

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ МОРФОСТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ АЗИИ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

А.П. Кулаков  
ТИГ ДВО РАН, Владивосток

Главными, «ведущими» морфоструктурами восточной окраины Азии являются гигантские кольцевые морфоструктуры (мега-КМС), до 2,5–6,0 тыс. км в диаметре, и трансрегиональные разломные зоны – линеаменты (ТЛ) протяженностью до 1,0–3,0 тыс. км и шириной до 100–200 км и более. Они контролируют наиболее существенные черты геолого-геоморфологического строения и эволюции региона и рассматриваются также как региональные иерархические системы морфоструктур высшего ранга, в пределах которых располагается множество соподчиненных им низкопорядковых морфоструктур различного типа. Все крупные морфоструктуры являются довольно древними геологическими образованиями (существующими, в большинстве случаев, с докембрия-мезозоя), современный морфоструктурный облик их был создан в позднем мезозое-кайнозое, а унаследованное развитие продолжается и в наше время. Высокопорядковые морфоструктуры возникали и развивались в пространственно-генетической взаимосвязи и взаимозависимости, что обеспечивало сложную геодинамическую обстановку, существовавшую в течение длительной геологической истории региона. Ведущим фактором формирования современного морфоструктурного плана окраины континента является длительный геологический процесс растяжения земной коры, который продолжается в настоящее время и лучше всего объясняется с позиций концепции расширяющейся Земли. По морфоструктурным данным выделяются зоны и районы, отличающиеся высокой геодинамической активностью, в частности, повышенной сейсмической опасностью, которые охватывают почти всю окраину континента, в том числе, территорию юга Дальнего Востока России.

Ключевые слова: морфоструктура, морфоструктурный анализ, кольцевые морфоструктуры, разломные зоны – линеаменты, геодинамика, сейсмичность

Многолетние структурно-геоморфологические (морфоструктурные) исследования, проведенные с широким использованием материалов космических съемок, позволили получить достаточно полное представление о морфоструктуре восточной окраины континента – строении, происхождении, эволюции морфоструктур различного типа и ранга и характерных для них современных геолого-геоморфологических процессах. Особенно важную роль в этих работах сыграли космические снимки поверхности Земли, которые появились в 60–70-х годах прошлого века и стали использоваться в разнообразных научных и прикладных исследованиях. Была получена принципиально новая информация о строении земной коры и рельефа нашей планеты, что позволило некоторым исследователям рассматривать материалы космических съемок как «третье открытие Земли». В геолого-геоморфологичес-

ких исследованиях космические снимки способствовали, прежде всего, открытию кольцевых морфоструктур (называемых также круговыми, концентрическими, очаговыми, центрального типа и т.д.) и трансрегиональных разломных зон большой протяженности. Было установлено, что кольцевые морфоструктуры (КМС) имеют различные размеры (от первых километров до нескольких сотен и тысяч километров в диаметре), строение, происхождение, возраст и отличаются, как правило, радиально-концентрическим размещением слагающих их геологических комплексов, форм рельефа и элементов ландшафта. КМС широко распространены на всех континентах Земли и являются, очевидно, характерными структурами земной коры [6, 17, 22, 26, 29, 35, 47; и др.]

Главными, «ведущими» мегаморфоструктурами восточной окраины континента являются гигантские кольцевые структуры (мега-КМС, до 2,0–4,0 тыс. км в диаметре) и трансрегиональные разломные зоны – линеаменты (ТЛ, протяженностью до 1,0–3,0 тыс. км), которые определяют наиболее существенные особенности геолого-тектонического и геоморфологического строения этого обширного региона [29, 62]. Они контролируют, например, пространственную позицию и очертания впадин окраинных морей и островных дуг Восточной и Юго-Восточной Азии, контур современной береговой линии континента, рисунок гидросети, расположение основных горных хребтов и впадин и т.д. Мега-КМС разделены на два класса – материковые и окраинно-материковые, которые различаются по ряду показателей и, прежде всего, по строению земной коры и особенностям процесса морфоструктурной эволюции. Материковые мега-КМС (Яно-Колымская, Алданская, Амурская, Восточно-Китайская) имеют кору материкового типа (до 40–60 км мощности) и частично охватывают области сопредельных морских впадин. В рельефе региона они выделяются как гигантские сводовые поднятия с системами дуговых горных хребтов по периферии и относительно сниженным (низкогорным и равнинно-холмистым) рельефом в центральных районах. Окраинно-материковые мега-КМС (Берингийская, Охотская, Япономорская, Корейская, Малайская, Сиамская) охватывают впадины окраинных морей, являются структурами тектонического погружения и для них характерна кора различного типа (от материковой до океанической). Для всех мега-КМС свойственна система радиально-концентрических глубинных разломов, которая образует «каркас» мегаморфоструктур и контролирует пространственное положение разновозрастных геологических комплексов, низкопорядковых морфоструктур и основных форм рельефа, а также особенности вещественного состава конформных магматических комплексов, минерагеническую специализацию морфоструктур и их перспективность на

различные виды полезных ископаемых. Мега-КМС рассматриваются как региональные иерархические системы наиболее высокого ранга, в пределах которых выделяются иерархии морфоструктур более низкого ранга, которые возникали и развивались в течение длительной геологической истории «материнской» мегаморфоструктуры, подчиняясь определенным закономерностям ее развития. Эмпирически установлена пространственно-генетическая связь КМС различного ранга в пределах мега-КМС с радиально-концентрическими «каркасными» разломами последних, прежде всего, с «узлами» их пересечений [29, 47; и др.].

Исключительно важным является вопрос о возрасте и особенностях морфоструктурной эволюции гигантских КМС. Геологические данные свидетельствуют о том, что материковые мега-КМС (Яно-Колымская, Алданская, Амурская, Восточно-Китайская) являются весьма древними геологическими образованиями, существующими с докембрия. Так, например, глубинные концентрические разломы Яно-Колымской мегаморфоструктуры имеют докембрийский (преимущественно протерозойский) возраст [14, 55, 57]. С докембрия существуют также Олонский астенокон (КМС около 500 км в диаметре) и ряд других крупных КМС [47]. Алданская мега-КМС имеет архейский возраст, что подтверждается древнейшими геологическими комплексами Алданского щита (гнейсы гранулитовой фации, кварциты, мигматиты, граниты и др.), перекрытыми фанерозойскими отложениями платформенного чехла, а также возрастом глубинных «каркасных» разломов [12, 13, 15, 22, 47, 55]. Докембрийский возраст Амурской мега-КМС подтверждается существованием крупных купольных КМС, сложенных докембрийскими комплексами, наличием докембрийских (преимущественно протерозойских) трогов в Восточном Забайкалье и Верхнем Приамурье [58], заложённых вдоль дуговых разломов мегаморфоструктуры, развитием разновозрастных (от докембрия до кайнозой) магматических образований и другими геологическими данными. Восточно-Китайская мега-КМС также существует с архея-протерозоя. Архей и протерозой в ее пределах представлены обычно глубоко-метаморфизованными породами, смятыми в складки, часто магматизированными и гранитизированными, с многочисленными интрузиями гранитов [20, 31, 41], что свидетельствует об интенсивной магматической деятельности в докембрии.

Окраинно-материковые мега-КМС (Берингийская, Охотская, Япономорская, Корейская, Малайская, Сиамская), судя по геологическим данным, также были сформированы в докембрии. Так, докембрийские метаморфические комплексы, сходные по структуре и составу, слагающие довольно крупные нуклеарные докембрийские структуры, известны на Восточной Чукотке, п-ове Тайгонос, на Аляске, а с дуговыми глубинными разломами Берингийской мега-КМС связаны магматические и метаморфические породы как докембрийского, так и фанерозойского возраста [20, 44, 56]. Для Охотоморской мега КМС наиболее древние геологические комплексы, представленные палеозойскими и отчасти докембрийскими геосинклинальными складчатými формациями,

слагают фундамент Охотского свода и северо-западного шельфа, а также возвышенность АН СССР [18, 48]. Эти образования отличаются интенсивным метаморфизмом, сильной дислоцированностью и широким развитием гранитных интрузий. По окраине Япономорской мега-КМС, на о. Хонсю, известен пояс Хида, где обнажаются докембрийские метаморфогенные породы (преимущественно гнейсы), исходными для которых являлись отложения океаническо-эвгеосинклинального комплекса [16; и др.]. В районе поднятия Ямато (КМС диаметром около 200 км) установлены геосинклинальные и метаморфические комплексы позднепротерозойского и позднепалеозойского возраста, а в юго-западной части впадины Японского моря акустический фундамент сложен преимущественно интрузивными и метаморфическими породами широкого возрастного диапазона – от архея и раннего протерозоя до позднего палеозоя и раннего мела [18, 53; и др.]. Для Корейской мега-КМС наиболее древними являются архейско-протерозойские геологические комплексы, которые слагают горст-антиклинорий Шаньдун-Дяодун, щит Нанним-Цзяодун, поднятие Субэй и ряд других структур в Северо-Восточной Корее, на п-ове Корея, по северо-западной и юго-западной окраинам мегаморфоструктуры. Предполагается, что докембрийские и нижне-среднепалеозойские метаморфические комплексы слагают фундамент прогиба Желтого моря и складчатый комплекс свода Фукиен-Рейнан [18]. Аналогичные данные известны для Малайской мега-КМС – наиболее крупной из мега-КМС Востока Азии.

Таким образом, глубокая древность, стабильная пространственная позиция, длительно сохраняющаяся активность систем радиально-концентрических «каркасных» разломов, неоднократная тектоно-магматическая активизация, приводившая к существенным преобразованиям геологической структуры и рельефа, – вот главные черты строения и эволюции мега-КМС, которые позволяют говорить о глубочайшей унаследованности в развитии последних. В архее, а тем более в протерозое материковые мега-КМС уже существовали как крупные формы мегарельефа земной поверхности. Сильная дислоцированность и метаморфизм докембрийских образований, насыщенность их интрузиями, характерный для них глубокий эрозионный срез и некоторые другие данные позволяют предполагать, что в архее-протерозое мега-КМС развивались как гигантские сводовые поднятия достаточно сложного строения, с преобладанием горного рельефа. При этом для каждой мегаморфоструктуры были характерны свои «индивидуальные» особенности морфоструктурной эволюции.

Окраинно-материковые мега-КМС в протерозое представляли собой, как и материковые мега-КМС, гигантские сводовые поднятия, но значительно более сложного строения – с крупными массивами гористой суши, островными грядами, мелководными морскими бассейнами и т.д. В палеозое и в начале мезозоя они развивались в условиях довольно высокой тектоно-магматической деятельности, о чем свидетельствуют активный интрузивный магматизм и вулканизм, сильная дислоцированность геосинклинальных толщ, формирование КМС низкого ранга

и разломно-глыбовых структур и т.д. Но начиная с юрского, а для ряда мегаморфоструктур с мелового времени, наступает стадия интенсивного тектонического погружения мега-КМС и формирования впадин современных окраинных морей Востока Азии [29, 64]. Это привело к полному преобразованию существовавшего ранее в их пределах морфоструктурного плана – разрушению старых и образованию новых морфоструктур, характерных для нисходящей стадии развития (главным образом разломно-глыбовых структур растяжения и вулканогенных морфоструктур различного типа). На дне морей встречаются также реликтовые структуры континентальной коры (фрагменты купольных поднятий, древние гранитные массивы и др.). В это время была сформирована обширная ступень континентального рельефа и современные «плиты» в пределах морских впадин. Тектоническое растяжение и погружение охватило значительные районы морской окраины материка и привело к формированию соответствующих структур. Примером может служить Килчжу-Менчхонский грабен в Северо-Восточной Корее, выполненный мощной (до 2,5 тыс. км) толщей морских и прибрежно-континентальных отложений мелового-кайнозойского возраста [10, 11]. Более того, в зоне растяжения, возникшей на границе между воздымающимися материковыми и погружающимися окраинно-материковыми мега-КМС, был сформирован Восточно-Азиатский окраинно-материковый вулканический пояс, который охватывает сейчас значительную часть надводной и подводной окраины континента.

Важную роль в региональной морфоструктуре играют «зоны интерференции» мега-КМС, которые образовались при наложении их окраин и на Дальнем Востоке впервые были выявлены М.Г. Золотовым [22] и В.В. Соловьевым [47]. Они отличаются сложным строением и геодинамикой, для них характерны «структуры встречных дуг» – тектонические линзы, пластины, структуры скупивания, надвиги, шарьяжи, зоны сложных изоклинальных складок, трансформированные древние структуры и др. [22]. Аналогичные зоны установлены и для КМС более низкого ранга, поэтому их можно, вероятно, рассматривать как явление, типичное для КМС любого размера. «Зоны интерференции» сопредельных мега-КМС могут достигать 30-40% их площади и охватывать территории в сотни тысяч квадратных километров. Поскольку мега-КМС образуют два «ряда» по окраине континента, «зоны интерференции» распространены здесь очень широко. В таких зонах концентрические глубинные разломы мегаструктур наклонены под разными углами и, вероятно, пересекаются на некоторой глубине под поверхностью Земли, как это отмечается, например [19], для Становой и Тукурингской тектонических зон. Образованные при этом своеобразные тектонические «клинья» земной коры должны отличаться «неустойчивостью» по отношению к вертикальным и горизонтальным тектоническим движениям, а также повышенной сейсмичностью. Эти данные хорошо согласуются с многочисленными геологическими материалами, которые свидетельствуют, например, о широком развитии в различных районах юга Дальнего Востока «хаотических комплексов» (микститов), а также

надвигов, покровов, пластин, «чешуй» и других сложных геологических комплексов, структур и текстур [3, 25, 27, 32, 45, 46, 51, 52; и др.], которые являются показателями высокой геодинамической активности КМС высокого ранга в геологическом прошлом.

Своеобразное строение имеют «зоны интерференции» материковых и окраинно-материковых мега-КМС, примером которых являются о. Сахалин и п-ов Камчатка. Для них характерно чередование линейных положительных (зон сжатия) и отрицательных (зон растяжения) морфоструктур. Это явление хорошо согласуется с экспериментальными данными [4, 5, 21; и др.], свидетельствующими о том, что в области интерференции волн, возбуждаемых двумя соседними точечными источниками, возникают чередующиеся субгоризонтальные и субвертикальные зоны сжатия и растяжения, а при взаимодействии блоковых структур – также и промежуточные (наклонные) трещинно-брекчиевые структуры.

На территории каждой гигантской КМС расположено довольно много крупных КМС (до нескольких сотен километров в диаметр), которые развивались одновременно с гигантскими морфоструктурами, но, в то же время, отличались определенными индивидуальными особенностями эволюции. Для каждой из них в разные стадии геологической истории были характерны интенсивные центробежные и центростремительные движения горных масс, сопровождаемые вертикальными (положительными и отрицательными) и горизонтальными тектоническими движениями, с одновременной активизацией систем радиально-концентрических «каркасных» разломов. В позднем мезозое-кайнозое, вследствие преобладания процессов растяжения земной коры на всей обширной территории восточной окраины Азии, произошло разрушение тектоническое погружение ряда районов многих КМС. Так, например, на большей части территории Буреинской морфоструктуры, расположенной в пределах Амурской гигантской КМС, были сформированы обширные разломно-глыбовые депрессии, выполненные толщами осадочных и вулканических отложений мелового-кайнозойского возраста. Ханкайская КМС (около 300 км в диаметре) в настоящее время существует как крупная депрессия оз. Ханка с системой окружающих ее концентрических глубинных разломов и дуговых хребтов. В то же время для Малохинганской КМС (около 650 км в диаметре) процесс разрушения и интенсивного тектонического погружения охватил главным образом периферию морфоструктуры, а центральный район представляет собой сводовое поднятие вплоть до наших дней [63]. Кроме того, окраины сопредельных крупных КМС, как и гигантских их аналогов, перекрывают друг друга, образуя «зоны интерференции», со свойственными для них «структурами встречных дуг» и повышенной тектоно-магматической и геодинамической активностью.

Не менее важную роль в современном морфоструктурном плане играют трансрегиональные разломные зоны – линеаменты (ТЛ). Они уверенно дешифрируются на космических снимках и хорошо выражены в геологической структуре, рельефе и особенностях ландшафта, но как единые линейные структуры значительной протяженно-

сти ранее не выделялись. ТЛ имеют преимущественно субмеридиональное и северо-восточное простирание и «рассекают» не только наземную часть материка, но и впадины окраинных морей. Они представляют собой довольно сложно построенные линейные рифтовые и рифтоподобные структуры, со множеством впадин-грабенов (с довольно мощными толщами отложений, в большинстве случаев угленосных и нефтегазоносных), разнообразных вулканогенных структур, кольцевых морфоструктур различного типа и ранга, выходами термальных вод, районами высокой сейсмической активности и другими особенностями строения и геодинамики.

ТЛ довольно хорошо изучены на востоке и северо-востоке Китая; китайские геологи считают, что существует единая система таких разломов на востоке страны и в сопредельных регионах [66, 67]. Они назвали ее системой разломов Тан-Лу – по имени крупнейшего разлома, издавна известного в Китае неоднократными разрушительными землетрясениями. По мнению китайских исследователей, крупные разломные зоны на востоке и северо-востоке Китая были сформированы преимущественно в палеозое и мезозое, но некоторые из них были заложены еще в докембрии. Совместные российско-китайские морфоструктурные исследования, проведенные в последние годы, привели к открытию крупнейшей на востоке Азии трансрегиональной разломной зоны – линеамента Амур–Сунгари–Хуанхэ (ЛАСХ). Линеамент имеет северо-восточное простирание и протягивается более чем на 3000 км – от нижнего течения р. Хуанхэ, через Бохайское море и Ляодунский залив, впадину Ляохэ, далее вдоль долин рек Сунгари и Нижнего Амура на Северный Сахалин и, очевидно, продолжается во впадину Охотского моря. Ширина разломной зоны изменяется от 100–200 км до 300–400 км. Разлом Тан-Лу своей северной частью входит в состав ЛАСХ, а среднее и южное его звенья представляют собой фрагменты других крупных региональных структур. Линеамент существует с палеозоя или, возможно, с докембрия, а по своему рангу и воздействию на морфоструктурный план восточной окраины Азии не уступает гигантским КМС [63]. ЛАСХ также представляет собой региональную иерархическую систему морфоструктур, объединяющую множество низкопорядковых морфоструктур различного типа, строения, возраста, истории развития. Помимо типичных для линеамента разнообразных разломов и разломно-глыбовых структур, здесь широко развиты кольцевые морфоструктуры (от 10–20 до 300–500 и более километров в диаметре), сформированные в различные фазы длительной геологической истории ЛАСХ. Наиболее крупные КМС, такие как Малохинганская (650 км в диаметре), Среднеамурская (диаметр 300 км) и ряд других, судя по геологическим данным, существуют с докембрия и, по-видимому, были сформированы практически одновременно с линеаментом. В докембрии они представляли собой, вероятно, крупные сводовые поднятия с преимущественно горным рельефом, а в фанерозое (главным образом в мезозое-кайнозое) были постепенно преобразованы в кольцевые морфоструктуры сложного строения – чаще всего с крупными впадинами и мощными толщами мезо-кайнозойских отложений в

центральных районах и системами дуговых хребтов по периферии морфоструктур. Эти существенные преобразования геолого-геоморфологического строения крупных КМС были обусловлены, очевидно, определенной геодинамической обстановкой, характерной для зоны линеамента в фанерозое. Здесь, по мнению автора, происходило длительное интенсивное растяжение земной коры, которое привело, в конечном счете, к разрушению и тектоническому погружению первоначальных сводовых морфоструктур, а также к формированию множества разломно-глыбовых структур (преимущественно впадин), оживлению крупных разломов, значительным горизонтальным движениям вдоль них, интенсивным дифференцированными движениями разнообразных морфоструктур, активизации интрузивной вулканической деятельности в пределах линеамента и т.д.

Все трансрегиональные линеаменты формировались, очевидно, в условиях растяжения. Они «рассекают» материковые и окраинно-материковые мега-КМС и между ними, по-видимому, существует глубокая пространственно-генетическая связь, подобно тому, как это отмечается, например, для разломов и КМС более низкого ранга. Последние обычно «сидят» на крупных разломах, образуя «ряды», или же приурочены к их пересечениям «узлам». Это объясняется тем, что разломы как «ослабленные» и наиболее проницаемые зоны земной коры играли, по-видимому, роль своеобразных «подводящих каналов», по которым из глубин Земли к ее поверхности проникали энергетические потоки, формировавшие кольцевые морфоструктуры различного типа.

Таким образом, в пределах восточной окраины Азии выделяется множество морфоструктур различного типа и ранга (от гигантских КМС и трансрегиональных линеаментов до локальных морфоструктур), которые образуют разнопорядковые иерархические системы и развивались в пространственно-генетической взаимосвязи и взаимозависимости. Все это обеспечило чрезвычайно сложную геодинамическую обстановку, которая существовала с теми или иными изменениями в течение длительной геологической истории региона и привела к формированию очень сложно построенных разновозрастных геологических комплексов и структур, выявленных геологическими работами практически на всей территории российского Дальнего Востока и сопредельных стран. Наиболее значительное воздействие на геодинамику региона оказали гигантские КМС. В эпохи тектоно-магматической активизации, когда мощные «энергетические потоки» из мантии и ядра Земли проникали в земную кору, происходило тектоническое воздымание мега-КМС и движение горных масс от центра к периферии с образованием преимущественно купольных, надвиговых и других структур и горного рельефа. В эпохи затухания магматической деятельности, в условиях регионального растяжения земной коры окраины континента, происходило разрушение созданных ранее положительных морфоструктур и, вследствие тектонического «проседания» мегасводов, формирование довольно крупных депрессий в пределах мега-КМС с центростремительными движениями горных масс. Для окраинно-материковых мега-КМС

в мезозое (преимущественно в юрское-меловое время) и в кайнозое, вследствие интенсивного растяжения земной коры, был характерен процесс интенсивного тектонического погружения и центростремительных движений, с разрушением существовавших ранее преимущественно положительных морфоструктур и формированием новообразованных морфоструктур (разломов, разломно-глыбовых впадин, блоков, вулканоструктур различного типа и др.).

Большую роль в геодинамике региона в те или иные эпохи геологической истории, в том числе и в настоящее время, играли и продолжают играть зоны или районы пересечения крупных глубинных разломов земной коры. Так, например, морфоструктурные исследования линеамента Амур–Сунгари–Хуанхе показали, что выделяется несколько таких районов, приуроченных к «узлам» пересечения линеамента с концентрическими глубинными разломами гигантских КМС Востока Азии – Амурской, Корейской и Восточно-Китайской. Эти районы отличаются значительной «раздробленностью» земной коры и повышенной геодинамической активностью. Так, например, Северный Сахалин и г. Нефтегорск в его пределах, уничтоженный разрушительным землетрясением весной 1995 г., располагаются в зоне пересечения ЛАСХ и глубинных концентрических разломов северо-восточной окраины Амурской мега-КМС. Аналогичный район, также отличающийся высокой сейсмичностью и охватывающий Ляодунский залив и впадину Ляохэ, выделен в Восточном Китае. Он приурочен к пересечению ЛАСХ с концентрическими разломами северной окраины Корейской мега-КМС.

Весьма примечателен тот факт, что рассматриваемые районы содержат также крупные месторождения нефти и газа [38]. По мнению автора, пространственная позиция этих высокоперспективных нефтегазоносных районов не случайна, а закономерна. Они расположены в «узлах» пересечения крупных разломных зон, где в многочисленных впадинах-грабенах были накоплены мощные (в несколько километров) толщи нефтематеринских отложений (преимущественно кайнозойского возраста), а значительная «раздробленность» земной коры и сравнительно высокое положение поверхности Мохо обеспечивали мощный тепловой поток из глубин Земли, то есть здесь длительное геологическое время существовали благоприятные условия для генерации углеводородов. По морфоструктурным данным, несколько аналогичных районов намечены в пределах ЛАСХ и прилегающей к нему территории. Материалы морфоструктурных исследований подтверждают, в частности, выводы многих геологов [9, 24, 38; и др.] о перспективности на нефть и газ российской части территории крупных кольцевых морфоструктур Среднего и Нижнего Приамурья – Саньцзян, Амуро-Уссурийской и Средне-Амурской.

Определенное воздействие на формирование современного морфоструктурного плана Востока Азии оказали также тектонические движения, вызванные ротационным режимом Земли. Именно ротационные силы привели, как считает В.П. Уткин [51, 52], к формированию крупных сдвиговых дислокаций в Приморье, а также вызыва-

ли в геологическом прошлом как относительно плавные, так и скачкообразные смещения континентов по северо-восточным и северо-западным сдвиговым зонам. Значение этого постоянно действующего фактора в геологической истории нашей планеты убедительно доказано работами и других исследователей.

Проведенные работы позволяют сделать вывод о том, что главным, ведущим фактором формирования современного морфоструктурного плана региона является процесс растяжения земной коры окраины континента, который действовал, очевидно, в течение длительного геологического времени (с архея-протерозоя, при максимальной активизации в позднем мезозое-кайнозое) и продолжает действовать в наши дни. Для того, чтобы выяснить, является этот процесс региональным или же имеет глобальное распространение, был проведен сравнительный морфоструктурный анализ ряда континентальных окраин мира – арктических окраин Евразии и Северной Америки, атлантических окраин Северной и Южной Америки, окраин Африки и Австралии [29]. Многочисленные материалы свидетельствуют о том, что для всех перечисленных материковых окраин характерны обширные зоны растяжения и тектонического погружения, формирование которых было обусловлено тектоническим прогибанием и расширением океанических и морских впадин, сопредельных с материками. Была создана разломно-глыбовая «ступенчатая» морфоструктура, которая является сейчас типичной практически для всех континентальных окраин Земли. Значительную роль в становлении современного морфоструктурного плана окраин материков, как и на Востоке Азии, играли гигантские кольцевые структуры. Наиболее ярким примером является материк Австралия, который представляет собой сейчас реликт гигантской кольцевой морфоструктуры (около 7000 км в диаметре), сформированной в архее-протерозое и существовавшей в то время как гигантское сводовое сооружение с преимущественно горным рельефом. В фанерозое, в результате длительного процесса растяжения земной коры, происходило постепенное разрушение мегаморфоструктуры, с образованием множества рифтовых и рифтоподобных бассейнов осадконакопления в пределах континента, разрушением и интенсивным тектоническим погружением окраин мега-КМС под уровень океана. Поэтому современная площадь континента составляет менее половины первоначальной, а процесс разрушения и тектонического погружения его окраин продолжается в настоящее время и, очевидно, будет происходить в ближайшем геологическом будущем.

Гигантскую кольцевую структуру – мегадепрессию представляет собой впадина Ледовитого океана [42]. Арктическая геопредепрессия охватывает глубоководные бассейны Ледовитого океана, арктические шельфы Евразии и Северной Америки и обширные низменности, образующие материковое побережье океана. Эта мегаморфоструктура глобального масштаба, на месте которой вплоть до палеозоя располагались крупные сводовые поднятия земной коры, в мезозое и кайнозое испытала рифтогенное обрушение, с формированием океанических впадин и впадин эпиконтинентальных окраинных морей. При этом

поднятия Ломоносова и Менделеева – Альфа рассматриваются как реликтовые континентальные структуры, которые разделяют древние, глубоко просевшие ядра кратона [49]. Обширные шельфовые и окраинно-континентальные равнины, характерные для евразийской и американской окраин Арктической геодепрессии, сложены толщами мезо-кайнозойских отложений, залегают на структурно гетерогенном фундаменте и отличаются широким распространением разломных зон различного простирания и связанных с ними разломно-глыбовых морфоструктур (преимущественно впадин). Формирование равнин происходило в условиях длительного растяжения, разрушения и тектонического погружения континентальных окраин, что было вызвано длительным погружением геодепрессии.

Очень много материалов накоплено в последние 15-20 лет по геологии и тектонике дна океанов и окраинных морей. Все эти данные однозначно свидетельствуют о том, что в течение длительного геологического времени (по крайней мере, начиная с юры-мела) происходил процесс растяжения и тектонического погружения океанической земной коры, что привело к общему углублению и расширению океанических и морских впадин [7, 23, 43, 49, 50, 53; и др.].

Таким образом, вырисовывается длительный геологический процесс глобального ранга, который действовал однонаправленно в различных регионах мира и привел к разрушению и тектоническому погружению окраин континентов под уровень морских вод, а также вызывал растяжение, тектоническое погружение и расширение океанических и морских мегавпадин. Этот процесс, судя по геологическим данным, особенно интенсивно развивался в мезозое (преимущественно в позднем мезозое) и кайнозое и продолжает действовать вплоть до настоящего времени. Он обусловлен, несомненно глубинными геологическими процессами, связанными с эволюцией Земли как планеты и, по мнению автора, лучше всего объясняется с позиции концепции расширяющейся Земли. Эта концепция, появившаяся более 30 лет назад и, несмотря на весьма жесткую критику, доказавшая свою жизнестойкость в последующие годы, поддерживается сейчас многими исследователями в России и за рубежом, причем число ее сторонников постепенно возрастает [2, 30, 33, 34, 36, 37, 50, 54, 59, 60, 61, 65; и др.]. Процесс расширения нашей планеты был характерен, вероятно, для всей ее геологической истории, начиная с ранних стадий развития и, скорее всего, протекал неравномерно, возможно даже, что, как предполагают некоторые исследователи, иногда он осложнялся фазами сжатия, региональными или глобальными. Расширением Земли объясняется и длительный геологический процесс растяжения земной коры по всей восточной окраине Азии, который привел к тектоническому погружению окраинно-материковых мега-КМС и превращению их во впадины современных окраинных морей, формированию крупных разломных зон, Восточно-Азиатского окраинно-материкового вулканического пояса и серии вулканических поясов внутри континента, вызвал разрушение и тектоническое погружение окраины материковой суши под уровень океана, а

также инициировал множество других геологических и геоморфологических процессов на Востоке Азии, большинство из которых продолжают действовать и в наши дни.

Для восточной окраины Азии чрезвычайно актуальной является проблема сейсмической активности региона, которая в течение многих лет изучается российскими и другими исследователями. Региональные морфоструктурные исследования позволили получить новую важную информацию по этой проблеме. На территории Дальнего Востока России и сопредельных регионов Китая, Кореи и КНДР выявлены крупные зоны, районы и участки, которые отличаются повышенной геодинамической, в том числе, сейсмической активностью. Это подтверждается пространственной приуроченностью к ним многочисленных землетрясений, а также широким распространением палеосейсмодислокаций различного типа, которые, как известно, являются показателями сильных землетрясений, происходивших в недавнем геологическом прошлом.

Такими районами являются:

1. «Зоны интерференции» (взаимодействия) гигантских кольцевых морфоструктур (мега-КМС). Они отличаются, как отмечалось выше, сложными полями тектонических напряжений, значительной «раздробленностью» и «проницаемостью» земной коры, сложными геологическими структурами («структурами встречных дуг») и высокой палео- и современной геодинамической активностью. «Зоны интерференции» материковых и окраинно-материковых мега-КМС занимают большую часть территории восточной окраины Азии. Для юга Дальнего Востока России выделяются зоны интерференции Амурской мега-КМС с сопредельными Алданской, Охотской и Япономорской мега-КМС, которые охватывают почти весь регион.

2. Современная морская окраина континента (надводная и подводная), которая испытывала в геологическом прошлом и продолжает испытывать в настоящее время растяжение земной коры, разрушение и тектоническое погружение материковых морфоструктур под уровень океана вследствие длительного тектонического погружения впадин окраинных морей. Этот геологический процесс неоднократно сопровождался сильными землетрясениями, следы которых в виде палеосейсмодислокаций известны, в частности, на материковом побережье Японского и Охотского морей [1, 8, 28, 29, 39, 40; и др.].

3. Трансрегиональные линейные разломные зоны – линеаменты (протяженностью до 1,0-3,0 тыс. км), весьма характерные для всей восточной окраины Азии. В их пределах высокой тектоно-магматической и сейсмотектонической активностью отличаются зоны и участки пересечения с «поперечными» крупными глубинными разломами. Для линеамента Амур–Сунгари–Хуанхе, пересекающего территорию Хабаровского края и рассмотренного выше, такими разломами являются концентрические глубинные разломы гигантских КМС окраины континента. Высокая сейсмическая активность таких «тектонических узлов» особенно хорошо видна на примере Северного Сахалина, где разрушительное землетрясение весной 1995 г. стерло с лица Земли г. Нефтегорск.

4. Концентрические глубинные разломы гигантских окраинно-материковых КМС Востока Азии, «рассекающие» окраину континента и образующие «поперечные» разломные зоны в Сихотэ-Алине и других горных системах региона. Примером являются Бикинская, Дальнегорская, Кавалеровская и другие «поперечные» разломные зоны Среднего и Южного Сихотэ-Алиня, которые известны как крупные линейные структуры (протяженностью до 300 км и более, шириной в несколько десятков километров), отличающиеся высокой тектоно-магматической и сейсмической активностью. Они протягиваются от морского побережья в бассейн оз. Ханка и пересекают концентрические глубинные разломы Ханкайской КМС (диаметром около 300 км) и систему крупных региональных разломов субмеридионального простирания (Центрально-Сихотэалинский и др.). Сформированные при этом своеобразные «тектонические узлы» являются, вероятно, особо опасными в сейсмическом отношении, тем более, что они охватывают наиболее густо населенные районы Приморья.

5. Кольцевые морфоструктуры 2-го ранга (до 500-800 км в диаметре) и региональные линейные глубинные разломы (протяженностью в несколько сотен километров). Для КМС, как отмечалось выше, свойственны системы радиально-концентрических «каркасных» глубинных разломов, а сами морфоструктуры, как правило, представляют собой сейчас разрушенные или «обращенные» своды. В позднем мезозое-кайнозое эти КМС испытали тектоническое погружение и разрушение вследствие интенсивного процесса растяжения земной коры Востока Азии. Так, например, Ханкайская КМС превратилась в крупную кольцевую депрессию, окаймленную системой дуговых хребтов, которая продолжает погружаться и в настоящее время, а потому отличается потенциально высокой сейсмичностью на всей своей территории, особенно – в зонах дуговых хребтов по ее периферии. Высокая сейсмическая активность характерна также для Буреинской КМС (около 800 км в диаметре) и серии других крупных кольцевых морфоструктур Дальнего Востока России и сопредельных регионов Китая. В большинстве случаев рассматриваемые морфоструктуры своими окраинами «наложены» на сопредельные КМС такого же ранга, образуя обширные «зоны интерференции», или же пересечены системами региональных и трансрегиональных глубинных разломов различного простирания. Все это, безусловно, способствует усилению геодинамической активности КМС и повышает потенциальную опасность сейсмических проявлений. Что же касается региональных разломов различного ранга, то они как потенциально сейсмичные структуры, достаточно хорошо изучены многими российскими и зарубежными (главным образом китайскими) геологами. Морфоструктурные исследования позволяют определить пространственное положение этих образований в региональной иерархической системе морфоструктур Востока Азии и с этих позиций оценить их роль как возможных «генераторов» сильных землетрясений для дальневосточного региона России.

Рассмотренные выше потенциально сейсмоактивные районы и крупные морфоструктуры охватывают практи-

чески всю восточную окраину Азии. По-видимому, весь этот обширный регион является геодинамически активным и потенциально опасным в сейсмическом отношении. В полной мере это относится и к территории южной части российского Дальнего Востока. Схемы и карты сейсмического районирования территории, имеющиеся сегодня, по нашему мнению, нуждаются в существенной доработке. Должны быть составлены новые карты сейсмического районирования на морфоструктурной основе, объективно отражающие сейсмическую ситуацию в регионе. При этом основные усилия должны быть направлены на выявление и изучение палеосейсмодислокаций и их пространственно-генетических связей с разнообразными морфоструктурами земной коры. Подобные работы проведены, например, в Магаданской области [8]. Они позволили получить принципиально новые данные о сейсмичности территории и построить новую карту сейсмического районирования, значительно более качественную и обоснованную по сравнению с известными ранее. Исключительно важным представляется, в частности, вывод [8] о том, что количество сильных землетрясений, происходивших здесь в недавнем геологическом прошлом (в плейстоцене-голоцене), значительно (в несколько раз!) превышает число современных.

Таким образом, проведенные морфоструктурные исследования показали, что крупные морфоструктуры восточной окраины Азии, сформированные в различные геологические эпохи (с докембрия по кайнозой включительно), прошли достаточно сложный путь эволюции и являются геодинамически активными и в наши дни. Они развивались в условиях длительного геологического процесса растяжения земной коры окраины континента, который продолжается и в настоящее время. Установлена чрезвычайно сложная картина взаимодействия множества морфоструктур различного типа и ранга, неоднократно менявшаяся в течение длительной геологической истории региона. На этом фоне активно развиваются разнообразные современные геолого-геоморфологические процессы, среди которых особенно актуальна потенциально высокая сейсмическая активность территории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М.Д., Онухов Ф.С., Уфимцев Г.Ф. Сбро-сообвалы на северо-западном побережье Охотского моря // Геология и геофизика. 1975. № 8. С. 87-95.
2. Барсуков В.Л., Урусов В.С. Фазовые превращения в мантии и расширение Земли // Природа. 1983. № 5. С. 16-25.
3. Беляев С.Ю. Олистостромы в хабаровской свите Сихотэ-Алиня // Геология и геофизика. 1978. № 3. С. 156-160.
4. Богацкий В.В. Структуры рудных полей магнетитовых месторождений Сибирской платформы и волновой механизм формирования трещинно-брекчиевых систем // Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1978. С. 153-166.
5. Бондаренко П.М. К методике физического моделирования кольцевых и других центрально-симметричных

- структур, различных по морфологии и генезису. Новосибирск: Наука, 1984. С. 54-88.
6. Буш В.А. Кольцевые структуры Южной и Восточной Азии // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1983. № 8. С. 28-35.
  7. Васильев Б.И. Основы региональной геологии Тихого океана: Ч. 1. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 176 с. Ч.2. 242 с.
  8. Важенин Б.П. Геолого-геоморфологический анализ при палеосейсмогео-логических исследованиях в сейсмическом поясе Черского: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Магадан: СВКНИИ, 1997. 61 с.
  9. Варнавский В.Г. Геология и полезные ископаемые кайнозойских осадочных бассейнов юга материковой части Дальнего Востока: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Хабаровск: ИТИГ ДВНЦ АН СССР, 1981. 54 с.
  10. Геология Кореи. М.: Недра, 1964. 264 с.
  11. Геологическое строение Северо-Восточной Кореи и Юга Приморья. М.: Наука, 1966. 307 с.
  12. Геология СССР: Т. 1, Ч. 1. М.: Недра, 1966. 736 с.
  13. Геология СССР: Т. 18, Ч. 1. М.: Недра, 1971. 411 с.
  14. Геология СССР: Т. 30. М.: Недра, 1970. Кн. 1. 547 с.; Кн. 2. 536 с.
  15. Геология СССР: Т. 33. М.: Недра, 1970. 530 с.
  16. Геологическое развитие Японских островов. М.: Мир, 1968. 720 с.
  17. Глуховский М.З., Кац Я.Г., Моралев В.М. О нуклеарах континентов мира // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1983. № 8. С. 14-19.
  18. Гнибиденко Г.С. Тектоника дна окраинных морей Дальнего Востока. М.: Наука, 1979. 164 с.
  19. Годзевич Б.Л. Тектоника Становой складчатой области // Тектоника Востока советской Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 34-55.
  20. Докембрий Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1973. 180 с.
  21. Дюрелли А., Паркс Б. Анализ деформаций с использованием муара. М.: Мир, 1974.
  22. Золотов М.Г. Ядерно-сводовые и кольцевые структуры Приморья // Тектоника Востока советской Азии. Владивосток: ДВО АН СССР, 1976. С. 3-38.
  23. Канаев В.Ф. Рельеф дна Индийского океана. М.: Наука, 1979. 268 с.
  24. Кириллова Г.Л. Сравнительная характеристика внутриконтинентальных рифтовых бассейнов Восточной Азии: Сунляо и Амуру-Зейский // Тихоокеан. геология. 1994. № 6. С. 33-54.
  25. Кириллова Г.Л., Турбин М.Т. Формации и тектоника Джагдинского звена Монголо-Охотской складчатой области. М.: Наука, 1979. 116 с.
  26. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность? /Отв. ред. Хаин В.Е и др. М.: Наука, 1989. 190 с.
  27. Красный Л.И. Геология региона Байкало-Амурской магистрали. М.: Недра, 1980. 158 с.
  28. Кулаков А.П. Морфотектоника и палеогеография материкового побережья Охотского и Японского морей в антропогене. М.: Наука, 1980. 176 с.
  29. Кулаков А.П. Морфоструктура Востока Азии. М.: Наука, 1986. 176 с.
  30. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра, 1980. 216 с.
  31. Ли Сы Гуан. Геология Китая. М.: Госгеолтехиздат, 1952. 250 с.
  32. Микститы Сихотэ-Алинской складчатой системы / Врублевский А.А., Мельников Н.Г., Голозубов В.В. и др. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 112 с.
  33. Милановский Е.Е. Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в фанерозое: проблемы пульсаций и расширения Земли // Геотектоника. 1978. № 6. С. 3-17.
  34. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли: рифтогенез на древних платформах. М.: Наука, 1983. 180 с.
  35. Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1988. 216 с.
  36. Муратов М.В. Происхождение материков и океанических впадин. М.: Наука, 1975. 176 с.
  37. Нейман В.Б. Расширяющаяся Земля. М.: Гос. изд. геогр. лит., 1962. 80 с.
  38. Нефтегазонасность юга Дальнего Востока и сопредельных регионов. Хабаровск, 1998. 283 с.
  39. Олейников А.В. Ультрамилониты и ассоциирующие с ними породы в зонах молодых разломов Восточного Сихотэ-Алиня // Морфоструктура и палеогеография Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 85-94.
  40. Онухов Ф.С. Неотектонические дислокации Северного и Северо-Западного Приохотья // Геология Дальнего Востока. Хабаровск: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 72-79.
  41. Основы тектоники Китая. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 528 с.
  42. Погребницкий Ю.Е. Геодинамическая система Северного Арктического Океана и ее структурная эволюция // Сов. геология. 1976. № 12. С. 3-22.
  43. Рудич Е.М. Расширяющиеся океаны: факты и гипотезы. М.: Недра, 1984. 252 с.
  44. Садовский А.И. Докембрий в тектонике и металлогении Северо-Востока Азии // Тихоокеан. геология. 1983. № 1. С. 43-53.
  45. Сейсмотектоника и сейсмическое районирование Приамурья /Отв. ред. В.П. Солоненко и др. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
  46. Солоненко В.П. Сейсмогеологические условия зоны строительства БАМ. Иркутск: СО АН СССР, 1981. 48 с.
  47. Соловьев В.В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа: (Объяснительная записка к карте структур центрального типа, масштаба 1:10 000 000). Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
  48. Строение дна Охотского моря. М.: Наука, 1981. 176 с.
  49. Тектоника континентов и океанов // Объяснительная записка к международной тектонической карте мира м-ба 1:15 000 000. М.: Наука, 1988. 246 с.
  50. Удинцев Г.Б. Рельеф и строение дна океанов. М.: Недра, 1987. 240 с.
  51. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 1980. 144 с.

52. Уткин В.П. Разломно-сдвиговые дислокации как геодинамический процесс, который определяет строение Тихоокеанской окраины Азии // Тихоокеанская окраина Азии. Геология. М.: Наука, 1989. С. 185-217.
53. Чои Д.Р. Впадина Японского моря как тектонический трог // Тихоокеан. геология. 1986. № 6. С. 24-33.
54. Чудинов Ю.В. Расширение Земли как альтернатива «новой глобальной тектоники» // Геотектоника. 1976. № 4. С. 16-37.
55. Шило Н.А., Умитбаев Р.Б. Монголо-Чукотская система глубинных разломов – древняя сейсмофокальная зона // Геология и геофизика. 1977. № 11. С. 158-165.
56. Шило Н.А., Тильман С.М., Бялобжеский С.Г., Чехов А.Д. Тектоника Северо-Востока СССР // Тектоника территории СССР. М.: Наука, 1979. С. 184-196.
57. Юдин С.С., Измайлов Л.И. Челемджа-Ямский глубинный разлом // Докл. АН СССР. Сер. Геол. 1966. Т. 166, № 5. С. 1191-1194.
58. Ялынычев Т.В. Геология Амазар-Гилуойского трога и связанное с ним оруденение: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. 24 с.
59. Carey S.W. The Expanding Earth. Amsterdam: Elsevier, 1976. 488 p.
60. Carey S.W. The necessity for Earth expansion. /Carey S.W. (Ed.) // The Expanding Earth, Symposium. Sydney, Australia, 1981. P.367-396.
61. Crawford A.R. The origin of the Pacific on an expanding Earth // The origin of Arcs. Elsevier. P. 423-434.
62. Kulakov A.P. A new interpretation of the morphostructure of Eastern Asia. // Z. Geomorph. N.F., Berlin-Stuttgart, Supp.-Bd. 63, 1987. P. 75-86.
63. Kulakov A.P., Miasnikov E.A., Tashchi S.M., Qiu Shanwen, Zhao Huachang, Li Qusheng. The main features of morphostructure of the transregional Amur-Songhua-Huanghe fault zone in East Asia. // Chinese Geographical Science. 1997. Vol. 7, 2. P. 157-174.
64. Khudyakov G.I., Kulakov A.P., Nikonova R.I. and Ezhov B.V. New views on morphostructure of marginal seas of Eastern Asia. // J. Phys. Earth. 1988. 36. P. 179-189.
65. Vogel K. Global models and Earth expansion. Carey S.W. (Ed.). // The Expanding Earth. Symposium. Sydney, Australia, 1981. P. 17-27.
66. Xu Jiawei, Zhu Guang, Tong Weixing, et al. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: a major shear system to the northwest of the Pacific Ocean. / Tectonophysics. 1987. 134(4). P. 273-310.
67. Xu Jiawei, Guo Zhengyi, Xu Xuesi, et al., Xu Jiawei (Ed.). The Tancheng-Lujiang Wrench Fault System. John Wiley & Sons, 1993. 280 p.