

Классификация структур центрального типа Земли.

I. Планетарная модель. СЦТ конструктивной направленности тектогенеза.

Гаврилов А.А. (gavrilov@poi.dvo.ru)

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Введение

Феномен структур центрального типа (СЦТ) давно привлекает внимание геологов, геофизиков, геоморфологов, что связано, прежде всего, с важнейшим минерагеническим значением этих образований. По имеющимся данным [11], эндогенные СЦТ контролируют размещение до 70% известных месторождений рудных полезных ископаемых и многие залежи углеводородов. Специфика этих образований - наличие определенных атрибутов организации геологической среды: радиально-концентрической и конической систем разломов, радиально-концентрической зональности строения и размещения структурно-вещественных комплексов, энергетических (магматических, газово-флюидных и др.) системообразующих центров. По своей природе они представляют собой инъективные дислокации (протрузивные, интрузивные, экструзивные, эффузивные, эксплозивные) различного уровня глубинности. СЦТ - во многом уникальные образования, поскольку в их пределах одновременно реализуются процессы очагового текто- и морфогенеза, магматического, метаморфического петрогенеза и рудообразования

Помимо понятия СЦТ для описания подобных дислокаций используются термины с различной семантикой (концентрические комплексы, кольцевые структуры, очаговые системы, фразуры и др.). Различие между ними определяется лишь акцентом на морфологических, структурных или генетических особенностях данных природных объектов. Поскольку при выделении и изучении СЦТ широко используются геоморфологические методы и данные дистанционного зондирования из космоса, многими специалистами широко применяется термин морфоструктура центрального типа (МЦТ). В соответствии с концепцией геолого-геоморфологической конформности Г.И. Худякова [7] автор рассматривает МЦТ как СЦТ с конформной ей внешней геоморфологической поверхностью, полагая, что к ним могут быть применимы близкие классификационные признаки. Принципиальные черты сходства морфологии и инфраструктуры этих образований обусловлены одним комплексом факторов, который определяется взаимодействием симметрий глубинных или коровых энергетических центров, связанных с ними потоков энерго-массопереноса, и геологической среды (принцип П. Кюри) в планетарном гравитационном поле.

Первые работы, посвященные проблемам строения и происхождения кольцевых магматических структур и комплексов (труды А. Харкера, Б. Г.Эшера и др), появились еще в начале XIX века. В последующем специалисты не раз описывали эти «экзотические» образования, но особенно резко возрос интерес к их изучению после появления материалов дистанционного зондирования Земли из космоса. Появившиеся космические снимки показали как широкое географическое распространение, так и многообразие размеров и генетических типов СЦТ. В России произошел своеобразный информационный взрыв, связанный с появлением многих сотен и тысяч публикаций за относительно короткий срок, посвященных различным аспектам этой проблемы. Пионерские работы А. В. Авдеева, Г. З. Поповой, Л. И Салопа, Е. В. Свешниковой, В. В. Соловьева, И. Н. Томсона и других геологов и геоморфологов, во многом предвосхитившие открытия космической геологии, вызвали широкий резонанс и признание научной общественности. Реакция зарубежных специалистов на результаты космических съемок Земли из космоса была намного скромнее (работы И. М Саула, Э.Л. Рича, В. С Стила и др.), поскольку новые данные явно не укладывались в «прокрустово ложе» плейтектонических

построений. К настоящему времени в России сформировалось целое научное направление исследований, охватывающее все многообразие проблем изучения статических, динамических, ретроспективных и иерархических систем СЦТ. Опубликованы различные планетарные и региональные схемы, проведены многочисленные эксперименты, сформулированы концепции очагового тектоморфогенеза, рудоконцентрирующих структур, ринговой металлогении и др.

Наиболее крупные из СЦТ Земли рассматриваются как проекции глубинных конвективных ячеек [7,] «горячих точек», мантийных диапиров, геоконов [22, 28] более мелкие - представляют инъективные дислокации, связанные с явлениями эффузивного и интрузивного магматизма, разноглубинной диапировой, плюмовой и эксплозивной тектоники. В любом случае эндогенные СЦТ служат универсальными формами отражения различных энергетических центров и связанных с ними потоков энерго-массопереноса, являясь важнейшими геоиндикаторами флюидной, магматической активности и потенциальной перспективности недр на полезные ископаемые (руды, алмазы, углеводороды). Изучение конкретных особенностей морфологии и внутреннего строения СЦТ различных генезиса, размеров, рангов и возраста в пределах разных регионов и областей позволяет реконструировать и оценивать многие факторы формирования и развития магматических очагов, других проявлений эндогенной активности недр и свойств (факторов) геологической среды. Хорошо известны корреляция геометрических параметров вулканических построек и магматических очагов, зависимость морфологии вулканов от состава продуктов извержения, тектонической, геоморфологической позиции и т.д. Наличие аналогичных структур на Луне, Марсе, Венере делает их важным объектом сравнительно планетологических исследований.

Необходимой основой решения многих теоретических и практических задач геологии является типизация или классификация СЦТ отдельных регионов и Земли в целом. Любая систематизация, представляя обобщение и упорядочение эмпирических данных, фиксирует уровень изученности тех или иных объектов или предметов исследования на определенный период времени. Появление новых данных или воззрений требует постоянного совершенствования имеющихся представлений о типах и классах СЦТ.

В настоящее время опубликовано множество различных классификаций этих образований [1, 7, 11, 28 и др.]. В качестве классификационных признаков использовались параметрические, морфологические, генетические, вещественные и другие характеристики. В частности, по размерам выделяются микро-, мини-, мезо-, макро-, и мегаструктуры [28, 11], по рангу - локальные, региональные и планетарные, по морфологии - кольцевые, купольно-кольцевые и купольные формы, по глубинам заложения - ядерные, мантийные, литосферные, коровые очаговые системы [8]. Основные генетические типы представлены магматогенными, метаморфогенными и тектоногенными (амфиклизы, мульды, диапиры и др.) дислокациями, хотя следует отметить, что большинство макро и мега СЦТ имеет сложное, полигенное происхождение. В соответствии с данными о преобладающем составе конформных вещественных комплексов выделяются сиалические и мафические (базитовые и ультрабазитовые) очаговые системы. В то же время, древние и современные крупные длительно живущие магматические центры (Камчатка, Гавайи и др.) на фоне определенной петрохимической специализации способны продуцировать достаточно контрастные ряды магматических пород.

Среди СЦТ не эндогенного происхождения описаны собственно экзогенные (карстовые, гравитационные и другие) формы и импактные образования или астроблемы. Особое место в этих классификациях отводится так называемым нуклеарным мантийно-очаговым структурам [6, 18], которые представляют формирования ранних стадий развития Земли. В пределах отдельных регионов и континентов соотношения нуклеаров и различных морфологических и генетических типов СЦТ варьируют. В частности, установлено, что в пределах Африканского континента и Аравийского полуострова нуклеары составляют 1 % от общего количества кольцевых структур, гранито-гнейсовые овалы 2 %, гранито-гнейсовые купола 19.5 %, плутонические и вулканические 53 %, тектонические поднятия и депрессии 24,5 %. Для Евразии и Австралии эти показатели иные [11]. Более детально историко-генетические аспекты проблемы связи эволюции магматизма Земли и СЦТ затронуты в работах [6, 18, 10, 27 и др.], но это только начало большой работы.

В рамках данной статьи предлагается обсудить вопросы тектонической классификации СЦТ, обосновать выделение их новых генетических типов и классов размерности, обратить

внимание на необходимость унифицированного описания их инфраструктур, выделение гомологических рядов. Периодическая систематизация данных об очаговых структурах рассматривается как необходимое условие совершенствования знаний о процессах энерго-массопереноса и глубинной геодинамики Земли и планет земной группы.

Планетарная система СЦТ

Исходя из общих тенденций геологического развития Земли и планет земного типа, традиционно выделяются относительно стабильные, жесткие структуры литосферы - кратоны, талассократоны и подвижные, геодинамически активные зоны или области, сопряженные либо с процессами рифто-, тафрогенеза, либо горообразования. В рамках данных основных категорий районирования предлагается выделять два основных вида СЦТ - конструктивной и деструктивной направленности тектогенеза. К конструктивным формам относятся инъективные дислокации, связанные с процессами наращивания (снизу и сверху) вулканогенно-осадочного (локальные структуры), гранитно-метаморфического (региональные) слоев и литосферы (глобальные) в целом. Их образование сопровождается избыточной аккумуляцией эндогенного материала (кислого, среднего состава на континентах, среднего и основного - в зоне перехода к океану и основного в пределах океанического дна), что приводит к формированию положительных форм рельефа различного ранга. СЦТ деструктивных этапов тектогенеза сопряжены с процессами трансформации и базификации гранитно-метаморфического слоя на континентах и базальтового в океанах, со своеобразной «глубинной эрозией» земной коры и утонением литосферы в целом. Образование таких структур происходит на фоне опускания территорий, формирования отрицательных форм рельефа, некомпенсированного накопления эндогенного и экзогенного материала. Так как процессы конструктивного и деструктивного тектогенеза представляют ветви одного процесса геологической эволюции нашей планеты, (в пределах каждой территории сосуществуют структурные элементы с разной направленностью развития, может происходить инверсия режима и т. д.) речь здесь идет лишь о доминирующих тенденциях развития тех или структур земной коры и литосферы. Автор отдает себе отчет, что данные понятия в семантическом отношении неудачны, поскольку любой деструктивный процесс приводит не только к разрушению старых, но и к созданию конструктивно новых элементов геологической среды. Оправданием может служить лишь тот факт, что эти термины универсальны и достаточно широко применяются в данном контексте.

В качестве основных кольцевых структур планетарного ранга рассматриваются кратоно - орогенные системы разного типа (Тб 1), которые включают в себя СЦТ более низкого порядка как конструктивной, так и деструктивной направленности тектогенеза. Возможно, более правильно называть выделяемые планетарные сооружения кратоно-орогенно-рифтогенными, поскольку большая часть горных поясов их внешних концентров в океанах имеют рифтовую природу. Однако, если отказаться от генетического толкования термина «орогенез» (как это повелось, начиная с работ Э. Ога и Г. Штилле) и возвратиться к начальному определению этого понятия как горообразования вообще (Г.К. Гилберт, 1890 г.), то определение может быть упрощено. Такая генерализация в ряде случаев целесообразна, поскольку существует достаточно общих черт строения и эволюции различных (коллизионных, складчатых, тектоно-магматогенных, рифтогенных и др.) горных сооружений.

1. В основе возникновения и развития всех орогенных систем, так же как и рифтов, лежат процессы образования или активизации глубинных систем разломов. Именно этими каркасными структурами определяется линейность, протяженность горных хребтов, мобильность, широкое развитие, в их пределах явлений магматизма и метаморфизма и других процессов.

2. Для горных сооружений характерна более мощная кора, в отдельных случаях, на континентах, до 70 км (так называемые корни гор) и литосфера. Сопряженность развития гранитоидных систем и орогенных поднятий Дальнего Востока (работы Г.И. Худякова, Э.Н. Лишневецкого, В.К. Шевченко и др.), наличие областей разуплотнения верхней мантии в основании сводовых сооружений суши и океанического дна (труды Э.Н. Рейнлиба, Н.П. Романовского, П. М. Сычева и др.), а также другие материалы отражают общую глубинную природу процессов горообразования.

Приложение к таблице 1.

1. Ядра ранней консолидации и роста континентальной коры (срединные массивы, щиты, нуклеары, гранитно-гнейсовые, гнейсово-гранитные овалы, овоиды). Метаморфогенные, магматогенные, тектоногенные СЦТ кратонов и молодых платформ: гнесово-гранитные син- и антиформы, интрузивные купола, кольцевые интрузивные комплексы гранитоидов и щелочных пород, брахиантиклинали, гипсовые, соляные диапиры и др.

2. Изометричные платформенные амагматические депрессии (Гудзоновская, Северо-Каспийская и др.), синеклизы, амфиклизы областей траппового вулканизма, соотносимые с лунными морями, депрессионно-тафрогенные впадины, грабен-депрессии, просадки, вулкано-тектонические структуры, выполненные базитами, кольцевые интрузивные массивы базитового и ультрабазитового состава, флюидно - взрывные или взрывные структуры с ультрабазитовым выполнением. Талассоиды – морские базальтовые равнины, внутри и окраинноконтинентальные вулкано-тектонические депрессии с кордильерами (морские впадины Аргира, Эллады и др. на Марсе), моря Луны, кольцевой бассейн Колорис на Меркурии и др.

3. Тектоно-магматические и вулкано-тектонические поднятия-области разуплотнения мантии (Галапагоское, Туамоту, Маркус-Неккера, Маршаллово и др.). Щитовые и стратовулканы - гайоты, вулкано-тектонические депрессии, вулканические, вулкано-плутонические, экструзивные, лавовые

купола, конусы, кольцевые интрузивные комплексы, флюидно взрывные структуры и др.

4. Изометричные глубоководные котловины, связанные с мантийными диапирами (Перуанская, Западно-Австралийская, Аргентинская и др.). Вулкано-тектонические депрессии, выполненные базитовым материалом, вулканические и плутонические постройки, флюидно - взрывные структуры, сложенные породами ультраосновного состава.

5. Тектоно-магматические и вулкано-тектонические поднятия островных дуг.

Стратовулканы, кальдеры, вулкано-тектонические депрессии, вулкано-плутонические, лавовые, экструзивные купола и другие структуры с андезито-базальтовым, андезито-дацитовым и, реже, липаритовым комплексами пород, грязевые вулканы, флюидно-взрывные структуры и др.

6. Котловины окраинно-континентальных морей (Японское, Желтое и др.) – формы отражения процессов мантийного диапиризма. Изометричные глубоководные впадины и депрессии, щитовые вулканы, вулкано-тектонические депрессии, вулканические и плутонические постройки конформными комплексами основного и ультраосновного состава.

7. Мегасводы (Амурский, Восточно-Китайский и др.). Магматогенные сводово-блоковые и тектоно-магматические поднятия. Метаморфогенно-плутоногенные, плутоногенные (гранитоидные) купола, стратовулканы, кальдеры, вулкано-тектонические депрессии и другие структуры с андезитовым, дацитовым и липаритовым профилем вулканизма, флюидно-взрывные и взрывные структуры с превалированием магматических материалов кислого состава. Тектоно-магматические и вулкано-тектонические поднятия: Эллизий, Фарсида и др. на Марсе, Бета, Белл, Метиды, Лакшми и другие на Венере. Вулкано-тектонические депрессии на Марсе, Луне, овоиды или венцы, арахноиды и более мелкие структуры на Венере, гигантские щитовые вулканы Марса (Олимп, Арский, Павлина), щитовые вулканы Луны, Венеры и др.

8. Межгорные котловины, депрессионно-тафрогенные впадины, депрессии, вулкано-тектонические депрессии, вулканические постройки, лавовые и экструзивные купола, сложенные базальтоидами, интрузивные кольцевые комплексы основного и ультраосновного состава.

9. Изометричные и линейные системы вулкано-тектонических поднятий, щитовых вулканов, лавовые, экструзивные купола, шлаковые конусы, флюидно-эксплозивные структуры, трубки взрыва и др. с вещественным комплексом преимущественно основного состава.
10. Вулкано-тектонические депрессии, межгорные котловины, грабен-депрессии, компенсационные впадины, выполненные лавами базальтов, вулканические аппараты и интрузивы ультрабазитового состава.
11. Вулкано-тектонические поднятия, магматические своды, страто- и щитовые вулканы (Восточная Африка), вулкано-тектонические депрессии, эксплозивные структуры и др. с базитовыми и щелочно-базитовыми комплексами.
12. Кольцевые системы древних (авлокогены) и современных рифтовых впадин, грабенов, разломов обрамляющих жесткие блоки континентальной коры, изометричные депрессионно-тафрогенные межгорные впадины, депрессии, просадки, вулкано-тектонические депрессии, выполненные базитовыми и щелочно-базитовыми комплексами, вулканические, экструзивные купола и другие структуры.
13. Вулканические, тектоно-вулканические поднятия, щитовые вулканы, вулкано-тектонические депрессии, лавовые, экструзивные купола и другие формы, сложенные породами щелочной оливин-базальтовой и щелочно-базальтоидной формаций.
14. Разломные кольцевые системы рифтовых зон, вулканические и вулкано-тектонические структуры, экструзивные и интрузивные купола, трубки взрыва и другие структуры с породами ультрабазитового и щелочно-ультрабазитового состава.

3. Универсальными структурными элементами горных сооружений океанического дна, зоны перехода и Тихоокеанского подвижного пояса служат глубинные магмоконтролирующие разломы и очаговые системы разных размеров и глубин заложения, определяющие общую линейно узловую инфраструктуру этих образований.

4. Области и зоны горообразования представляют крупнейшие энергетические аномалии планеты, поскольку в их пределах осуществляется гигантская работа против гравитационного поля Земли. Энергия недр затрачивается как на образование глубинных и поверхностных инъективных дислокаций, преобразование вмещающих толщ и избыточное накопления магматического так и на тектонические движения, подъем масс горных пород и формирование дизъюнктивных и складчатых дислокаций.

5. Некоторые горные хребты суши продолжают в пределах островных дуг (Курильская, Алеутская, Зондская) и океанического дна (рифтовые системы Калифорнийского, Аденского заливов), указывая на наличие сквозных (океан-континент) магмоконтролирующих глубинных разломов. В ряде случаев рифтовые и орогенные структуры развиваются совместно, в рамках одной горной системы.

Спецификой рифтогенного горообразования является сопряженность в пространстве и времени процессов конструктивного и деструктивного тектогенеза. С одной стороны срединно-океанические хребты выступают как рифтогенные области «глубинной эрозии», утонения земной коры и астеносферного (мантийного) диапиризма, с другой, представляют магматогенные структуры роста океанической коры и перекомпенсированного накопления эндогенного материала. В последнее время появляется все больше данных о том, что в основе начальных этапов возникновения фанеразойских горно-складчатых областей лежат те же явления рифтогенеза, интерпретируемые как процессы раннегеосинклинальной стадии развития территории (для дальневосточного региона работы В. Е Хаина, Г. М. Власова, Г. Л Кирилловой, В.П. Уткина и др.). Все это позволяет рассматривать кратоно-орогенные и кратоно-орогено-рифтогенные СЦТ с единых позиций.

Пространственный ряд планетарных СЦТ характеризуется различными по размерам и морфологии постройками. В качестве наиболее крупных рассматриваются две экваториальные (Индо-Тихоокеанская, Индо-Атлантическая), полярная Антарктическая, Южно-Американская и Африканская кольцевые мегаструктуры. Южные участки внешних центров Индо-Тихоокеанской, Индо-Атлантической мега конструкций сопряжены со срединно-океаническими рифтогенными хребтами, а северные дуги - с коллизионными орогенными сооружениями суши. Процессы формирования океанической коры в пределах центральных частей этих СЦТ

сопровождаются процессами орогенеза и конструктивного тектогенеза на периферии, что соответствует модели тороидальной конвективной ячейки. В отличие от ранее опубликованных построений [7, 9, 20, 31], установлено, что эти мегаструктуры смыкаются друг с другом, полностью перекрывая экваториальную зону. Они имеют четкие орографические границы, связанные с океаническими и континентальными орогенными системами, специфическую инфраструктуру и интерпретируются как формы отражения глобальных конвективных потоков тепломассопереноса. Известно, что расчетным физическим характеристикам мантии соответствуют высокие числа Рэлея и полигональный тип конвекции. Суперпозиция симметрий гравитационного поля и конвекции полигонального типа приводит к формированию принципиально сходного рисунка дуговых и концентрических систем разломов, выступающих в качестве главных ограничивающих элементов конвективных ячеек. Отчетливо проявленная анизотропия геологической среды (наличие мощных литосферных блоков, расслоенности мантии, глубинных зон разломов и других неоднородностей) приводит к тому, что глубинная свободная конвекция сменяется в верхней мантии на вынужденную. Литосферные плиты и жесткие консолидированные блоки земной коры препятствуют свободной реализации процессов энергообмена недр с внешней средой и явлений энерго-массопереноса. Это приводит к более высокой концентрации и избыточному давлению относительно более легких нагретых и флюидонасыщенных компонентов мантийного вещества в их подошве, определяет общую центробежную ориентировку потоков энерго-массепереноса, и их кумуляцию на периферии литосферной пластины или блока. Подобный экранирующий эффект разных по размеру фрагментов жесткой оболочки Земли, видимо, носит достаточно универсальный характер для конвективных ячеек различного ранга и типа (рис 1).

Восточное полушарие занимает Индо-Тихоокеанская (Ин-Т) мегаструктура, которая имеет асимметричное строение относительно параллели $23^{\circ} 27'$ - Северного тропика (проекции плоскости эклиптики). Южная дуга ее внешнего концентратора объединяет Восточно-, Южно-Тихоокеанские, Австрало-Антарктический, Центрально- и Аравийско-Индийский океанические хребты. Северная часть внешнего концентратора этого гигантского кольца выражена цепью горных поднятий и хребтов Центральной, Восточной Азии и Северной Америки (Гиндукуш, Тянь-Шань, Алтай, Западные и, Восточные Саяны, Яблонувый, Становой, Колымское нагорье, Аляскинский и др.). Ядру этой мега-морфоструктуры (геометрический центр - Маршалловы острова) соответствует Срединно-Тихоокеанское поднятие, включающее многочисленные архипелаги островов и цепи океанических хребтов, имеющих вулканическое и вулкано-тектоническое происхождение. В меркаторской проекции длина большой полуоси на экваторе у Ин-Т СЦТ достигает 10,0 тыс. км, малой по меридиану 165° в.д. - 8 тыс. км. По данным сейсмической томографии (работы Su W. J., Woodward R. L et all. 1994 г. и др.), на глубине 2850 км в центральной части Тихого океана фиксируется крупная мантийная неоднородность. Ее существование подтверждает глубинную природу Тихоокеанской мегаструктуры и указывает на продолжающиеся процессы апвеллинга горячих мантийных масс.

Наиболее крупная кольцевая мегаструктура западного полушария Индо-Атлантическая также представляет кольцо орогенных сооружений материковой суши и океанического дна. Линия северного тропика делит его на континентальную и океаническую асимметричные части в той же пропорции $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$, как соотносятся площади поверхностей суши и океана. Южные дуговые концентраторы трассируются Западно-Индийским, Африкано-Антарктическим, Буве-Бристольским океаническими хребтами, Чилийским, Галопогосским поднятиями. Северные континентальные участки внешнего концентратора этой мегаструктуры выражены цепями горных сооружений и хребтов юго-западной Азии, южной Европы (хребты Кухрут, Загос, Кавказ, Карпаты, горы Балканского полуострова, Центральной Европы) и Аппалачской орогенной системы Северной Америки. В отличие от Индо-Тихоокеанской постройки данная мегаструктура не имеет морфологически выраженного ядра, орогенные системы внешнего концентратора прерывисты. По материалам американских исследователей (работы Дж. Ритсема, Х. Ван Хейста и др.), в Атлантическом секторе выделяется Центральное - Атлантическая магматическая провинция (ЦАМП) простирающаяся от Америки, север и центр Бразилии. Основным магматизм проявлялся

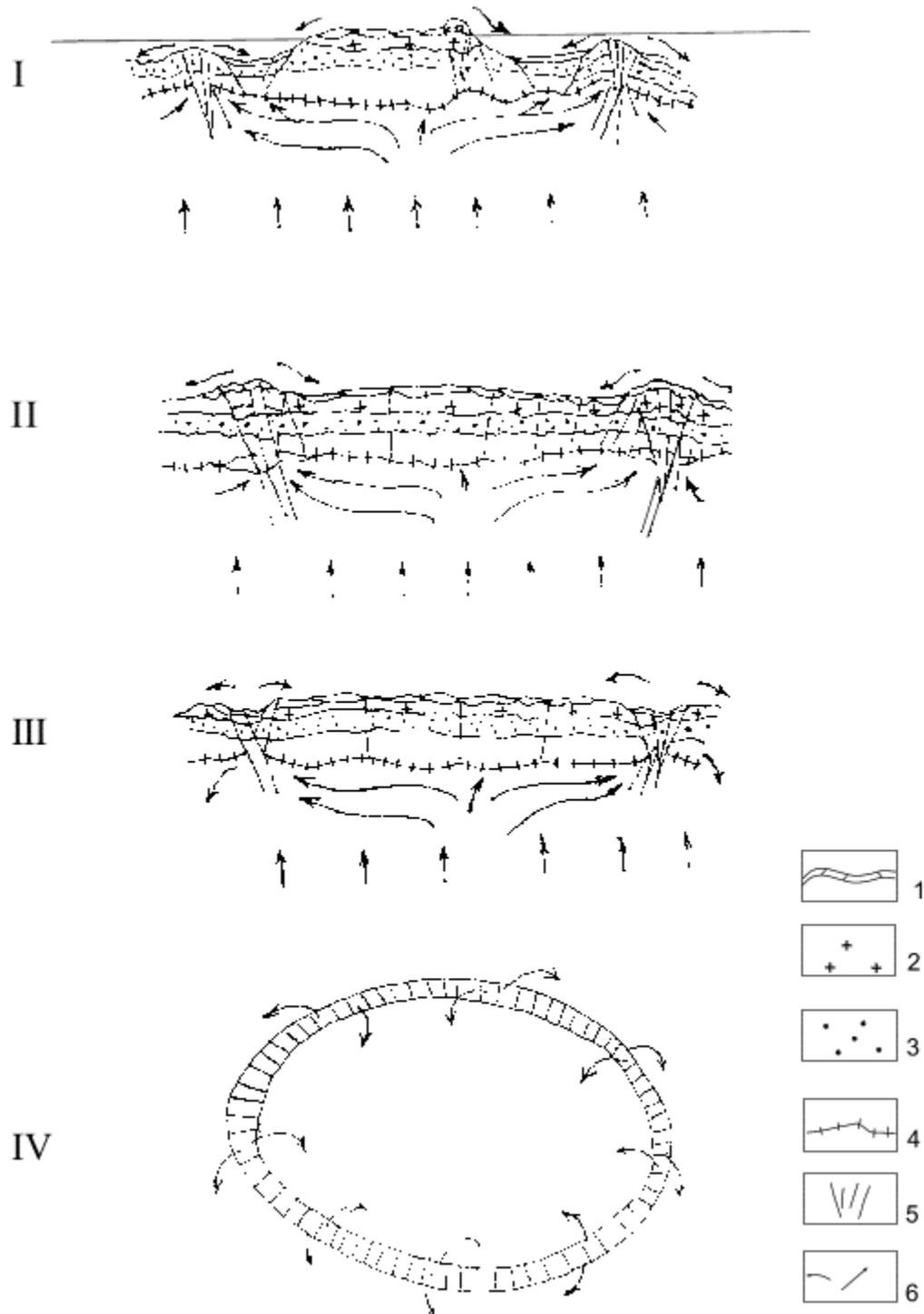


Рис. 1. Принципиальная схема проекций на поверхность Земли глобальных и региональных конвективных ячеек тороидального типа, соотносимых с СЦТ.

Римские цифры: I-III – профили; IV- план

I - Кратоно-рифтогенно-орогенных. II - Кратоно орогенных./

III- Кратоно рифтогенных.

Слои земной коры (1-3): 1. вулканогенно-осадочный; 2. –гранитно-метаморфический; 3.- базальтовый; 4.- кровля астеносферы; 5.- системы разломов; 6.- направления перемещения потоков энерго-массопереноса.

преимущественно в глубине континента на расстоянии 2 тыс. км от побережья Атлантического океана. Установлены лавовые потоки, силлы в архейско-раннепротерозойских кратонических областях и позднепротерозойских - палеозойских бассейнах. Максимальная мощность отложений - 300 м, объем до 60 000 куб. км. В Амазонском бассейне силлы распространены на площади 1 млн. кв. км. при мощности 500 м. На территории Гайаны и Амазонских кратонов до 400 000 кв. км. Состав базальтов Бразилии сходен с магматическими породами ЦАМП в Северной Америке и Западной Африке. Они включают базальты различного состава: от толеитовых до андезитовых разновидностей. Щелочные и кислые породы очень редки. Радиоизотопные и палеомагнитные анализы свидетельствуют о возрасте 205-190 млн. лет. Все эти данные указывают на широкое распространение разогретой мантии и наличие мощного плюма, соотносимого с внутренним, смещенным к северу концентром выделяемой Индо-Атлантической СЦТ. Ее длинная и короткая оси равны соответственно – на экваторе 10,0 тыс. км и по меридиану 20° з.д. – 6,0 тыс. км. Общая протяженность внешних концентров, каждой из рассмотренных мега СЦТ превышают 50 тыс. км., что позволяет оценивать их как крупнейшие кольцевые орогенные и деформационные пояса Земли, не имеющие аналогов на других планетах солнечной системы. Отмеченные особенности морфологии СЦТ (растянутость в экваториальной зоне) и специфическая роль линии северного тропика, как тектонической границы, отражают существенное влияние центробежных сил и ротационных напряжений на процессы планетарного тектогенеза. Многочисленные данные о высокой эндогенной активности срединно-океанических хребтов (аномальный тепловой поток, тектонические движения, основной магматизм, флюидный режим, гидротермальная деятельность) и горных поднятий континентов (тектонические коллизии, орогенный кислый магматизм, сейсмическая активность др.) дают основание анализировать кольцевые планетарные орогенные пояса как единые зоны с аномальным геодинамическим режимом, главные современные тектоно-магматические системы Земли. Значительные участки внешних концентров выделяемых СЦТ совмещаются с выделенными А.И. Полетаевым [20] дуговыми и кольцевыми поясами высоких плотностей эпицентров землетрясений, образующих глобальные сейсмические концентры. Асимметрия и специфика строения северных континентальных и южных океанических частей кольцевых планетарных орогенных поясов указывают на существенные различия процессов океанического и континентального типов орогенеза, большое значение факторов мощности, состава коры, жесткости и проницаемости литосферы. Сложное и разнородное внутреннее строение этих мегаструктур вместе с данными о возрасте срединно-океанических хребтов свидетельствует об их относительной молодости и наложенном характере развития, отражая, вероятно, существование особой кайнозойской рифтовой стадии развития Земли (работы Пушаровского Ю.М., Милановского Е. Е., Орленка В. В. и др.). Близка им по рангу Тихоокеанская мегапостройка, состоящая из талассократона и примыкающих структур одноименного подвижного пояса, которые образуют вокруг океанской котловины горные сооружения - кордильеры. Аналогичным строением отличаются многие Лунные моря и талассократонно-орогенные системы других планет. Еще Г. Штилле обратил внимание на то, что вокруг Тихого океана существует кольцо платформ - древних континентов. Между платформенным обрамлением и ложем океана располагаются буферные мобильные зоны (структуры Тихоокеанского подвижного пояса), которые претерпевали неоднократную тектоно-магматическую активизацию на протяжении всего фанеразоя. Основные особенности геологического строения, развития Тихоокеанской кольцевой мегаструктуры анализировались в ряде специальных работ (труды Смирнова А.М, Маракушева А.А., Пушаровского Ю. М., Романовского Н. П., Маслова Л.А и др.). Здесь необходимо только отметить, что данные послышной томографии и трехмерного моделирования мантийной структуры Земли [13, 16] показывают наличие под Тихим океаном центрального мощного апвеллинга горячих мантийных масс и циркумтихоокеанской системы даунвеллингов холодного высокоскоростного материала. Эти глубинные явления отражаются в Тихоокеанском полушарии процессами активного подводного и наземного магматизма, современного корообразования, текто- и морфогенеза, высокой сейсмической активностью и аномальным тепловым потоком во многих районах. Но периферийное положение Восточно-Тихоокеанского рифтового хребта совершенно не согласуется и морфологией и симметрией

Тихоокеанской кольцевой мегаструктуры. Имеющиеся данные о магматизме и истории геологического развития [2, 13, 16 и др.] свидетельствуют о том, что в позднем мезозое и кайнозое системообразующим центром для нее служило поднятие Дарвина, где сосредоточены основные горные сооружения океанического дна и где наиболее активно протекали процессы магматизма. Явно асимметричное расположение рифтовой системы при изометричной форме океанической котловины и кольцевой зональности размещения структур Тихоокеанского подвижного пояса, возможно, отражает перестройку и новый этап в развитии этой древнейшей талассократоно-орогенной системы в кайнозое. Черты унаследованности и преемственности этих процессов связаны с тем, что поднятие Дарвина выступает структурно-геометрическим центром также и для новообразованной Индо-Тихоокеанской рифтогенно-орогенной СЦТ. В западном полушарии соотношения континентальных мегаблоков и опоясывающих их срединно – океанических хребтов Африканской и Южно-Американской кратоно-рифто-орогенных мегаструктур носят иной, конформный характер. По своему значению эти сложные сооружения близки выделенным ранее Африканской и Южно-Американской МЦТ [7], отличаясь отсутствием геометрически правильных границ и приближаясь по форме к трансформированным овалам. Для этих кольцевых меакомплексов, также как Антарктической МЦТ характерно наличие древнего кратонного ядра, окаймляющих глубоководных впадин, депрессий и срединно-океанических рифтогенных горных хребтов внешнего концентра. Как свидетельствуют полученные данные подобные явления бифуркации и облекания жестких консолидированных блоков земной коры рифтогенными зонами представляют достаточно широко распространенное явление. При этом, несмотря на то, что основные проявления эндогенной активности концентрируются в мобильных рифтогенных поясах внешнего концентра наличие жесткого литосферного геоблока в ядре структуры влияет на поступление и распределение глубинных конвективных потоков энерго-массопереноса. (см. рис. 1). Поэтому все элементы кратоно – орогенных сооружений представляют компоненты одной геодинамической кольцевой системы, соотносимой с планетарной конвективной ячейкой. Внутреннее строение этих мега СЦТ определяется сложным сочетанием древних кристаллических массивов – нуклеаров, щитов и облекающих их зон складчатости, орогенных систем и структур тектоно-магматической активизации. Реконструкция положения нуклеаров Гондваны при совмещении Африканского, Южно-Американского континентов и Австралии показывает радиально-концентрическую зональность их размещения. Развивая представления Д. Андерсона [16] о ранних этапах развития Земли, можно предположить, что эти древние ядра роста континентальной коры представляют собой фрагменты древнейшей планетарной конвективной СЦТ протосиалической специализации и, соответственно, конструктивной направленности тектогенеза .

Среди аналогичных по природе, но меньших по размеру образований рассматриваются Антарктическая и Восточно-Африканская СЦТ. Изометричная форма континента на южном полюсе нашей планеты давно привлекала внимание ученых (работы Г. Н. Каттерфельда, П.С.Воронова; и др.). Б. В. Ежов и Г.И. Худяков[7] описали Антарктическую кольцевую морфоструктуру, соотносимую с древним континентальным массивом. По мнению автора, система концентрических орографических элементов южного полюса включает, помимо материка, ряд сопряженных глубоководных котловин и обрамляющих его рифтогенных океанических хребтов (Южно-Тихоокеанского, Австрало-Антарктического и др.). Максимальный радиус выделяемой кольцевой кратоно-орогенной системы – 4500 км., а ее континентального ядра 2300 км. Обращает на себя внимание общая соподчиненность очертаний Антарктиды линии Южного полярного круга. Гипсометрический профиль через эту полярную кольцевую структуру отвечает синусоиде или другой гармоничной функции. Размещение глубоководных котловин (Беллинсгаузена, Австрало-Антарктической и Африкано-Антарктической) подчиняется оси симметрии 3го порядка. На фоне радиально-концентрической организации и зональности распределения высот и орографических элементов мегаструктуры хорошо выражена морфологическая (подледный рельеф) и структурная асимметрия восточной и западной ее частей ее ядра. Восточный диаметральный блок характеризуется широким развитием плато и горных хребтов с максимальными отметками (с учетом толщины льда) до 3390м. Западный – отличается относительно широким развитием равнин и наличием лишь двух изолированных хребтов и отдельных поднятий. Роль диаметрального блокоразделяющего линеамента играет

Трансантарктическая горная система. Наличие жесткого континентального массива в центре Антарктической постройки позволяет предполагать, что внешние рифтогенные хребты, имеющие, позднемезозойский и кайнозойский возраст [15] представляют своеобразные структуры облекания, наследующие древний структурный план этой полярной области.

Восточно-Африканская кратоно-рифтогенная кольцевая структура радиусом более 2200 км. впервые описана в 1967 г. М. Бардэ [30]. В последующем [26], ее рассматривали как сквозную магмоконтролирующую структуру глубинного заложения, которая совмещает черты и структурные элементы конструктивного и деструктивного тектогенеза. На мелкомасштабных геологических и геоморфологических картах внешний концентр ее континентальной части выражен серией субпараллельных глубинных разломов и вулканогенных хребтов Западно- и Восточно-Африканской континентальных рифтовых систем, которые на северо-востоке переходят в рифтовую зону Аденского залива и далее смыкаются с Аравийско- и Западно-Индийскими срединно-океаническими хребтами, образуя почти правильный, разорванный лишь на юго-западе овал. Внутренний концентр этой мегаструктуры намечается изгибом Маскаренского хребта. В качестве ее возможного ядра можно рассматривать Мадагаскарский геоблок, который существенно смещен к югу. Геометрический центр занимает Сомалийская глубоководная котловина, интерпретируемая как тафрогенно-депресссионная структура. Также как и в других кольцевых постройках здесь ярко проявлено явление геологической асимметрии диаметральных блоков. Западный континентальный сегмент этой СЦТ отделен от восточного океанического сквозным диаметральной субпланетарным разломом северо-восточного простирания, который отделяет Мадагаскарский геоблок от Африканского континента. Помимо крупных зон разрывных нарушений, Мангатского реликтового массива континентальной коры, абиссальных котловин и рифтогенных хребтов в пределах Восточно-Африканского овала выделяются Сейшельская, Космолево-Каморская куполообразные поднятия океанического дна и изометричные магматические своды, соотносимые с Эфиопским и Кенийским нагорьями. Наиболее отчетливо выражена в рельефе Кенийская очаговая морфоструктура (радиус 750 км), в центре которой находится вулкан Килиманджаро с абсолютной высотой 5895 м. Эфиопская СЦТ, расположенная на стыке Аденского, Красноморского и Восточно-Африканского рифтов имеет радиус 600 км. и максимальные высоты до 4300 м. (г. Бату). Общая инфраструктура Восточно-Африканской кольцевой системы определяется сосуществованием реликтового блока континентальной коры (фрагмента Африканской платформы), глубоководной котловины и тектоно-магматических поднятий, окруженных кольцом кайнозойских рифтогенных хребтов и впадин.

Длительная, на протяжении всего позднего кайнозоя, чрезвычайно высокая магматическая активность этой структуры, состав магматических комплексов и геофизические данные [25] свидетельствуют о наличии на глубине в этом районе нескольких «горячих точек» и, соответственно, мантийных диапиров или плюмов. Существование региональной кольцевой структуры и радиально-концентрических элементов организации геологической среды говорит о том, что отдельные глубинные очаги и тела территории связаны с одним энергетическим центром. Богатство и многообразие магматических пород и интенсивность флюидного режима во многом обусловлены процессами глубинной переработки мощной литосферы Африканской платформы. Происходящие здесь процессы деструкции континентальной коры, интенсивный основной и ультраосновной магматизм, тепловой и флюидный режим позволяют сопоставлять Восточно-Африканскую СЦТ с мантийной конвективной ячейкой, которая начала свое активное развитие с олигоцена.

Расчеты геофизиков показывают, что на глубине 2900 км на границе мантии с земным ядром тепловая энергия внешнего ядра способна создавать мощные восходящие потоки, струи раскаленного глубинного вещества. Сравнительно узкие столбообразные потоки - плюмы обнаружены под Исландией и Гавайскими островами. Предполагается наличие суперплюмов с диаметром основания несколько тыс. км. под южной Африкой и в ее северо-восточной части, где в пределах Восточно-Африканской СЦТ имеются десятки «горячих точек». По данным сейсмического моделирования (работа Э. Найбленда и С. Робинсона 1999 г.) большая часть Южной Африки и прилегающего морского дна лежит на 500м выше, чем было бы в случае отсутствия плюма. Дуговые изгибы Южно-Атлантического и Африкано-Антарктического

срединно-океанических горных сооружений вокруг Южно-Африканской области ранней консолидации и Северо-Атлантического хребта вокруг Западно-Африканского нуклеара свидетельствуют о наличии здесь резко асимметричных кратоно-орогенных кольцевых структур со слабо выраженным в рельефе внешним концентром на континенте. Именно они представляют формы отражения крупных мантийных плюмов специфического асимметричного строения, выявляемых по геофизическим данным. Для этих СЦТ характерно отсутствие на периферии в пределах континента молодых рифтовых систем. Основные тепловые потоки приурочены к срединно-океаническим хребтам, определяя асимметрию Южно-Африканской и Западно-Африканской кольцевых мегаструктур. Тем не менее, восточное обрамление Западно-Африканского кратона представлено структурами Ахаггаро-Атакорской зоны, Западного- и Восточного Нигирийского прогибов (Анка и Мару), зоны Тиририи, развивающихся в режиме подвижных зон, начиная с рифея [29]. К диаметральному глубинному разлому этой кольцевой системы, отделяющему континентальный мегаблок от океанического приурочены позднекайнозойские вулканические центры и «горячие точки» островов Зеленого мыса и Канар. Для Южно-Африканской СЦТ замыкание внешней континентальной части концентрируется с системой разломов, продолжающих структуры подводного хребта Китового. В Анголе и Юго-Западной Африке известны вулканические пояса северо-восточного протирания, в пределах которых установлены магматические комплексы ультраосновного, основного и щелочного состава (работы С. Г. Хоутона, А. Л. Дю Тойта и др.).

К платформенно-орогенным СЦТ планетарного ранга можно отнести Восточно-Европейскую и Западно-Сибирскую платформы, внешние концентры которых слагают горные сооружения разного возраста. Хорошо известно, что в фундаменте платформ широко развиты палеорифты, авлокогены, грабен-депрессии, переходящие в синеклизы, что свидетельствует о частичной базификации и деструкции их глубинного основания. Платформенный чехол зачастую представлен морскими осадочными образованиями, характерными для окраинных морей, формирование которых отвечает следующим, более глубоким этапам деструкции континентальной коры. В качестве крупнейшей асимметричной тафрогенно-депрессивной структуры континентов можно рассматривать объединенную Русско-Западно-Сибирскую СЦТ диаметром более 4500 км. Во внутреннем центре располагаются Восточно-Европейская и Западно-Сибирская платформы, по периферии горные сооружения и области поднятия разного возраста (Скандинавские горы, Карпаты, Большой Кавказ, Тянь-Шань и др.). Отчетливо проявлен диаметральная шов, соотносимый с Уральской системой глубинных разломов, отделяющей древний кратон (западный геоблок) от эпигерцинской Западно-Сибирской платформы (восточный геоблок). Подобная диссимметрия - характерная черта многих кольцевых структур разного генезиса и ранга. Если абстрагироваться от различий состава, возраста и гипсометрической позиции конформных геологических комплексов, то обращает на себя внимание определенное морфологическое и структурное подобие Русско-Западно-Сибирской СЦТ Тихоокеанской мегаструктуре и лунным океанам. Все они представляют собой своеобразные плоские чаши с фундаментом, чехлом и горным обрамлением (кордильерами) по периферии, где и были наиболее активно проявлены процессы конструктивного тектогенеза. Подобная конвергенция признаков не случайна, отражая общие центробежные или центростремительные тенденции развития очаговых систем разной природы и ранга.

Сложное строение выделяемой планетарной системы СЦТ отражает наличие конвективных систем различных типов, глубин заложения и времени функционирования. Секущее положение внешних концентров Индо-Тихоокеанской мегаструктуры в восточном полушарии показывает, что в настоящее время здесь функционирует наложенная, относительно свободная конвективная система, лишь частично связанная с особенностями размещения крупных блоков литосферы (субпараллельность Восточно-Тихоокеанского хребта и западного горного обрамления Южно-Американского геоблока). В то же время в западном полушарии срединно-океанические рифтовые системы повторяют очертания материков, что говорит о вынужденной конвекции. Потоки энерго-массопереноса выходят на поверхность из-под материковых плит, образуя с ними единые конвективные ячейки. Распад Индо-Атлантической СЦТ на две (Африканскую и Южно-Американскую) кратоно-рифто-орогенные системы и, соответственно, конвективные ячейки также отражает принципиальные отличия конвективных

процессов западного полушария. Специфика проявления свободной и вынужденной глобальной конвекции в разных районах земного шара подтверждает известные представления об асимметрии нашей планеты и существовании первично океанического (Панталасса) и континентального полушарий (труды Ю.М Пущаровского, А. А. Моссаковского, С. В. Руженцева и др.). Аналогичная асимметрия отмечается и для Венеры, Марса, Луны, отражая, возможно, первичную аккреционную неоднородность и последующие общие закономерности формирования и развития планетных тел.

Переход от планетарных построений к региональным показывает, что следующие по рангу эндогенные СЦТ представлены конструктивными и деструктивными очаговыми образованиями кратонов и молодых платформ, с одной стороны, и мобильных поясов, зон и областей тектономагматической активизации, с другой (см. тб. 1.).

СЦТ конструктивной направленности тектогенеза

Иерархический ряд СЦТ, формирующихся при доминировании процессов утолщения земной коры и литосферы в целом состоит из нескольких основных классов образований (Тб 2). К структурам планетарного ранга в пределах континентов относятся: кратоно-орогенные постройки (Китайская, Северо-Американская, Австралийская и др.); крупные щиты и срединные массивы, которые также как древние кратоны наращиваются за счет облекающих их складчатых сооружений; древнейшие ядра роста континентальной коры - нуклеары древних платформ, щитов. В качестве региональных систем очаговых образований орогенных областей и зон тектоно-магматической активизации рассматриваются сводово-блоковые поднятия, метаморфогенные, плутоно-метаморфогенные (гранито-гнейсовые, гнейсово-гранитные) овалы, купола. Всеми характеристиками СЦТ этого ранга обладают относительно небольшие срединные массивы, описываемые как ядра палеозойско-раннемезозойской консолидации и гранитизации. Ряды локальных кольцевых структур платформ, орогенных систем и областей тектоно-магматической активизации включают широкий спектр образований: тектоногенные (диапировые и складчатые), тектоно-вулканогенные, плутоногенные, плутоно-метаморфогенные и метаморфогенные (гнейсовые, мигматитовые, гранито-гнейсовые и др.) купольные и депрессионно-кольцевые формы и другие. Сюда же необходимо включить все многообразие эксплозивных, эффузивных и экструзивных структур областей и районов современного и древнего вулканизма при перекомпенсированном накоплении магматического материала соответствующего состава (см. тб 1.).

СЦТ редко представляют собой автономные образования. Обычно они формируют изометричные или линейные системы, сопряженные с глубинными или коровыми магмоконтролирующими разломами. По своему рангу такие пояса или цепочки магматических

Таблица 2

Принципиальная схема таксономического ряда морфоструктур центрального типа северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса

Порядок	Протяженность линейных систем МЦТ, радиусы (км)	Тип и класс тектоно-магматических образований		Примеры
		МТЦ	Линейные системы МТЦ	
1	2	3	4	5
1	6500-8500	Тихоокеанская пла-		

2	18000	нетарная кольцевая структура	Цепи крато-орогенных сооружений Тихоокеанского подвижного пояса	Катазиатский тектоно-магматический пояс
3	2000-4000	Крато-орогенные кольцевые системы		Австралийская, малайская, Китайская и др.
4	-4500		Цепи мегасводов в пределах крато-орогенных сооружений	Восточно-Азиатская
5	1000-1500	Мегасводы континентальных окраин Востока Азии		Алданский, Амурский, Корейский и др. [Соловьев, 1982; Кулаков, 1986]
6	2500		Региональные тектоно-магматические пояса	Охотско-Чукотский, Сихотэ-Алиньский др.
7	100-200	Сводово-блоковые поднятия		Баджало-Буреинское Пильдо Лимурийское и др. (Приамурье)
8	Первые сотни километров		Вулканические, вулканоплутонические зоны	Курско-Комсомольская, Селитканская и др. (Приамурье)
9	30-100	Тектоно-магматические, вулканоплутонические поднятия		Усть-Амурское, Джэпинское и др. (Приамурье)
10	Десятки километров		Линейные группы (ряды) вулканотектонических, вулканоплутонических, плутонических очаговых структур	Линейные группы вулканоструктур Нижнеамурской, Тырмониманской и др. зон
11	10-30	Вулкано-тектонические, вулканоплутонические, очаговые структуры (купола депрессии, кальдеры)		Маркрамская, Хилкинская и другие очаговые морфоструктуры Нижнего Приамурья
12	Первые десятки километров		Цепочки мелких очаговых структур в пределах магмоконтролирующих зон разломов	Искинская, Акширская (Нижнее Приамурье)
13	Меньше 10 км	Мелкие вулканические, субвулканические и плутонические очаговые системы, кратеры, соммы и другие		
14	Первые километры		Цепочки вулканических жерловин,	

		лавовых куполов, эксплозивных стру- ктур в зоне магмо- контро-лирующих разломов при тре- щинных излияниях
15	От 1 км до десятков метров	Отдельные мелкие лавовые, шлаковые конусы, экструзивы, жерла, флюидно-эк- сплозивные струк- туры и др.

очагов или центров эндогенной активности и соответствующих им инъективных дислокаций занимают промежуточное положение по ранговой иерархии между близкими по порядку очаговыми системами. Взаимопереходы изометричных (кольцевых) и линейных систем СЦТ представляет основную черту предлагаемой унифицированной иерархической классификации этих образований (см. тб. 2).

Одним из примеров иерархичного строения СЦТ планетарного ранга может служить Китайское кратоно-орогенное сооружение, в пределах которого широко развиты как изометричные, так и линейные системы тектоно-магматогенных и магматогенных форм разного возраста и классов размерности. Ядро рассматриваемой тектонической постройки составляет Китайская платформа с Корейским щитом в центре, который сопоставим с внутренним концентром кольцевой морфоструктуры, выделяемой ранее [12], и характеризуется широким распространением архейских гранитоидов, пород кристаллического фундамента платформы. Внешние границы и концентры Китайской кратоно-орогенной мегаструктуры выражены дугами многочисленных горных цепей и хребтов Монголо-Охотской (на севере) и Гималайско-Индокитайской (на юге) орогенных систем. В восточном ее сегменте отмечается существенная переработка структурного плана в связи с процессами деструкции и базификации континентальной коры в кайнозой. Однако ориентировка и пространственная организация структурных элементов океанического дна и зоны перехода (глубоководные котловины, желоба Рюкю, Японский и др.) отражают влияние каркасной системы разломов этой гигантской окраинно-материковой постройки.

В пределах континента дуговые и концентрические элементы ядра и внешних окраин мега-СЦТ отчетливо проявлены на «Геологической карте докембрия континентов» 1975 г., различных тектонических, геоморфологических и геофизических картах мелкого масштаба. Наличие в центре рассматриваемой мега-структуры глубоко эродированных массивов архейских гранитоидов и выступов кристаллического фундамента Китайской платформы (Ляодунский, Южно-Корейский, Шаньдунский, Хуаянский) свидетельствует о длительном воздымании и глубоком денудационном срезе ее ядерных частей. Начальный этап эволюции Китайской мегаструктуры соответствует образованию древнего центра гранитизации и консолидации с заложением гранито-гнейсового овала докембрийского возраста. В рифее с севера и северо-востока произошло наращивание Корейского нуклеара за счет примыкания зоны байкальской складчатости. Структурно-формационные комплексы каледонид оконтуривают Корейский нуклеар с запада и юго-запада. Также расходятся на север и юг, образуя концентрическую систему, складчатые области герцинид. Они имеют широкое развитие и формируют внутренний концентр Китайской мега-СЦТ. Диаметрально противоположные в этой системе области мезозойской складчатости занимают северо-восточный и северо-западный сектора. Целостным дуговым элементом восточных и юго-восточных окраин мега-структуры служит зона кайнозойской складчатости и тектоно-магматической активности, включающая Сахалин, Японский архипелаг, Тайвань. Обобщенный латеральный ряд тектонических элементов от ядра к периферии включает: выступы щита, байкалиды, герциниды, мезозоиды, области кайнозойской складчатости. Радиально-концентрическое размещение разновозрастных складчатых зон, наличие нескольких

крупных этапов тектоно-магматической активизации в пределах Китайской платформы и ее обрамления позволяют идентифицировать одноименную мега-СЦТ как длительно развивающееся ядро роста континентальной коры, совмещающее в себе элементы унаследованного конструктивного и деструктивного (юго-восточный сегмент) развития. Существует достаточно оснований для отнесения к кратоно-орогенному типу Малайской СЦТ (см. рис 3.). Фрагменты докембрийского кратона выявлены в пределах Индокитайского и Малаккского полуостровов и на острове Калимантан. На дне Южно-Китайского моря по геофизическим данным (исследования Р.Г. Кулинича, А. А. Заболотникова и др.) выделяются многочисленные реликтовые блоки с корой континентального типа. Для Малайской и Австралийской СЦТ внешние кольцевые орогенные пояса выражены подводными поднятиями и горными сооружениями островов (Зондские, Новая Гвинея и др.). Устанавливается аналогия Китайской структуры с Канадской, Бразильской и Австралийской кратоно-орогенными системами, что заставляет вернуться к воззрениям В.И. Попова [31] о существовании длительно живущих ядер консолидации и роста континентальной коры. С этих позиций крупнейшие орогенные сооружения востока Азии представляют собой структуры обрамления древней области консолидации, жесткого кристаллического массива Китайской платформы, отводя место крупным горизонтальным подвижкам и сжатиям, главным образом, в пределах межъядерных зон.

Главными составными элементами Китайской СЦТ являются Амурская, Корейская и Восточно-Китайская [12, 14, 17] мегаструктуры радиус, которых варьирует от 1000 до 1200 км. (см. рис. 3). Они образуют меридиональный ряд (следующую по рангу систему относительно Китайской СЦТ) проекций древних и глубинных энергогенерирующих центров, испытавших неоднократную активизацию в фанеразое. Северный элемент этого ряда - Амурская мегаструктура в свою очередь состоит из линейных систем очаговых морфоструктур меньших размеров, являющихся образованиями регионального ранга [4].

Специфической чертой морфоструктурного строения Юга Дальнего Востока России и Северного Китая является наличие 4 субпараллельных цепей горных поднятий (Больше-Хинганская, Корейско-Охотская, Сихотэ-Алинская и Сахалинская), разделенных межгорными впадинами и опирающихся в своем развитии на мощные системы глубинных долгоживущих разломов. Именно этим объясняется линейность, протяженность и общая геометрия этих орогенных сооружений. Помимо крупных мажоритарных разломов основными энергонесущими элементами орогенов являются очаговые структуры различного ранга (сводовые, тектоно-магматические поднятия, интрузивные купола и др.), представляющие своеобразные проекции магматических центров различных уровней глубинности. В частности, по результатам исследований в каждой из внутриконтинентальных горных систем выделяется пять крупных сводов. В Сихоте-Алинском окраинно-континентальном хребте, где консолидация из-за деструктивных процессов в позднем кайнозое не завершилась, несколько большее число сводовых и тектоно-магматических поднятий (работы Н. П. Романовского, Э. Л. Рейнлиба, И. К. Волчанской, В. В. Середина, автора и др.). Ряд слабо эродированных сводовых морфоструктур кайнозойского возраста выделяется и в пределах Сахалина.

Большинство горных хребтов Тихого океана, зон перехода и окраин прилегающих континентов представляют собой магматические пояса, различающиеся лишь возрастом, составом магматических продуктов и предысторией. Анализ размещения геометрических центров магматогенных сводов в пределах Больше-Хинганского, Корейско-Охотского и других континентальных орогенов показывает наличие между ними выдержанного интервала, который представляет собой элемент трансляционной симметрии систем. Сходные закономерности линейно-узлового строения отмечаются для вулканических поясов Камчатки, островодужных и океанических хребтов, что позволяет рассматривать очаговые структуры и зоны мажоритарных разломов как универсальные элементы инфраструктуры различных (по возрасту, рангу и тектонической позиции) горных сооружений Тихого океана и одноименного подвижного пояса. Структурная гомология многих орогенных конструкций предполагает гомологию динамическую, т. е. формирование и развитие по одному или близкому сценарию. Вероятнее всего здесь реализуется интрузивный и протрузивный механизмы эволюции мажоритарных разломов, в ходе которой осуществляется совместный рост инъективных и глубинных дизъюнктивных дислокаций, происходит преобразование и объединение отдельных

магматических очагов и узлов в зоны и далее в магматические пояса. При этом, несмотря на все многообразие вариаций состава магм, геодинамических ситуаций и свойств геологической среды возникают принципиально сходные конструкции, т. е. наблюдаются некоторые общие закономерности структурирования геологического пространства. В частности, на океаническом дне, также как и на суше, выделяются изометричные сводовые, тектоно-магматические поднятия (Галапагоское, Туамоту, Чилийское и др.) и многочисленные цепи вулканических и вулканоплутонических СЦТ более низких порядков, составляющие основу подводных горных сооружений.

В отличие от океанических горных систем в строении Больше-Хинганской и Корейско-Охотской горных систем принимает участие широкий спектр гранитоидов, образовавшихся в различные хронологические периоды: ранний протерозой, рифей, поздний палеозой, ранний мезозой, ранний мел. В пределах Сихотэ-Алинского сооружения гранитоиды формировались в раннем протерозое, позднем палеозое, раннем, позднем мелу, раннем палеогене, на Сахалине - в позднем мелу и палеогене, что отражает последовательно-параллельное перемещение фронта гранитизации с запада на восток. В целом, для континентальных сводов характерно присутствие блоков метаморфитов складчатого фундамента, высокие концентрации гранитоидов разного возраста, увеличенные мощности земной коры, что позволяет рассматривать их как длительно, хотя и дискретно, развивающиеся ядра гранитизации и аккумуляции корового материала. Многочисленные геофизические данные свидетельствуют о том, что центральным осям горных сооружений региона соответствуют, как правило, крупные отрицательные гравитационные аномалии, обычно интерпретируемые как зоны разуплотнения нижних частей земной коры и верхней мантии [23, 24], реже связываемые с прогибом подошвы земной коры [19]. Для орогенных СЦТ территории характерны относительно повышенные мощности земной коры от 42 и более на западе до 28 на востоке. В зависимости от степени зрелости и консолидированности земной коры диаметры сводово-блоковых структур варьируют от 800 км в пределах Большого Хингана до 150 км и менее в северной части Сихотэ-Алиня и Сахалине, что отражает общую эволюционную направленность орогенных процессов с запада на восток. Ядра некоторых внутриконтинентальных сводов ассоциируются с жесткими блоками ранней консолидации земной коры (Буреинский, Ханкайский массивы и др.), которые наращивались в ходе более поздних процессов горообразования и тектоно-магматической активизации. Мощная земная кора требует больших затрат энергии потоков тепло-массопереноса и предполагают длительность разогрева и, соответственно, большой размах процессов палингенной гранитизации. В зависимости от этого меняется количество и размеры сателлитных тектоно-магматических поднятий и интрузивно - купольных образований, которые создают сложную полиячеистую инфраструктуру очаговых систем. Расшифровка их внутреннего строения позволяет получать информацию о длительности и интенсивности эндогенного потока тепло-массопереноса недр, наличии нескольких уровней генерации магм, локализации промежуточных очагов и др. [4].

Субпараллельно горным сооружениям Приамурья располагаются системы грабенов и депрессий, которые замыкаются на востоке цепочкой котловин окраинных морей. Все эти структуры представляют часть общего ансамбля элементов Восточно-Азиатской и Западно-Тихоокеанской зон деструкции и растяжения, выделяемых многими авторами (работы Е. Е. Милановского, В.Г. Варнавского, Ю.Ф. Малышева и др.). Сопряженность развития рифтогенных и тафрогенно-депрессивных структур внутри-, межгорных, окраинно-материковых впадин (с доминирующим режимом погружения, базальтоидным профилем магматизма) и горных сооружений, отвечающих поясам гранитизации и метаморфизма, оценивается как главная черта тектонического развития Востока Азии. Как свидетельствуют многочисленные геологические материалы и публикации (работы А. М. Смирнова, С.А. Салуна, Г. М. Власова, И. Н. Томсона, В.В. Середина, В. Г. Сахно, В.П. Уткина и др.), формированию фанерозойских орогенных систем региона предшествовали стадии растяжения, раскола, грабенообразования и деструкции континентальной коры древней Китайской платформы. Активизация крупных глубинных разломов предопределила проникновение в нижние части земной коры мантийного материала и образование линейных систем мантийных диапиров и плюмов. Последующие инверсии тектонического режима и складчато-коллизийные процессы обусловили дислоцированность,

уплотнение пород вулканогенно-осадочного слоя и закрытие каналов для поступления глубинного материала и энергии на поверхность. В этом случае большая часть энергии недр расходовалась на разогрев коры, метаморфизм вулканогенно-осадочных комплексов и палингенную гранитизацию. Происхождение так называемых коллизионных гранитов региона связано не с энергией, выделяемой при сжатии слаболиитофицированных, зачастую водонасыщенных толщ, а с начальными этапами разогрева недр под действием мантийных диапиров предшествующих рифтогенных этапов развития мобильных зон территории. Таким образом, наличие рифтогенного этапа утонения коры и формирования линейных систем мантийных диапиров и плюмов является необходимой предпосылкой последующего формирования поясов гранитизации (и метаморфизма пород вулканогенно-осадочного слоя) и, соответственно, возникновения орогенных систем. Наличие в пределах древних сводов региона грабенов с морскими отложениями силурийского, девонского, каменноугольного и юрского возрастов, а среди позднемеловых поднятий Сихотэ-Алиня кайнозойских депрессий, выполненных рыхлым материалом и базальтоидами, говорит о постоянном противостоянии и периодической смене во времени тенденций конструктивного и деструктивного развития территории. При этом отмечается общая инерционность развития структурных элементов и морфоструктурного плана в целом. Новые деструктивные процессы, как правило, начинаются в межгорных впадинах и депрессиях, которые часто являются реликтовыми образованиями предшествующих этапов деструктивного тектогенеза и представляют зоны и области с относительно утоненной корой. Орогенные структуры гранитизации и аккумуляции корового материала, наоборот, более консервативны и устойчивы во времени. Чередование разнонаправленных процессов тектогенеза и общая цикличность тектонических процессов региона подчеркивается поляризацией состава магматических продуктов в фанеразое, когда направленность эволюции магматизма каждого последующего этапа противоположна предыдущему (работы Г.Е. Усанова, В. И. Сухова и др.). Сопоставимость величин продолжительности деструктивного (юрский-60 млн. лет, кайнозойский-50млн. лет) и конструктивного (поздний палеозой-ранний мезозой-60 млн. лет., поздний мезозой-ранний кайнозой -60 млн. лет) этапов развития территории, а также объемов пород кислого и основного эффузивного магматизма проявляется на фоне резкого преобладания при орогенезе формирований интрузивных формаций гранитоидного ряда.

Детальное описание различных региональных и локальных систем СЦТ содержится в многочисленных публикациях [28, 1, 14, 17, 27, 11]. В качестве одной из типовых структур Приамурья можно рассматривать Пильдо-Лимурийский свод [3, 4]] радиусом 140-150 км, обладающий следующими характерными особенностями строения: наличие внешней концентрической системы межгорных впадин (Амгуньская, Удыльско-Кизинская, Эворон-Чукчагирская и др.) и горных хребтов в центральной части, повышенной мощности земной коры в ядре структуры, диаметрального структурного шва, высокой плотности интрузивных образований диорит-гранодиоритовой, гранодиоритовой, гранитовой и лейкогранитовой формаций позднемелового возраста в центре и эффузивных образований среднего и кислого состава позднего мела - олигоцена на периферии, минерагенической асимметрии восточного и западного крыльев, общей ядерно-сателлитной инфраструктуры. Очаговыми морфоструктурами более низкого порядка выступают многочисленные интрузивные, вулканоплутонические купола, страто - и щитовые вулканы, вулканотектонические депрессии и другие магматогенные формы позднемелового и раннекайнозойского возраста.

В зависимости от размеров, генезиса и возраста структуры, связанные конструктивными процессами тектогенеза, отличаются своим набором геолого-геоморфологических и геофизических признаков и характеристик, однако основные особенности их морфологии и внутреннего строения принципиально сходны, что позволило автору сформулировать положение о гомологии и гомологических рядах очаговых систем. По материалам ранее проведенных исследований, предложена унифицированная классификация инфраструктур эндогенных СЦТ, основанная на использовании данных о пространственной организации и структурно-геометрических характеристиках их главных элементов [4]. Выделяются: моно- (поли)ядерный бессателлитный, ядерно-сателлитный и сателлитный типы, центрально-, периферийно

фокусированные и не фокусированные подтипы. Все разновидности инфраструктур подразделяются на симметричные, диссимметричные и асимметричные. При формализованном описании используются также данные о числе концентров, количестве спутников. Для написания формул симметричных инфраструктур используются оси симметрии, порядок которых соотносится с количеством спутниковых энергетических центров, а число - с количеством концентров. При неупорядоченном расположении спутников применяется система координат, данные о величине радиусов, секторальном угле и эксцентриситете. При подготовке банков данных целесообразно выделять и анализировать плутогенные, различные вулканогенные (эксплозивные, эффузивные и др.), вулcano-тектонические и другие генетически близкие гомологические ряды СЦТ. Помимо этого, необходимо использовать информацию о конвергентных формах и гомологии очаговых систем различных генетических типов с изучением общих закономерностей формирования инъективных дислокаций, закономерностей взаимодействия и суперпозиции симметрий среды и структуробразующих потоков.

Среди возможных механизмов формирования СЦТ конструктивного типа, связанных с процессами инъективного тектогенеза и адвекции (апвеллинга) корового и более глубинного материала следует отметить:

- 1) изостатические перемещения вязких слаботекучих и относительно мало подвижных масс горных пород, имеющих дефицит плотности;
- 2) подъем магматической колонны и магмогенерирующего очага в зоне повышенной проницаемости земной коры при аномально высоком тепловом потоке, сопровождающийся комплексом эффузивных, экструзивных и эксплозивных дислокаций;
- 3) явления глубинного диапиризма с образованием ярусной системы коровых инъективных дислокаций и очагов палингенового магмообразования;
- 4) интрузивные внедрения с последующим протрузивным движением гранитоидных массивов;
- 5) образование магматических очагов и центров длительной эндогенной активности в областях разуплотнения нижних частей земной коры и верхней мантии;
- 6) магматическая и гравитационная дифференциация расплавов с адвекцией относительно более легких выплавов, обогащенных летучими соединениями, кремнием и алюминием с образованием промежуточных и приповерхностных очагов;
- 7) возникновение очагов палингенового гранитообразования при процессах регионального или зонального метаморфизма;
- 8) образование сдвигово-вращательных вихревых дислокаций в буферной зоне на стыке дифференцированнодвигающихся блоков при поднятии интрузивных массивов по спирали;
- 9) деятельность высокотемпературных газовых и флюидных струй и потоков, вызывающих образование флюидно-эксплозивные и газово-эксплозивные структур разного уровня глубинности и масштаба, а также обуславливающих процессы разуплотнения и плавления в нижней, верхней мантии и земной коре.

Широкому проявлению процессов конструктивного тектогенеза, помимо аномально высоких значений теплового и флюидного потоков, способствует наличие мощных толщ осадочно-вулканогенных пород и блоков жесткой консолидированной коры. Слабая проницаемость литосферы препятствует быстрой диссипации глубинной энергии и способствуют длительному разогреву верхней мантии и земной коры. Полученные данные и материалы предшествующих работ (труды Э. Н. Лишневого, П. М. Сычева, Г. И. Худякова, и др.) свидетельствуют о том, что аномальные тепловые и флюидные потоки недр и сопутствующие явления магматизма, метаморфизма и, соответственно, глубинного очагового тектогенеза представляют главные причины горообразования на многих этапах развития Тихоокеанского подвижного пояса. Тектонический режим создает лишь общие условия и предпосылки, определяя возможности явлений термического тектогенеза на начальном этапе. В последующем, по мере образования и роста магматических центров в верхней мантии и земной коре, системы инъективных дислокаций приобретают все большее влияние на геологическое развитие конкретных районов.

Литература

1. Буш В. А. Кольцевые структуры Южной и Восточной Азии. Изв. Вузов. Сер. Геол. и разв. 1983. № 8. С. 28-35.
2. Васильев Б. И. Основы региональной геологии Тихого океана. Владивосток. 1992. Ч-1. 175 с. Ч-2. 242 с.
3. Гаврилов А.А Морфоструктуры Нижнего Приамурья и их металлогения, В кн. Морфоструктура и палеогеография Дальнего Востока. Влад. 1979, с.51-66.
4. Гаврилов А. А. Проблемы морфоструктурно-металлогенического анализа. Владивосток. Дальнаука. 1993. Ч-1. 2. 321 с.
6. Глуховский М.З., Моралев В. М. Гранитоиды раннего архея и тектонические условия формирования протоконтинентальной коры. Докл. РАН 1996. Т.351. номер 6. С. 790-794
7. Ежов Б. В., Худяков Г.И. Морфотектоника геодинамических систем центрального типа. Владивосток. 1984. 127 с.
8. Ежов Б. В. Морфоструктуры центрального типа Азии. М. Наука.1986. 133 с.
9. Каттерфельд Г.Н. Лик Земли. 1962.
10. Кац Я. Г, Макарова Н. В. Основы сравнительной геологии планет. М. МГУ. 101 с.
11. Кольцевые структуры континентов Земли. Брюханов В. Н., Буш В.А., Глуховский М. З. и др. М. Недра 1987. 185 с.
12. Кулаков А. П. Морфоструктура Востока Азии. М. Наука. 1986. 175 с.
13. Меланхолина Е.Н., Руженцев С.В., Моссаковский А.А., Пушаровский Ю.М. Фанеразойская история Земли: проблема связи в развитии поверхностной и глубинной структуры. Бюл. МОИП,отд.геол. 2001. Т. 76. вып. 1, с. 3-11.
14. Металлогения скрытых линеаментов и концентрических структур. М. Недра. 1984. 272 с.
15. Милановский Е. Е., Никишин А. М. Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс. Бюл. МОИП. 1988. Отд.геол. Т. 63, вып.4. С. 3-15.
16. Моссаковский А.А., Пушаровский Ю.М., Руженцев С.В. Крупнейшая структурная асимметрия Земли. Геотектоника. 1998, № 5 с. 3-18
17. Морфоструктурные исследования- теория и практика. М Наука.1985. 212 с.
18. Павловский Е. В., Глуховский М. З. Проблема термотектогенеза. Геотектоника № 6. 1982. с.38-52.
19. Петрищевский А. М. Статистические гравитационные модели литосферы Дальнего Востока. Владивосток. ДВГУ. 1988. 168 с.
20. Полетаев А.И. Кольцевые структуры Земли (по сейсмическим данным). Изв вузов. Геология и разведка. 1983.№ 8 С. 158-161
21. Попов В. И. Ядерная теория развития земной коры. Изд-во Ташкент. ун-та. 1960 170 с.
22. Попова З.Г. Кольцевые и линейные морфоструктуры Казахской складчатой страны. 1966. 265 с.
23. Романовский Н. П. Тихоокеанский сегмент Земли: глубинное строение, гранитоидные рудно-магматические системы. Хабаровск. 1999. 166 с.
24. Романовский Н. П., Рейнлиб Э. Л. О мантийной природе зон разуплотнения в литосфере притихоокеанских орогенных сооружений. Тих. геология 1984 № 2. С. 87-90.
25. Развальяев А. В. Континентальный рифтогенез и его предыстория. М. Недра. 1988. 191 с.
26. Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой. Фаворская М. А. и др. М. Недра. 1969. 264 с.
27. Середин В.В. Сводово-глыбовые структуры Тихоокеанского орогенного пояса. М. Недра. 1987. 181 с.
28. Соловьев В.В.Карта морфоструктур центрального типа территории СССР. Объяснит. зап. Л. ВСЕГЕИ. 1982. 44 с.
29. Хаин В.Е.,Божко Н.А. Историческая геотектоника. Докембрий.М. Недра. 1988. 382 с.
30. Bardet M. L' ensemble des fosses de l'est Africain faitil partie d' une tres vaste structure circulaire/ Abstracts of fourth symposium on African geology Shefeld, 1967

31. Pavoni N. A global geotectonic reference system inferred from Cenozoic tectonics/ Geol. Rundsh. 1981. V. 70. N 1. P. 189-206.