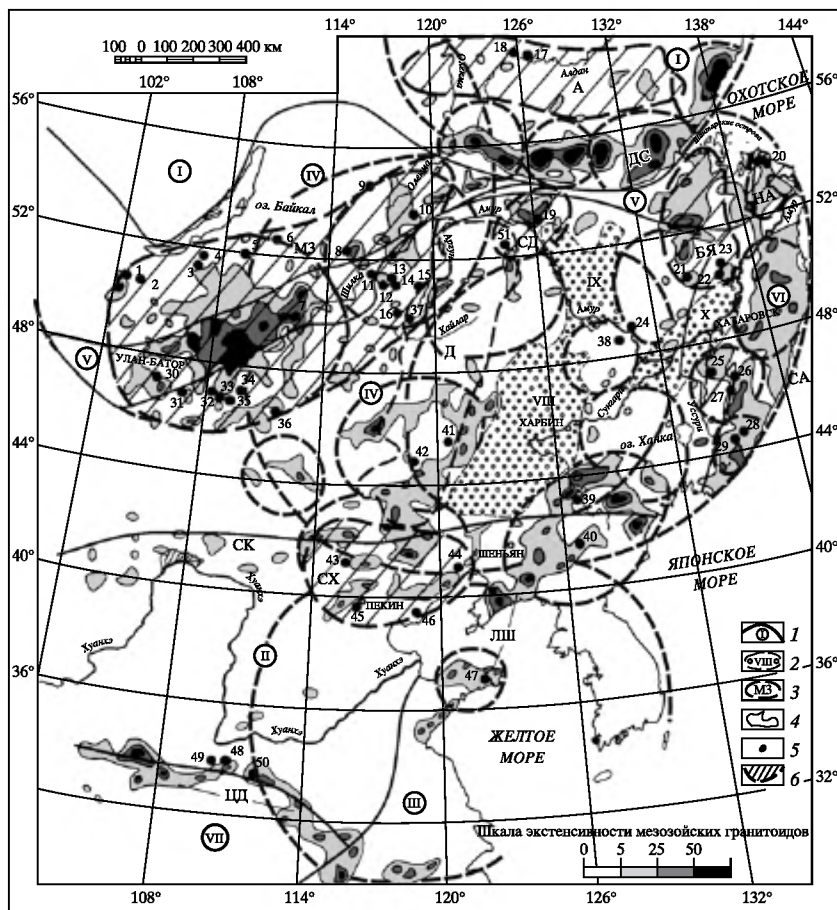


Рис. 3. Положение аномалий экстенсивности мезозойского гранитоидного магматизма Центральноазиатского, Сихоте-Алинского поясов и смежных платформ по [35] с дополнениями и в интерпретации автора

1 – тектонические элементы (платформы: I – Сибирская, II – Северо-Китайская, III – Янцзы; орогенные пояса: IV – Центральноазиатский, V – Монголо-Охотский, VI – Сихотэ-Алинский, VII – Циньлин-Дабшаньский); 2 – осадочные бассейны (VIII – Суляо, IX – Амуро-Зейский, X – Среднеамурский); 3 – ареалы и пояса гранитоидов (МЗ – Монголо-Забайкальский, А – Алданский, СД – Северо-Дахинганский, БЯ – Баджалло-Ямалинский, НА – Нижнемурский, СХ – Северо-Хэбэйский, ЮП – Южно-Приморский, ДС – Джунджуро-Становой, Д – Дахинганский, СА – Сихотэ-Алинский, СК – Северо-Китайский, ЦД – Циньлин-Дабшаньский, ЛШ – Ляодун-Шаньдунский); 4 – массивы гранитоидов; 5 – крупные рудные месторождения (перечень см. [35]); 6 – предполагаемые проекции центров мезозойского гранитоидного магматизма

(глубоководные желоба, островные дуги и др.) от континента к океану. Для основных систем поднятий юга ДВ типично линейно-узловое, дискретное строение с хорошо выраженной трансляционной симметрией размещения крупных водораздельных узлов и, соответственно, сводов и тектоно-магматогенных поднятий (рис. 1), выделяемых по геолого-геоморфологическим данным и соотносимых по своим морфологическим признакам с морфоструктурами центрального типа (МЦТ) [9–11 и др.].

Выделяемые на территории юга ДВ своды характеризуются двумя основными подтипами рисунков размещения горных хребтов (в плоскостной проекции): ядерный радиальный – с одним главным водораздельным узлом в центральной части (Верхнеселемджинский, Анюйский и др.) и сателлитный концентрический – с несколькими близкими по рангу водораздельными узлами, расположенными дугообразно на

периферии поднятий при субпараллельном расположении хребтов (Пильдо-Лимурийский, Баджалский и др.). Отдельные различия рисунков орографических элементов орогенных сводов проявлены на фоне типичной для них центробежной зональности распределения высот. Проведенные морфометрические построения по методикам В.П. Философова [18] включали построение карт вершинной, базисной поверхности и остаточного рельефа горных областей. При этом производилось совмещение слоев морфометрической, геологической и геофизической информации, что позволило получить комплексные характеристики сводов и орогенных поясов региона. В частности, вынесенные на карту базисной поверхности массивы гранитоидов разного возраста (рис. 2, 3) отражают аномальную концентрацию проекций коровых магмогенерирующих центров в апикальных частях сводов.

В соответствии с более генерализованными, мелкомасштабными геолого-геоморфологическими построениями для Востока Азии в целом характерна радиально-концентрическая организация основных орографических элементов и зональность распределения максимальных высот рельефа. Выделяемый на окраине континента дуговой ряд мега-МЦТ субпланетарного ранга протянулся с юга на север более чем на 6000 км [9, 19, 20]. Он имеет северо-восточную ориентировку, подчиняясь генеральной системе разломов зоны сочленения Евразии и впадины Тихого океана [21]. На представленной схеме (рис. 2) показаны элементы этой цепи – Корейский, Восточно-Азиатский (Амурский), Алданский и Яно-Колымский мегасводы, определяющие принципиальные особенности строения горных сооружений Востока и Северо-Востока Азии [9, 20, 22–24 и др.]. Основные поля максимальных высот Восточно-Азиатской мегапостройки, связаны с Восточно-Забайкальским, Становым, Олекминским, Сихотэ-Алинским хребтами, Витимским, Алданским нагорьями, которые образуют ее внешний концентр. Ядерную относительно опущенную часть мегасвода занимает система рифтогенных впадин Сунляо. Черты внутреннего строения мегасвода связаны с Большехинганской и Корейско-Охотской системами горных поднятий.

Таким образом, среди принципиальных особенностей строения горного рельефа юга ДВ необходимо отметить: 1) его принадлежность к северо-восточному сегменту Восточно-Азиатского мегасвода, 2) близкие гипсометрические характеристики областей поднятий, 3) субпараллельное расположение основных орогенных поясов и сопряженных с ними систем межгорных впадин, образующих трансрегиональные зоны относительно узких, протяженных впадин-грабенов и дискретные ряды изометричных депрессий, 4) трансляционное размещение крупных водораздельных узлов и соотносимых с ними сводов, характеризующихся радиальным и радиально-концентрическим рисунками оро- и гидрографических элементов, 5) наличие центробежной зональности распределения высот относительно ядер сводовых МЦТ и их сателлитов, которым соответствуют водораздельные узлы меньшего порядка.

Краткий обзор существующих тектонических моделей формирования орогенных сооружений

В *геосинклинально-складчатой модели* не были установлены приоритетные соотношения между различными типами дислокаций, не определена роль глубинных факторов в процессах орогенеза. В 1960–1970 гг. в пределах рассматриваемой территории выделялись эпиплатформенные блоковые, эпимно- и эпизвгеосинклинальные складчатые и складчато-блоковые горные поднятия, возникшие вследствие замыкания или инверсии окраинно-континентальных прогибов, в пределах которых в морских и континентальных условиях накапливались мощные толщи терригенных и вулканогенно-терригенных отложений [1, 2]. Одновременно в работах [2, 25 и др.] отмечалась приуроченность гравитационных минимумов территории к областям поднятий, предполагалась активная роль гранитных интрузий в процессах горообразования. Однако в этих моделях еще не анализировалась связь горообразования с очаговыми системами различных глубин заложения.

Привлекался и *контракционный механизм* формирования горных сооружений [2], воздымание которых рассматривалось как следствие рифтогенного растяжения земной коры в прилегающих межгорных впадинах с трансформацией горизонтальных движений в вертикальные. Сходные представления о геодинамическом взаимодействии тектонопар (впадина – поднятие, грабен – горст), но уже на основе превалирования сдвиговых деформаций в литосфере в последующем стал развивать В.П. Уткин [13]. В предлагаемых им построениях горообразование обусловлено обособлением и воздыманием горстовых систем-хребтов, развивающихся на континентальной коре сопряженно со сдвиговыми раздвигами и грабенами. При этом не учитываются очевидный разрыв между временем формирования орогенных поднятий (мел-палеоцен) и наложенных грабенов межгорных и предгорных впадин (эоцен) региона, соотношение параметров положительных и отрицательных морфоструктур и другие факторы.

В *линеamentно-блоковой концепции* на первый план выдвигаются представления о существовании отчетливо выраженной блоковой делимости земной коры региона, иерархии блоковых и разломных структур, развивающихся дифференцированно во времени и пространстве, при этом рельефообразующее значение других типов дислокаций не оценивается. В качестве основных типов морфоструктур горных сооружений с *неотектонических позиций* Г.Ф. Уфимцев [4] рассматривает сводово-глыбовые и глыбовые поднятия. Предполагается, что формирование молодых сводов обусловлено: а) линейным короблением земной коры в условиях продольного горизонтального сжатия и сдвиговых перемещений по зонам региональных разломов, б) образованием краевых взбросов, в) воздыманием осевых горстов за счет изостатических процессов. И лишь в областях современного вулканизма решающая роль в процессах горообразования отводится процессам магматизма.

По мнению автора, на фоне доминирования на территории юга ДВ в позднем кайнозое деструктивных явлений тектогенеза изостатические механизмы формирования поднятий, обусловленные явлениями остаточной орогенной гранитизации, – маловероятны. Теоретически можно предположить возникновение явлений скучивания и контракции земной коры за счет горизонтальных движений, связанных с рифтогенными процессами в межгорных впадинах и в прилегающих котловинах окраинных морей. Но в реальности наблюдается обратная тенденция: горные сооружения, прилегающие к Охотскому и Японскому морям или обрамляющие континентальные впадины, вовлекаются в опускание и испытывают деструкцию. Противоречат неотектонической природе регионального орогенеза состав и позднемезозойский возраст магматических вещественных комплексов, конформных поднятия, характер синорогенных дислокаций, результаты геофизических исследований [19] и другие данные [2, 8, 20 и др.]. Явно не соответствуют, например, постулируемым масштабам неотектонических процессов горообразования объемы, фациальные особенности и мощности позднекайнозойских коррелятных отложений межгорных впадин [2, 26].

В моделях *тектоно-магматической активизации* (1970–1980 гг.) особое значение придавалось геодинамической активности систем разрывных нарушений, многие из которых играли роль магмо- и рудоконтролирующих структур. Акцентировалось внимание на неразрывной связи горообразования с процессами среднего, кислого эффузивного и интрузивного магматизма. Образование рифтогенных впадин, депрессий и нисходящие движения земной коры ассоциировались с базитовым вулканизмом [7, 8 и др.]. Дополнили эти представления факты широкого распространения в областях горных поднятий МЦТ различных размеров, рангов и глубин заложения [9–12, 20, 24, 27, 28 и др.], что предопределило выдвигание на первый план очаговых механизмов орогенеза. Более широко стали использоваться конусообразные (геоконы) модели астенолитов, мантийных диапиров и плюмов, как закономерно организованных структур центрального типа с упорядоченной сетью конических и дуговых, кольцевых, радиальных (в плане) разломов и ярусно-древовидным размещением сателлитных магматических центров, глубины заложения которых коррелируют с положением

геолого-геофизических границ в литосфере Земли [9, 29 и др.]. В работах, посвященных характеристике позднемезозойского и кайнозойского магматизма Востока Азии [16, 17 и др.], содержатся петрологические и изотопные данные, которые позволяют идентифицировать выделяемую по геолого-геоморфологическим данным Восточно-Азиатскую мега-МЦТ [9, 20, 23] с проекцией мантийного плюма. В инфраструктуре надплюмового мегасвода отчетливо выражена суперпозиция радиально-концентрического и линейного типов пространственной организации массивов базитов, гранитоидов и орогенных сводов [30], что можно объяснить лишь влиянием планетарных циркумтихоокеанских разломов на распределение потоков тепло-массопереноса в пределах плюма.

В современных *плейттектонических версиях* районирования основным таксоном выступает тектоно-стратиграфический террейн – блоковая структура, имеющая специфические черты строения и развития и представляющая часть палеогеодинамической системы (аккреционной призмы, островной дуги и др.). Орогенные пояса рассматриваются неомобилистами как коллажи аккретированных геологических тел, автохтонных и аллохтонных блоков, пластин, зоны широкого развития коллизионных дислокаций. В соответствии с этими представлениями, Сихотэ-Алинский орогенный пояс определяется, например, как гигантский S-образный вал, возникший при синсдвиговом сжатии доаккреционных структур на океанической коре при формировании литосферы континентального типа за относительно короткий интервал времени в 60 млн. лет (средняя юра – альб) [14, 15 и др.]. Для объяснения процессов орогенного магматизма в террейновых построениях привлекаются модели внедрения мантийных плюмов в коллизионные и надсубдукционные зоны континентальной литосферы. Соответственно выделяются так называемые коллизионные и надсубдукционные гранитоиды. При этом размеры проекций предполагаемых плюмов зачастую заметно превышают ширину полосы возможного влияния гипотетических субдукционных процессов, не говоря уже о необоснованности коллизионного механизма гранитообразования.

Получается, что на основе геосинклинальной, горст-аккреционной, линеаментно-блоковой, неотектонической и террейновой моделей невозможно объяснить линейность, параллельность орогенных поясов юга ДВ, их линейно-узловое строение, трансляционное размещение сводовых поднятий, водораздельных узлов, близость максимальных высот и другие особенности. Особенно отчетливо отсутствие конформных отношений между морфоструктурами орогенов и элементами тектонического плана верхних частей литосферы региона проявлено для неомобилистских построений, что косвенно подтверждает глубинную природу процессов горообразования и их связь с магматизмом и мантийными инъективными дислокациями соответствующего порядка.

Доминирующие факторы и механизмы формирования орогенных поясов

Изучение магматических центров областей современного вулканизма показывает, что объем эффузивных фаций, как правило, не превышает 1.5% пространства, занимаемого “идеальным плутоном”, с максимально возможным приращением объема извергаемого расплава для кислых и средних пород до 6–9% [31]. То есть более 90% материала магматических очагов не достигает земной поверхности, оставаясь в пределах верхних участков литосферы и выступая важнейшим фактором ее структурно-вещественных преобразований. Мезозойские магматические образования вулкано-плутонических зон сочленения юго-восточных окраин Алданского щита и Монголо-Охотской области (Западно- и Центральностановые, Сутамская и др.) занимают площадь 69000 км², что составляет около 40% территории Становик-Джугджурской орогенной системы. Объем эффузивов вулкано-плутонических зон, расположенных вокруг Бурейского массива (Зейско-Депская, Октябрьская, Селемджинская и др.), равен примерно 64000–65000 км³ [7]. В северной части Сихотэ-Алинского орогена расположены Ульбанская, Эвурская, Тумнинская, Пильдо-Лимурийская и Нижнеамурская вулкано-

плутонические зоны, на которые приходится около 36% площади территории. Объем магматических образований составляет здесь не менее 30 000 км³ [27, 28]. С учетом приведенных данных о модели “идеального плутона” можно предполагать, что в недрах региона в ходе аллохтонного, автохтонного гранитообразования, мигматизации, палингенеза и других сопутствующих процессов на орогенной стадии развития при активной дегазации и дефлюидизации мантии были образованы многие миллионы кубических километров относительно разуплотненных магматических и метаморфических пород. О таком развитии событий свидетельствуют и данные о строении областей ранней консолидации региона (Буреинский, Гонжинский, Момынский массивы и др.), в пределах которых, помимо различных типов гранитоидов, широко представлены мигматиты и метаморфические образования. Очевидно, что наблюдаемые в настоящее время в вершинном поясе гор позднемезойские и раннекайнозойские массивы гранитов – лишь вершины очаговых систем корового заложения.

По геологическим данным [32, 33 и др.], гранитоидный магматизм и сопряженные явления орогенеза характерны для позднеархейского, ниже- и среднепротерозойских, ранне- и позднепалеозойских этапов развития Алданского щита, Буреинского массива и Становика-Джугджура. Однако наиболее важные для образования существующих горных сооружений и масштабные процессы гранитообразования связаны с мезозоем, когда формировались основные ареалы гранитоидов региона (рис. 3). Первый максимум на Буреинском массиве и в северо-западных районах Китая совпадает с границей триаса и юры (200±10 млн. лет). Второй, проявившийся наиболее активно в Восточном Забайкалье и на территории Китая, приходится на позднеюрское время (150±15 млн. лет). Максимально широкое развитие в пределах территории получили гранитоиды третьего этапа орогенного магматизма, совпадающего с границей раннего и позднего мела (100±10 млн. лет) [21, 33 др.]. Именно очаговые системы ранне- и позднемелового возраста послужили тектонической основой Сихотэ-Алинского и северных участков Корейско-Охотского орогенов. Имеющиеся данные о радиально-концентрической организации основных морфоструктурных элементов региона (рис. 2), массивов палеозойских [34], мезозойских [35] гранитоидов и кайнозойских центров базитового плюмового магматизма [16] отражают длительный (сотни млн. лет) и унаследованный характер развития Восточно-Азиатского мегасвода как проекции глубинной очаговой системы центрального типа [9, 28, 30].

В настоящее время доминирует точка зрения [21, 33 и др.] о мантийной природе процессов разуплотнения в “корневых частях гор”, признаки которых проявлены в геофизических полях в интервале глубин 60–70 км и которые, судя по значениям современного геотермического теплового потока региона [33], носят уже реликтовый характер. Линейное и дискретное (с элементами трансляционной симметрии) расположение положительных аномалий гравитационного поля (рис. 4) [36] полностью соответствует пространственной организации сводовых и тектоно-магматических поднятий орогенов, выделяемых по морфоструктурным данным. Представляется, что именно фактор “глубинности” определяет длительный и унаследованный характер развития горных поясов региона и их устойчивость к процессам средне- и позднекайнозойской рифтогенной деструкции и базификации.

Если для палеозойского и мезозойского этапов развития Восточно-Азиатского надплюмового мегасвода характерно проявление гранитоидного магматизма на больших площадях, то к среднему кайнозою наметились тенденции постепенного затухания этого процесса в пределах региона и миграции фронта гранитообразования к востоку. Региональный тренд подобных изменений в позднем мезозое–кайнозое хорошо иллюстрирует пример Сихотэ-Алинской орогенной системы. В готерив–альбе была сформирована цепь магматических сводов Западного Сихотэ-Алия [37], связанная с внедрением гранитоидов хунгарийского и татибинского комплексов. На границе раннего-позднего мела (альб–сеноман) начался рост сводов центральной части Сихотэ-Алия, сопровождающийся образованием крупных масс орогенных гранитов.

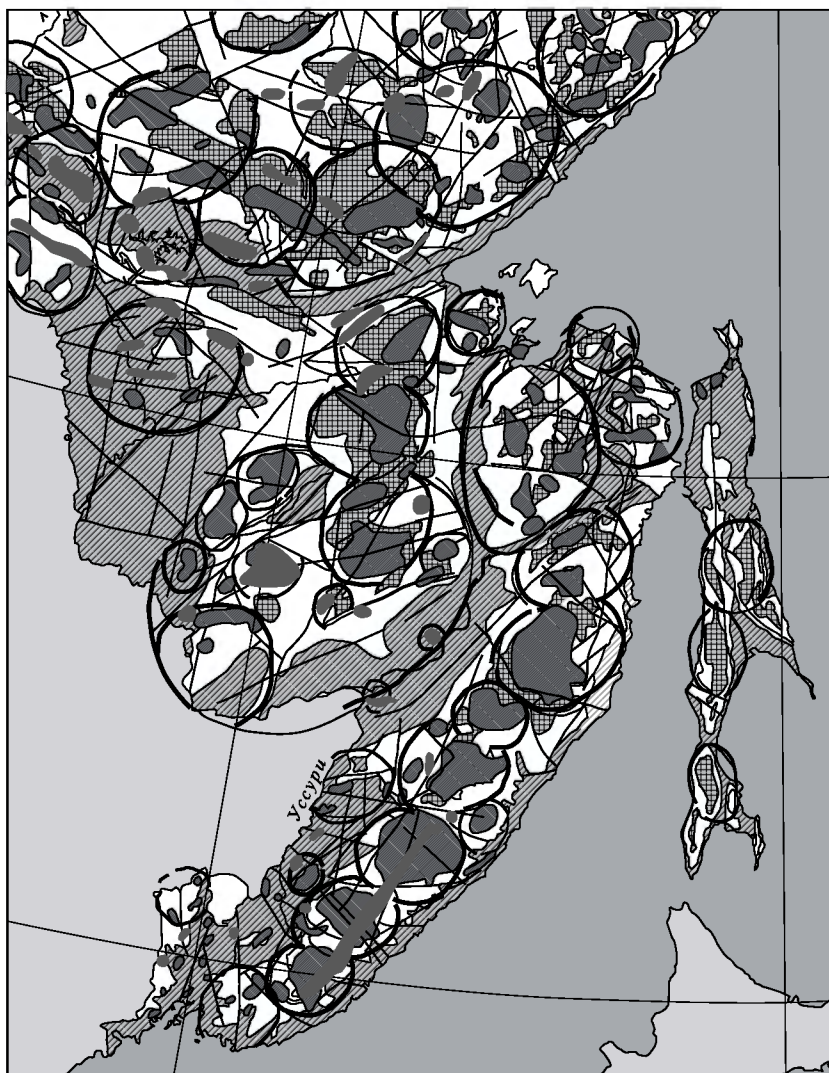


Рис. 4. Фрагмент карты глубинного строения территории Дальневосточного экономического района (м-б 1:10000000) по [36] с дополнениями и в интерпретации автора

1 – внешние концентраторы МЦТ; различные неоднородности литосферы: 2 – области разуплотнения верхней мантии, 3 – зоны и участки повышенной плотности, 4 – зоны приближенного к поверхности слоя, образующего региональные положительные гравитационные аномалии, 5 – зоны и области повышенной мощности земной коры; 6 – разломы

Несколько позднее начались процессы образования средних и кислых по составу вулканоплутонических комплексов Восточно-Сихотэ-Алинского пояса (поздний сеноман), которые на отдельных участках продолжались с перерывами до конца палеогена [15, 33].

В соответствии с полученными данными, влияние планетарных факторов тектогенеза на возникновение и развитие орогенных систем территории юга ДВ обусловлено

аномальным термальным и флюидным режимом, возникающим периодически в зонах повышенной проницаемости литосферы в полосе взаимодействия Евразии с Тихоокеанской мегаструктурой. Однако на региональном уровне главную энергогенерирующую роль играл Восточно-Азиатский плюм. За пределами надплюмового мегасвода, на прилегающих территориях процессы горообразования протекали иначе или не реализовались вообще. Общая геохронология гранитоидного магматизма в период поздней юры–раннего мела указывает на близость горообразующих процессов в пределах главных элементов внешнего (Восточно-Забайкальский, Становой и Сихотэ-Алинский орогенные пояса) и внутреннего (Большехinganский и Корейско-Охотский орогены) концентров этой гигантской кольцевой постройки. Сходные по возрасту и составу серии магматических пород были сформированы и на побережье Желтого моря в южном секторе Восточно-Азиатского надплюмового мегасвода [21, 35]. Такие масштабные почти синхронные проявления эндогенной активности недр на территории около 4 млн. км² на протяжении сотен миллионов лет геологической истории можно объяснить лишь активностью одной глубинной структуры.

В основе пространственно-временной дискретности процессов орогенеза лежит периодическая активизация Восточно-Азиатского плюма, циркумтихоокеанских систем разрывных дислокаций и связанных с ними линейных систем центров гранитообразования. Существование упорядоченной системы магомонтролирующих разломов и приводит к формированию субпараллельных, удаленных друг от друга на определенный шаг цепей орогенных сводовых и тектоно-магматических поднятий. Проникновение магматического материала происходит по глубинным разломам и других направлений, но роль этих структур не столь значима.

Среди возможных механизмов и факторов формирования сводовых поднятий орогенных областей и поясов с учетом опубликованных данных [9, 10, 12, 17, 21 и др.] следует отметить несколько главных: 1) протрузивные и интрузивные перемещения вязких слаботекучих масс земной коры, имеющих дефицит плотности вследствие периодического масштабного поступления высокотемпературных глубинных газовых и флюидных потоков в геодинамических условиях чередования режимов сжатия-растяжения, 2) подъем высокотемпературных нижнемантийных газовых и флюидных струй и потоков, постепенно способствующих разогреванию литосферы и формированию очаговых систем аллохтонных гранитоидов (интрузивно-реоморфические, интрузивно-анатектические и др.) в зонах глубинных разломов, 3) явления мантийного диапиризма при низкой проницаемости земной коры с формированием (в условиях высокой активности газовых и флюидных потоков) ярусно-древовидной системы очагов гранитоидного палингенного магомобразования *in situ* при широком проявлении процессов ультраметаморфизма, метасоматоза и мигматизации (явления автохтонного гранитообразования) пород вулканогенно-осадочного слоя, 4) формирование широкого комплекса экструзивных, эксплозивных и эффузивных дислокаций (щитовые, стратовулканы, вулканотектонические депрессии и др.), связанных с образованием открытых магматических центров и перекомпенсированным накоплением толщ эффузивов кислого и среднего состава, 5) физико-химическая, кристаллизационная и гравитационная дифференциация расплавов мантийных диапиров в апикальных частях плюмов с адвекцией относительно более легких выплавов, обогащенных летучими соединениями с формированием региональных систем длительно живущих центров гранитообразования, 6) формирование изостатически неустойчивых линз разуплотненной мантии и магматических центров в условиях существенного снижения литостатического давления при раздвиговых и сдвиговых смещениях в зонах глубинных разломов при относительно высокой насыщенности глубинных расплавов флюидами и газами. Последнее возможно как за счет глубинной кумулятивной дегазации (явление декомпрессии) недр планеты, так и физико-химических реакций с выделением струй и потоков летучих соединений, ранее связанных во вмещающих породах [15, 22, 31].

Мантийные диапиры выступают как универсальные формы энергетического и вещественного взаимодействия поверхностных и глубинных сфер тектогенеза. В условиях относительного доминирования геодинамического режима сжатия они работают как длительно живущие центры палингенной гранитизации и метаморфических преобразований мощных линз пород вулканогенно-осадочного слоя (накопление которых в прогибах и впадинах – атрибут ранних этапов развития орогенных систем зоны перехода континент–океан). При погружении в условиях регионального и контактового метаморфизма именно эти породы служат основными источниками кремнезема, кальция, углерода, литофильных металлов, воды и летучих соединений для явлений гранитообразования.

При доминировании процессов растяжения (рифтогенный раздвиг, синсдвиговый раздвиг и др.) инъекции глубинного материала относительно быстро приближаются к поверхности, теряя сопутствующие флюиды и газы. В этом случае уплотнение и структурно-вещественные преобразования верхних участков земной коры, раздробленной в результате рифтинга, происходят преимущественно за счет магматической базификации [11, 12, 17, 31 и др.]. Возникающие в результате этих явлений различные впадины и депрессии становятся областями масштабной аккумуляции масс терригенного и вулканогенного материала. Постоянное чередование режимов сжатия-растяжения и периодическая ротация (с относительно небольшой сдвиговой компонентой) Евразийской и Тихоокеанской планетарных морфоструктур определяют многочисленность проявлений и сложный, пульсационный характер пространственно-временных соотношений разнополярного по составу магматизма, конструктивных и деструктивных процессов эндогенного морфогенеза. Именно такие геодинамические условия являются наиболее благоприятными для формирования орогенных сооружений и последовательного наращивания вулканогенно-осадочного и гранитно-метаморфического слоев земной коры в пределах рассматриваемого региона.

В кайнозое общий фронт гранитообразования на Востоке Азии переместился на Сахалин, в Корякию, на Камчатку [21] и Японские острова, где известны граниты даже плиоценового возраста. Значительно уменьшаются в это время и параметрические характеристики проекций гранитоидных очаговых систем, тесно связанных с глубинными разломами циркумтихоокеанского направления. Представляется, что переход от объемного к каналному распределению потоков энерго-массопереноса в кайнозое обусловлен повышением проницаемости литосферы и степени открытости магматических систем на фоне начинающейся инверсии тектонического режима. На восточной окраине Евразии в рассматриваемый период все более широко проявляются процессы растяжения и происходят деструктивные преобразования литосферы, связанные с формированием Западно-Тихоокеанского рифтового пояса [38].

Начиная с эоцена в пределах региона начали активно формироваться наложенные и унаследованно-наложенные системы межгорных впадин, а восточнее – котловины Охотского и Японского окраинных морей. В северо-восточном и центральном сегментах Сихотэ-Алиня излияния базальтов и вулканогенное рельефообразование продолжались с перерывами в эоцене, миоцене, плиоцене и плейстоцене. Аналогичные явления, только не столь масштабные, происходили также в зонах глубинных разломов на северо и восточных бортах Среднеамурской депрессии и на территории Китая. В плейстоцене и голоцене центры эндогенной активности скачкообразно сместились к западу на расстояние от 250 до 850 км, что привело к формированию в пределах региона малохинганского ряда центров базальтоидного вулканизма, а в Китае групп вулканов Удалянчи, Эркэшань, Чайбаошань и др. [39]. Важную роль при этом сыграла активизация головной части Восточно-Азиатского плюма, приуроченной к впадине Сунляо.

Еще в 1970-х гг. в работах Г.И. Худякова [2] и его коллег (Р.И. Никонова, А.П. Кулаков и др.) были пересмотрены существовавшие ранее положения о значительной пенепленизации позднемезозойских горных сооружений территории и формировании региональных поверхностей выравнивания, фрагменты которых использовались в качестве маркеров для оценки амплитуд новейших поднятий в низкогорных и среднегорных

областях. В противовес господствующим в то время неотектоническим представлениям (работы Ю.Ф. Чемякова, Г.С. Ганешина и других специалистов ВСЕГЕИ) отмечалась относительно малая роль неоген-четвертичного этапа тектогенеза в становлении морфоструктур областей мезозойской и более древней складчатости. Уплотненные участки водоразделов были отнесены к надбазисным поверхностям выравнивания.

Ближние высоты основных горных сооружений региона и отдельные уплотненные поверхности на водоразделах имеют, по мнению автора, структурную предопределенность, отражая морфологию геологических тел, геометрию и гипсометрию апикальных частей сводово-блоковых и тектоно-магматических поднятий, амплитуды воздымания которых связаны, прежде всего, с энергетикой очаговых процессов. Выявленные классы размерностей очаговых морфоструктур, составляющих тектоническую основу горных сооружений региона, соответствуют уровням магмогенерации при примерном равенстве рельефообразующих, энергетических потенциалов магматических центров одних глубин заложения. Это предопределяет близость амплитуд поднятий горных сооружений территории и благоприятные условия для последующей магматической консолидации составляющих их рядов МЦТ. Определяя возможности проницаемости литосферы, геодинамический режим создает условия и предпосылки для реализации явлений глубинного очагового тектогенеза лишь на начальном этапе. В последующем, по мере геологической эволюции региона, плюмы, мантийные диапиры и связанные с ними магматические центры приобретают все большее значение и влияние на геоморфологическое развитие территорий, становясь самостоятельными факторами структурирования и геодинамики окружающей среды. Явления плюмовой тектоники, регионального мантийного диапиризма, гранитообразования, орогенеза, тектоно-магматической активизации и рифтогенеза образуют единую причинно-следственную спираль повторяющихся событий.

Заключение

Структурную основу орогенных поясов территории юга ДВ образуют линейные системы сводово-блоковых и тектоно-магматических поднятий, формирование и развитие которых обусловлено периодической активизацией и общей эволюцией глубинных циркумтихоокеанских разломов, Восточно-Азиатского надплюмового мегасвода и его сателлитных магмогенерирующих центров при устойчивой миграции фронта кислого магматизма в позднем мезозое–раннем кайнозое с запада на восток, а базитового – в позднем кайнозое с востока на запад. В отличие от коллизионных и коллизионно-аккреционных механистических моделей главная роль в горообразовании региона отводится глубоким структурно-вещественным преобразованиям литосферы, реализуемым в пределах энергогенерирующих центров и зон Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салун С.А. Тектоника и история развития Сихотэ-Алинской геосинклинальной складчатой системы. М.: Недра, 1978. 183 с.
2. Худяков Г.И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 256 с.
3. Красный Л.И. Геология региона Байкало-Амурской магистрали. М.: Недра, 1980. 158 с.
4. Караулов В.Б., Ставцев А.Л. О главных системах разломов материковой части Дальнего Востока // Геотектоника. 1975. № 4. С. 71–84.
5. Уфимцев Г.Ф. Тектонический анализ рельефа (на примере Востока СССР). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 183 с.
6. Горкуша С.В., Онухов Ф.С., Корчагин Ф.Г. Сейсмичность и неотектоника юга Дальнего Востока // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 5. С. 61–68.
7. Сухов В.И. Тектоно-магматические системы мезозоя и кайнозоя юга Дальнего Востока и сопредельных регионов Востока СССР: Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Хабаровск: ИТиГ ДВНЦ АН СССР, 1981. 45 с.
8. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М.: Недра, 1980. 431 с.

9. Соловьев В.В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа / Объясн. зап. к карте "Морфоструктуры центрального типа территории СССР". М-6 1:10000000. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
10. Середин В.В. Сводово-глыбовые структуры Тихоокеанского орогенного пояса. М.: Недра, 1987. 181 с.
11. Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1988. 216 с.
12. Томсон И.Н., Кравцов В.С., Кочнева Н.Т. и др. Металлогения орогенов. М.: Недра, 1992. 272 с.
13. Уткин В.П. Горст аккреционные системы, рифто-грабены и вулканические пояса юга Дальнего Востока России. Ст. 1. Горст аккреционные системы и рифто-грабены // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 15. № 6. С. 44–72.
14. Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России. Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34.
15. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.
16. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И. Позднемезозойско-кайнозойский внутриплитный магматизм Центральной и Восточной Азии // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 8. С. 132–141.
17. Сахно В.Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Восточной Азии. Владивосток.: Дальнаука, 2001. 237 с.
18. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1975. 232 с.
19. Морфоструктурные исследования – теория и практика. М.: Наука, 1985. 212 с.
20. Кулаков А.П. Морфоструктура Востока Азии. М.: Наука, 1986. 175 с.
21. Романовский Н.П. Тихоокеанский сегмент Земли: глубинное строение, гранитоидные рудно-магматические системы. Хабаровск: Изд. ИТИГ ДВО РАН, 1999. 165 с.
22. Соловьев В.В. Морфоструктуры центрального типа в связи с некоторыми аспектами глобальной тектоники и металлогении. Металлогения и новая глобальная тектоника. Л.: ВСЕГЕИ, 1973. С. 148–152.
23. Золотов М.Г. Ядерно-сводовые и кольцевые структуры Приамурья // Тектоника Востока Азии. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 3–33.
24. Томсон И.Н., Кочнева Н.Т., Кравцов В.С. и др. Металлогения скрытых линейментов и концентральных структур. М.: Недра, 1984. 272 с.
25. Лишиневский Э.Н., Шевченко В.К. Опыт выделения и классификации морфоструктур по особенностям строения земной коры (на примере мезозойда Дальнего Востока) // Геоморфология. 1974. № 2. С. 45–56.
26. Варнавский В.Г. Корреляция геологических событий (на примере палеогена и неогена Тихоокеанского региона). М.: Наука, 1985. 144 с.
27. Гаврилов А.А. Практические аспекты региональных морфоструктурных исследований. Нижнее и Среднее Приамурье // Морфоструктурные исследования – теория и практика. М.: Наука, 1985. С. 158–173.
28. Гаврилов А.А. Проблемы морфоструктурно-металлогенического анализа. Ч. II. Владивосток: Дальнаука, 1993. С. 141–326.
29. Ежов Б.В., Худяков Г.И. Морфотектоника геодинамических систем центрального типа (новая глобальная концепция). Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. 128 с.
30. Гаврилов А.А. Кольцевые структуры и плюмовая тектоника (Юг Дальнего Востока и прилегающая территория Китая) // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии / М-лы Всерос. конф. VII Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2011. С. 25–28.
31. Масуренков Ю.П. Вулканы над интрузиями. М.: Наука, 1979. 219 с.
32. Геологическая карта Дальнего Востока СССР и прилегающих акваторий. М-6 1:1500000. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1986. 10 л.
33. Тектоника, глубинное строение металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов (объяснительная записка к Тектонической карте. М-6 1:1500000). Владивосток–Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2005. 263 с.
34. Романовский Н.П., Малышев Ю.Ф., Горошко М.В. Палеозойский гранитоидный магматизм Восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и формирование крупных месторождений // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27. № 2. С. 46–61.

35. Романовский Н.П., Мальшев Ю.Ф., Горошко М.В., Гурович В.Г. Мезозойский гранитоидный магматизм и металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов. 2009. Т. 28. № 4. С. 35–54.
36. Карта глубинного строения территории Дальневосточного экономического района. М-б 1:10000000 / Ю.И. Бакулин, В.И. Сухов. Хабаровск: ДВИМС, 1997.
37. Середин В.В. Раннемеловой ороген Западного Сихотэ-Алиня // Металлогения орогенов. М.: Недра, 1992. С. 70–80.
38. Милановский Е.Е., Никишин А.М. Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 4. С. 3–15.
39. Сахно В.Г. Новейший и современный вулканизм Юга Дальнего Востока. Владивосток: Даль-наука, 2008. 128 с.

Поступила в редакцию
после доработки 25.09.2013

ORIGIN OF THE MOUNTAINS IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST (PAPER 1. OROGENIC BELTS)

A.A. GAVRILOV

Summary

There are several alternative tectonic models of the Far East mountains origin: geosynclinal folding, lineament-block neotectonic uprise, tectono-magmatic activation, tectonic and morphogenetic processes connected with local magmatic centers, horst-accretional and graben-rift tectonics, terrain or plume tectonics. By authors' opinion the main features of morphostructure pattern of orogenes (deep "roots", sub-parallel location, translational distribution of large watershed junctions, etc.) may be reasonably explained only on the basis of plume tectonics and of morphogenetic processes connected with magmatic centers. The structural frame of the orogenic belts territory is formed by linear systems of arch-block and tectonic-magmatic uplifts. Their origin and development are conditioned by periodic activation and general evolution of the Circum-Pacific deep faults of the East-Asian overplume mega-arch and its satellite magmatic centers during the sustainable Late Mesozoic-Early Cenozoic eastward migration of the front of acid magmatism and westward migration of the front of the mafic one.

УДК 551.4.01

© 2014 г. Э.А. ЛИХАЧЕВА

МОРФОСКУЛЬПТУРНЫЙ АНАЛИЗ: ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ

Ин-т географии РАН, Москва; geomorph@rinet.ru

*к 85-летию со дня рождения
Дмитрия Андреевича Тимофеева*

Морфоскульптурная характеристика рельефа, пожалуй, наиболее древний подход при описании той или иной местности. Как одному человеку дать понять другому, как выглядит чужая страна? Проще всего сравнить с тем, что видит вокруг себя, например, со строениями, произведения искусства и т.д. Наука о рельефе заимствовала довольно много терминов из словаря архитектора (начиная со слова "рельеф" и кончая – "скульптура"). Но здесь речь пойдет не о заимствовании (или сходстве) терминов (хотя об-разное восприятие рельефа до сих пор главенствует), а о зарождении и развитии идей