

СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА ТЕРРИТОРИИ СССР

ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА



Дорогому члену Нарече

и письменину

Документы в багаже
посыпал

30.05.80.

Абрам



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)

РУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА
ТЕРРИТОРИИ СССР

ДАННЫМ ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

5375~
*Объяснительная записка
к Карте морфоструктур центрального типа
территории СССР
масштаба 1 : 10 000 000*

Составитель
В. В. СОЛОВЬЕВ

ЛЕНИНГРАД, 1978



Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. Объяснительная записка к Карте морфоструктур центрального типа территории СССР масштаба 1 : 10 000 000. Соловьев В. В. Л., 1978, 111 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед. геол. ин-т.)

Выявляемые на космических и высотных снимках элементы и отдельные формы (купольные, кольцевые и др.) структур центрального типа нередко не учитываются при наземном геологическом изучении. В то же время значение этих объектов для понимания процессов геотектогенеза и решения прикладных задач очевидно, так как многие из них связаны с глубинными неоднородностями Земли и являются рудоконтролирующими.

Впервые составленная для всей территории СССР карта морфоструктур центрального типа дала возможность отработать методику дешифрирования и картирования центральных форм и выяснить общие закономерности их пространственно-временного развития. В настоящей работе, поясняющей эту карту, значительное внимание уделяется геолого-морфологическому анализу, объединяющему комплекс дистанционных методов, нацеленных на изучение геологии и глубинного строения литосферы. Рассматриваются разнопорядковые структуры центрального типа от локальных до глобальных (геоконы и астеноконы), отмечается их связь с геологическими телами и геофизическими аномалиями, дается классификация по различным признакам, излагаются критерии прогнозирования полезных ископаемых, и приводятся соответствующие примеры.

Работа рассчитана на широкий круг геологов и геофизиков.

Ил. 25. Табл. 1. Список литературы — 89 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост информации, характерный для различных научных дисциплин, в последние десятилетия захватил и геологию. Громадный фактический материал, накопленный по различным геологическим направлениям, потребовал обобщения, систематизации, а иногда и переосмысливания данных на современном уровне знаний. Четко определилась практическая нацеленность теоретических разработок в общей геологии, стратиграфии, тектонике, геологическом картировании, металлогении, геофизике, геохимии и других геологических разделах. Наряду с совершенствованием традиционных методов исследования разрабатываются новые методические комплексы.

Характерной чертой современного этапа развития геологических знаний является широкое использование дистанционных методов — экономически высокоеффективных приемов исследования, обеспечивающих быстрое решение поставленных задач при помощи дешифрирования топографических, аэрофото- и космических материалов. Последующее картирование выделенных объектов и их всесторонний геологический анализ служат мерилом достоверности проведенного дешифрирования.

В процессе такого рода работ наряду с привычными геологическими телами все чаще начинают привлекать внимание геологов изометрические образования, обычно пропускаемые при наземных наблюдениях. Эти объекты разными исследователями именуются по-разному: круговыми, кольцевыми, ареальными, купольными, концентрическими и структурами центрального типа. Последнее наименование наиболее полно отражает существование данных таксонов. Оно удобно и в том отношении, что давно вошло в практику применительно к некоторым из категорий центральных структурных форм, таким, как вулканические постройки центрального типа, магматические комплексы центрального типа и др.

Интерес к образованиям центрального типа вызван не только (и не столько) их правильной радиально-концентрической геометрией, но и явной рудоконтролирующей ролью. Повышенная концентрация рудного вещества в пределах интрузивных, вулканических и субвулканических форм давно

уже учитывается при поисковых работах. В последнее время очевидной стала рудоносность и других представителей этих структур.

Вместе с тем многие вопросы, касающиеся локализации рудного вещества, происхождения, механизма образования и закономерностей пространственно-временного развития центральных структур, остаются недостаточно выясненными. Актуальность перечисленных вопросов бесспорна, но очевидна также и трудность решения их на базе традиционных приемов исследования.

Предпринятый во ВСЕГЕИ поиск рационального методического комплекса, нацеленного на выявление структур центрального типа, убеждает, что в наибольшей мере решению поставленных вопросов способствует применение геолого-морфологического анализа. Под геолого-морфологическим анализом понимается комплекс преимущественно дистанционных методов исследования, направленный на установление характерных особенностей геологии, тектоники и глубинного строения Земли при помощи дешифрирования разнообразных (как эндо-, так и экзогенных) неоднородностей поверхности земной коры. В качестве одного из теоретических положений при этом принимается утверждение, что ныне наблюдаемые неоднородности на поверхности земной коры являются производными не только неотектонического, но и всех предшествующих этапов развития литосферы [61]. Разработанные на данной основе приемы исследования обеспечили выявление центральных структурных форм практически любого времени заложения, что в свою очередь позволило оценить роль и значение этих геолого-тектонических категорий на уровне общего, планетарного геотектогенеза.

Учитывая, что графический способ анализа информативно наиболее емок и точен, в качестве основного пути исследования было избрано картирование структур центрально-го типа, проводившееся на протяжении более 15 лет по различным регионам Советского Союза. Картировочные полигоны выбирались с таким расчетом, чтобы можно было выяснить особенности развития центральных структур в различных геотектонических обстановках: в молодых и древних складчатых зонах, на платформах и щитах, на срединных массивах и наложенных вулканических поясах. Картирование велось в разных масштабах: от самых крупных до обзорных. Поскольку основными объектами, непосредственно наблюдаемыми на дневной поверхности, являются морфоструктуры (внешнее выражение соответствующих структур в зоне раздела литосферы с атмогидросферой), именно они и были избраны в качестве главной картировочной категории. На карте структуры центрального типа подразделены на ряд крупных морфологических групп. В дальнейшем, при накоплении большего объема фактических материалов,

эти структурные формы могут быть охарактеризованы генетически или по другим параметрам.

Составленная нами совместно с В. М. Рыжковой Карта морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000 [23] — первый опыт такого рода работ, не имеющий прецедента ни за рубежом, ни в отечественной картографической практике. По этой причине разработка легенды и принципов картирования морфоструктур центрального типа явилась одной из важных составных частей работы.

Проведенное картографирование структурных форм центрального типа, в том числе мелкомасштабное для части зарубежных территорий, сопровождавшееся обобщением и систематизацией различных данных, позволило существенно по-новому оценить значение центральных структур для разных сторон геологической жизни планеты. Кроме низкопорядковых структур выделены и закартированы ранее неизвестные очень крупные мегаструктуры, имеющие мантийное заложение. Предварительное исследование этих планетарных таксонов наводит на мысль об их возможной контролирующей роли в определении пространственной позиции и режима таких крупнейших геотектонических подразделений, как геосинклинали, платформы, вулканические пояса и т. п.

Стремлением получить возможно более полную характеристику мегаструктур было вызвано составление дополнительных мелкомасштабных схем и Схематической карты трансформированных магнитных полей метаструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000.

Отмеченные особенности проведенной работы сделали необходимым существенно расширить рамки объяснительной записки. С целью более полного и быстрого внедрения геолого-морфологического анализа структур центрального типа в геологическую практику около половины объема работы посвящено методическим вопросам.

В первой главе рассматривается современное состояние проблемы структурных форм центрального типа, вводятся необходимые понятия, определения, поясняется терминология.

Следующая глава посвящена особенностям строения центральных структурных форм и их классификации. Этому вопросу уделяется значительное внимание, так как неразработанность систематических подразделений центральных структурных форм существенно задерживает их дальнейшее изучение.

В третьей главе дается методология геолого-морфологического анализа структур центрального типа. Здесь раскрывается сущность понятия «информационная емкость рельефа», анализируется характер выраженности структур центрального типа на земной поверхности и подробно излагаются конкретные методы их выявления. При этом делается акцент на необходимости установления степени достоверности выделенных

объектов. Особое внимание уделяется принципам построения легенд и картированию морфоструктур центрального типа.

В четвертой главе проводится региональный обзор структур центрального типа по наиболее крупным подразделениям — мегаформам мантийного заложения. Устанавливается упорядоченность распределения мощности земной коры и аномальных магнитных полей по отношению к этим глобальным таксонам. Отдельно приводится генетическая интерпретация более низкопорядковых морфоструктур, осложняющих мегаструктуры.

Некоторые закономерности пространственно-временного развития структур центрального типа, установленные в процессе геолого-морфологического анализа, составляют основное содержание шестой главы работы, которой предпослан раздел о разрешающих возможностях карты морфоструктур центрального типа для погнозной оценки территории СССР на полезные ископаемые. Выделяется ряд узловых районов, перспективных (по структурным признакам) для локализации рудного вещества. Благодаря изциальному плану работы этот раздел не может рассматриваться как основной, но он совершенно необходим, поскольку ориентирует читателя на потенциальные возможности использования геолого-морфологического анализа и карты морфоструктур центрального типа для сугубо прикладных задач — поиска месторождений полезных ископаемых.

Настоящая работа — результат многолетних исследований автора, завершенных благодаря разносторонней помощи, благожелательной критике и советам большого коллектива геологов ВСЕГЕИ, которым автор выражает самую искреннюю признательность. Совместно с В. М. Рыжковой были созданы рассматриваемые карты и схемы, проведена разработка соответствующих легенд. Ею же в основном выполнены графические приложения. Постоянное внимание и конструктивные предложения Р. И. Соколова в немалой мере способствовали совершенствованию принципов картирования структурных форм центрального типа. Весьма важными для выработки ряда теоретических положений и их практической реализации были неоднократные обсуждения различных разделов работы с Г. С. Ганешиным, А. И. Жамайдой, Г. П. Клейманом, И. Г. Павловой, В. К. Путинцевым, Д. В. Рундквистом, Ю. Ф. Чемековым. Существенную помощь в оформлении работы оказала С. З. Мамина.

ГЛАВА I

Состояние проблемы, понятия, определения, терминология

Традиционными геологическими методами, как уже отмечалось во введении, структуры центрального типа выявляются как единичные, реже групповые объекты на ограниченных площадях. Исключение составляют молодые вулканогены и отдельные территории с оптимальным денудационным срезом (такие, как Казахстан, многие щиты, реже срединные массивы). По этой причине центральные структурные формы до последнего времени относились к категории довольно редко встречающихся образований.

Значительно расширились перспективы обнаружения структур центрального типа после детальных работ Э. Уиссера [76] в Северо-Американских Кордильерах. Он показал непосредственную связь многих рудоносных центральных структур с неотектоническими купольными формами, установив таким образом реальную возможность по хорошо выраженным в рельфе купольным и кольцевым морфоструктурам расшифровывать позицию геологических структур центрального типа. Соответственно структурно-геоморфологические построения приобрели функцию одного из геологопоисковых критериев. Среди отечественных исследователей, впервые обративших внимание на неотектонические морфоструктуры центрального типа, следует указать на Г. З. Попову [50]. Ею были выделены разнорядковые кольцевые и линейные морфоструктуры для обширной площади Казахской складчатой страны. Одновременно и несколько позднее аналогичный поиск центральных структурных форм начал проводиться рядом сотрудников ВСЕГЕИ, ИГЕМа, НПО «Аэрогеология» и других организаций.

Комплекс структурно-геоморфологических приемов исследования, позволяющих выделять по неотектоническим блокам новейшие и мезозойско-кайнозойские (унаследованные) морфоструктуры центрального типа, был использован сотрудниками ИГЕМа, работающими по металлогенической тематике, развиваемой И. Н. Томсоном и М. А. Фаворской [6].

Разработка анализа морфоструктур центрального типа во ВСЕГЕИ осуществлялась в связи с решением задач геологической съемки и прогнозирования полезных ископаемых. При этом была поставлена задача выявления и диагностики не только новейших и унаследованно развивающихся (кайнотипных) структурных форм, но и палеотипных таксонов древнего заложения. Исследования велись в процессе разномасштабного картирования в комплексе с другими видами геологического анализа [60, 61, 63, 64, 67, 70].

Дешифрирование высотных и космических снимков, систематически проводящееся в самое последнее время в НПО «Аэрогеология», обеспечило поступление разнообразной информации о кольцевых разломах и отдельных элементах центральных структур. Благодаря широкому внедрению в практику территориальных геологических управлений и других подразделений Министерства геологии СССР дистанционных методов исследования в поле зрения геологов, даже не проводящих специальных работ, все чаще попадают изометрические морфоструктурные образования, обычно пропускающиеся при наземной съемке. Интерпретация таких объектов обычно неоднозначна или сугубо предположительна, особенно если они не подчеркнуты конформными им геологическими телами. В то же время несомненная приуроченность рудопроявлений к подобным морфоструктурам требует более тщательного изучения их природы и рудоконтролирующей роли, выработки надежных приемов обнаружения.

Нельзя не отметить и тот факт, что по мере увеличения числа специалистов, занимающихся в той или иной мере изучением структур центрального типа, возрастают расхождения в суждениях о происхождении и возрасте структурных таксонов, усиливается терминологическая неопределенность. Достаточно сказать, что нередко одни и те же структурные формы разными авторами именуются и круговыми, и кольцевыми, и ареальными, и купольными, что, конечно, затрудняет исследование.

Все это настоятельно требует определенной систематизации и упорядочения представлений о структурных формах центрального типа. Особенно необходимо проведение такой работы в отношении подразделений, выделяемых по сумме неоднородностей строения поверхности земной коры, так как именно морфоструктурные данные приобретают ведущее значение при поиске и диагностике рассматриваемых структур.

Прежде чем перейти к вопросам методики и классификационного подразделения центральных объектов, представляется целесообразным остановиться на общих понятиях, таких, как «морфоструктура», «структурно-геоморфологический анализ», «геолого-морфологический анализ». Эти понятия, впрочем как и многие другие, не закрепленные в геологии соответствующими положениями и кодексами, в работах разных исследователей имеют свои оттенки, а иногда приобретают и разное значение. Кроме того, возможна естественная трансформация (уточнение) содержания того или иного термина по мере накопления новых данных и фактических материалов.

Весьма показателен в этом отношении термин «морфоструктура». Предложенное более тридцати лет тому назад И. П. Герасимовым [10] определение морфоструктуры как структуры рельефа, представленной крупными, эндогенно-обусловлен-

ными формами, сыграло решающую роль в становлении отечественного структурно-геоморфологического анализа. Соответственно первоначальному определению структурно-геоморфологические исследования преследовали цель выявления структурных черт и категорий рельефа, а структурная геоморфология развивалась как ветвь географо-геоморфологического направления. С ростом популярности термина «морфоструктура» и по мере развития учения о морфоструктурах менялась и смысловая нагрузка, вкладываемая разными исследователями в это понятие. Так, со временем таксономический признак морфоструктур (крупные формы рельефа) перестал быть определяющим. Неоднозначно стала интерпретироваться и эндогенная предопределенность морфоструктур: одними они воспринимаются как неотектонические структуры, другими — как проявление и активных, и пассивных тектонических структур в рельефе, третьими — как категории рельефа, созданные и тектоническими движениями, и магматическими процессами, и т. п. Не ставя перед собой задачи проследить эволюцию понятия, что сделано в работах многих авторов (С. К. Горелова, Ю. А. Мещерякова, Н. И. Николаева, Н. А. Флоренсова, Г. И. Худякова, Ю. Ф. Чемекова и др.), отметим, что этот термин потерял свою определенность и к настоящему времени, по справедливому замечанию Н. И. Николаева [41], стал термином свободного пользования. Действительно, все исследователи единодушны только в одном — понятие «морфоструктура» отражает взаимосвязь рельефа и геологической структуры, индивидуальные же трактовки его оговариваются особо. Бессспорно, такое положение нельзя признать удовлетворительным. Однако отсутствие в достаточной мере удачных новых терминов, которые отразили бы трансформированное понятие или независимые трактовки его, вынуждает мириться со сложившейся ситуацией. Авторам по этой причине приходится оговаривать свое понимание термина. И это вполне понятно, так как содержание, вкладываемое в термин «морфоструктура», определяет (и отражает) существо исследования. Поскольку структурная геоморфология в основном развивается в сфере Министерства геологии СССР на базе решения практических задач, далеко не теоретическое значение приобретает целевая направленность этой дисциплины.

Усиление прикладных тенденций при проведении структурно-геоморфологических работ выражает прежде всего необходимость развития автономного направления исследований, максимально удовлетворяющего запросы геологической практики. Попытки «легализации» такого нового направления отражаются в стремлении закрепить его в независимых наименованиях: «геоморфотектоника» [32], «тектоорогения» [4], «аналитическая геоморфология» [31] и др. Каждое из этих наименований отражает ту или иную степень «геологизации» структурной

геоморфологии, оставляя, впрочем, рельеф в качестве конечной цели анализа.

В последние годы, в связи с широким распространением дистанционных методов, все чаще употребляется термин «геолого-морфологический анализ», под которым понимается совокупность разнообразных приемов получения и обработки геологической информации по данным дешифрирования рельефа и других неоднородностей поверхности земной коры. Такого рода исследования в наибольшей мере направлены на непосредственную геологическую и тектоническую интерпретацию дешифрируемых объектов. Впитав в себя геологические начала структурной геоморфологии, геолого-морфологический анализ отличается от нее как по цели изучения (поиск геоструктурных категорий, а не выявление структуры рельефа), так и в отношении разрешающего геохронологического диапазона (не только в рамках «неотектонического» и «геоморфологического» этапов, но и в интервале всех эпох геотектогенеза). Благодаря использованию данных о различных (эндо- и экзогенных) неоднородностях поверхности земной коры, трассирующих геологические и тектонические тела, геолого-морфологические исследования приносят самостоятельную (и часто новую) информацию о геологическом строении территорий. При этом принципиально важным является отказ от все еще широко распространенного суждения о ныне наблюдаемом рельефе как о продукте только неотектонического этапа геотектогенеза [66]. Вместо него принимается положение о том, что рельеф (в широком смысле слова) является производным всех предшествовавших этапов развития литосферы, сведения о которых сохраняются в разнородных геоморфологических линеаментах (линейных элементах рельефа и ландшафта). Соответственно отмеченным особенностям геолого-морфологического направления должно быть уточнено и понятие «морфоструктура».

В общем виде «морфоструктура» может рассматриваться как прямое или опосредованное выражение геологической структуры любого таксономического ранга в закономерном сочетании элементов рельефа и безградиентных линеаментов. В рамках геолого-морфологического анализа понятия «морфоструктура» и «структура» не противопоставляются, поскольку раскрывают единую геологическую структурную систему. Иными словами, морфоструктура есть не что иное, как геологическая структура, испытывающая воздействие процессов экзоморфогенеза в зоне взаимодействия (раздела) верхних оболочек Земли: литосферы и атмогидросферы. Конкретное выражение морфоструктуры может осуществляться в сочетании элементов рельефа как эндогенно-предопределенных, так и экзогенных, конечно если пространственное распространение последних прямо или косвенно контролируется геоструктурными факторами.

Нужно подчеркнуть, что существование различных направлений в исследовании неоднородностей поверхности Земли вполне оправдано, так как они преследуют разные цели. Излагаемый ниже материал нацелен на расшифровку геологических структур центрального типа, поэтому естественно рассмотрение его с позиций геолого-морфологического анализа.

Специфика основного объекта исследований определяет необходимость пояснения используемых терминов.

Морфоструктуры центрального типа — комплекс закономерно (радиально-концентрически) сочетающихся элементов рельефа и других линеаментов, являющихся внешним выражением структурных форм центрального типа (тектонических, магматических, метаморфических и др.).

По характеру отражения на земной поверхности они могут подразделяться на экспонированные и криптоморфные (связанные с погребенными или не выведенными на поверхность структурами).

Экспонированные морфоструктуры выражены геоморфологически в отдельных формах или сочетаниях форм рельефа.

Криптоморфные морфоструктуры не находят четкого выражения в рельефе, трассируясь преимущественно по безградиентным линеаментам.

По времени заложения (а когда этот параметр неизвестен — по времени активизации) структурные формы делятся на *кайнотипные* — кайнозойского заложения или унаследованно развивающиеся от мезозоя и *пaleотипные* — древнего (до-мезозойского) заложения.

При рассмотрении структурных форм центрального типа и их строения употребляется ряд специальных терминов:

Составляющие структур (морфоструктур) центрального типа — разломы, системы трещин и другие нарушения сплошности, ограничивающие структуры и их основные части.

Концентрические составляющие (концентры) — системы кольцевых, дуговых или эллипсовидных нарушений сплошности, имеющих разные радиусы, но единый центр.

Радиальные составляющие — система радиально расходящихся от центра структуры прямолинейных нарушений сплошности, обычно пересекающих концентрические составляющие.

Каркасные элементы (каркас) — совокупность представительных радиальных и концентрических составляющих, ограничивающих структуру и ее части.

Структурные узлы — точки пересечения радиальных и концентрических составляющих.

Внутренняя зона (область) — площадь центральной части структуры, ограниченная представительным концентром наименьшего радиуса.

Внешняя зона — площадь периферической части структуры, ограниченная представительными концентрами наибольших радиусов.

Средняя зона — площадь структуры между ее внешней и внутренней зонами.

Секториальный блок — часть структуры, заключенная между двумя радиальными составляющими.

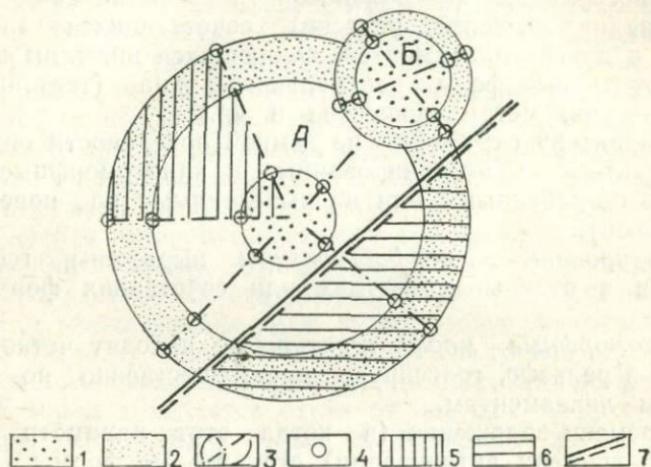


Рис. 1. Основные элементы структур (морфоструктур) центрального типа.

Структуры центрального типа: А — материнская, Б — дочерняя. 1 — зона внутренних кольцевых блоков; 2 — зона внешних кольцевых блоков; 3 — каркасные элементы (радиальные и концентрические); 4 — каркасные узлы; 5 — секториальный блок; 6 — сегментный блок; 7 — зона секущих нарушений.

Секущее нарушение — разлом, пересекающий центральную структуру, но генетически не связанный с ее каркасными элементами.

Сегментный блок — часть структуры, ограниченная концентрической составляющей и секущим нарушением.

Кольцевые блоки — части структур, ограниченные представительными концентрами.

Под *латеральными размерами* структур понимаются их диаметры в проекции на поверхность земной коры. Соответственно этому показателю различаются *разнопорядковые структуры центрального типа* (мелкие — низкопорядковые, крупные — высокопорядковые). Весьма крупные структуры (с поперечником, измеряемым многими сотнями и тысячами километров) относятся к разряду мегаструктур центрального типа.

Генерирующий (энергогенерирующий) центр, или очаг, — глубинный центр разрядки внутренних геодинамических напря-

жений, ответственный за возникновение структуры центрального типа и ее каркасных элементов.

Интерференция — наложение структур центрального типа друг на друга.

Материнская структура — достаточно крупная структура, осложненная в процессе своего развития более мелкими (и обычно более молодыми) центральными структурами.

Дочерняя структура — структура, осложняющая более крупную (материнскую) структуру.

Безградиентные (безамплитудные) линеаменты — линеаменты, не нарушающие геоморфологическую однородность поверхности.

Криптоструктура — структура, слагающие которую геологические тела погребены или не выведены на дневную поверхность.

Основные из вышеперечисленных элементов структур (морфоструктур) центрального типа показаны на принципиальной схеме (рис. 1).

ГЛАВА II

Особенности строения структурных форм центрального типа и их классификация при геолого-морфологическом анализе

Геометрия структур центрального типа

Геометрия структур центрального типа в наибольшей мере раскрывает особенности строения рассматриваемых объектов и подчеркивает единство их энергетического начала, определяющегося разрядкой напряжений из глубинных энергогенерирующих центров [60].

Для всех структур центрального типа, как уже отмечалось, весьма характерны округлые очертания в плане и радиально-концентрическое размещение каркасных элементов. Такая правильная геометрия совокупности структурных элементов четко индивидуализирует рассматриваемые объекты и резко отличает их от прямолинейных структур.

Особенности геометрии центральных структур проявляются как на плоскости поверхности внешнего ограничения земной коры (на дневной поверхности), так и в их глубинном разрезе. Подчиняясь общим законам симметрии, реализующимся в поле земного тяготения, центральные структуры в проекции на двухмерную плоскость обладают симметрией круга, а в разрезе (в объеме) — симметрией конуса. Такого рода симметрия является не частным случаем, а наиболее широко распространенной формой, обусловленной самой сущностью строения

планеты. В связи с этим следует сослаться на И. И. Шафрановского, глубоко изучившего законы симметрии применительно к различным природным телам. Он подчеркивает, что «... поле земного тяготения в какой-либо точке на земной поверхности характеризуется симметрией конуса. При этом все природные тела, в том числе горы (особенно вулканического происхождения) и впадины, развивающиеся по вертикали, имеют симметрию, отвечающую одной из подгрупп симметрии конуса» [83, с. 160].

Отмеченные особенности геометрии (и симметрии) структур центрального типа служат связующим звеном, объединяющим генетически и морфологически разнообразные и разнопорядковые структурные формы.

В реально наблюдаемой геологической обстановке отмеченные структурные элементы могут проявляться по-разному и в разной мере представительности. Радиально-концентрические системы каркасных элементов структур могут быть хорошо выражены, а могут иметь и завуалированную форму, могут быть отражены или в равной мере представительными составляющими (радиальной и концентрической), или только одной из них. Конкретная реализация геометрии структур центрального типа в геологических телах и тектонических элементах также может быть весьма многообразной. В общем случае каркасные элементы структур представлены уходящими вглубь системами радиальных и концентрических разломов и трещин.

Суммируя результаты исследования такого рода объектов по данным как отечественных, так и зарубежных геологов, можно выделить несколько наиболее распространенных случаев геолого-тектонической выраженности центральных структур.

Весьма четко элементы центральной симметрии (как по концентрически-зональному расположению фаций, так и по рисунку дизъюнктивов) проявлены в вулканических аппаратах и субвулканических телах. Центральные вулканические структуры кайнозойского и позднемезозойского возраста хорошо подчеркиваются и формами рельефа.

Прекрасно выражена концентрическая зональность в сложных магматических комплексах центрального типа. Особенно хорошо прослеживается она в пределах многофазных щелочных массивов.

Четкой центральной симметрией обладают трубки взрыва. К многим из них в пределах древних платформ приурочены кимберлитовые тела.

Обычно на поверхности земной коры устанавливаются только отдельные элементы центральных структур, представленные разными геологическими телами. Таковы, например, кольцевые дайки, рои радиальных даек (отходящих от одного центра), отдельные фрагменты структур с признаками кон-

центрической зональности магматических фаций, кольцевые и дуговые цепочки малых интрузий.

В полной мере мотив центральной симметрии находит выражение в древних гранито-гнейсовых и гнейсовых куполах и овалах, а также в концентрической зональности фаций метаморфизма некоторых фанерозойских структурных форм.

В последнее время стало очевидным и упорядоченное (по отношению к отдельным центрам) распределение метасоматитов и гидротермально-измененных пород.

Проявление центральной симметрии может иметь место и в амагматичных геологических ассоциациях, выражаясь в концентрическом размещении слоев разновозрастных и разнофацальных осадочных толщ.

Часто элементы центральных структур вообще не отражаются в картируемых геологических толщах, улавливаясь лишь в дискордантных по отношению к ним тектонических элементах — радиально-концентрических системах разломов. В этом случае центральные структуры выступают только как тектонические формы. Нередко помимо дизъюнктивного обрамления они подчеркнуты и складчатыми зонами.

Характер наблюдаемой геологической выраженности структур центрального типа несколько меняется для таксонов разных порядка и разных возрастных генераций. Простейшие случаи конформности отдельных геологических тел и соответствующих им структурных форм характерны в основном для низкопорядковых таксонов. Более высокопорядковые структуры обладают обычно хорошо проявленной сложной концентрической зональностью слагающих фаций и четко выраженной каркасной системой нарушений. Для весьма крупных таксонов показательна чрезвычайно сложная картина распределения магматических, осадочных и метаморфических толщ, проявления дизъюнктивных и пликативных деформаций, которые, тем не менее, в своей совокупности обнаруживают вполне определенную упорядоченность по отношению к материнской мегаструктуре центрального типа.

Исторический фактор также имеет немаловажное значение в определении характера выраженности геологических тел, отражающих элементы центральных структур. Для экспонированных структур степень представительности соответствующих геологических и тектонических элементов, как правило, уменьшается по мере увеличения возраста (времени заложения) самих центральных структур. Эта закономерность справедлива для объектов, не испытавших значительного унаследованного обновления (активизации) в процессе их развития.

Таким образом, геологическая выраженность центральных структур определяется целым рядом историко-эволюционных и вещественных факторов. Характерные черты этих структур проявляются в гетерогенных геологических и тектонических

элементах, которые в зависимости от степени вскрытия структурных форм в плоскости современной денудационной поверхности предстают перед наблюдателем как части и фрагменты, реже (в областях оптимального денудационного среза и в молодых вулканических зонах) как элементы целого геологического объекта центрального типа.

При проведении геолого-морфологического анализа исследователь обычно не обладает вышеперечисленной суммой геологических и тектонических признаков, помогающих установить и генетически диагностировать объекты центрального типа, так как непосредственно наблюдаемые элементы структур (тел) встречаются крайне редко. В его распоряжении, как правило, имеются лишь отрывочные сведения о фрагментах тех или иных геологических образований и тектонических элементов, которые могут принадлежать структурам центрального типа. Основной акцент при их поиске в такой ситуации, естественно, падает на данные, содержащиеся в тех или иных категориях рельефа и геоморфологических линеаментах. Поэтому крайне важное значение приобретает выяснение типологических характеристик морфоструктур.

В этом случае, так же как и при геологической диагностике, ведущим является признак центральной симметрии. Но поиск элементов этой симметрии осуществляется не непосредственно по геологическим телам, а по различным формам рельефа и геоморфологическим линеаментам. Опознанные по этим показателям морфоструктуры центрального типа служат основой для дальнейшей геологической интерпретации выделенных объектов. Как уже отмечалось, по характеру отражения на земной поверхности морфоструктуры подразделяются на *экспонированные* — четко вычитывающиеся по геоморфологическим признакам и на *криптоморфные* — скрытые, геоморфологически слабо различимые, дешифрирующиеся в основном по системам линеаментов.

Для целей генетической интерпретации и решения прикладных задач важна информация об обнаженности, т. е. степени вскрытия в поверхностях ограничения морфоструктур геологических и тектонических тел, ответственных за их возникновение. Важнейшим признаком структурно-генетического единства геолого-тектонических образований и соответствующей морфоструктуры является их конформность. Под конформностью в данном случае понимается согласное расположение плана каркасных элементов морфоструктуры с планом геологических (тектонических) элементов. Наиболее уверенно эти соотношения устанавливаются для тех морфоструктур, в поверхностях ограничения (гранях) которых полностью или частично вскрываются продуцирующие их геологические тела. Такого рода морфоструктуры могут быть названы *супралитоморфоструктурами* (от латинского *supra* — вверху, сверху и *li-*

tos — камень). Категории морфоструктур, обусловленных не выведенными на дневную поверхность геологическими комплексами, могут быть определены как инфраплитоморфоструктуры (*infra* — под, внизу), так как они отвечают «просвечивающим» центральным структурам нижних ярусов. Отмеченные подразделения морфоструктур показаны на схеме (рис. 2).

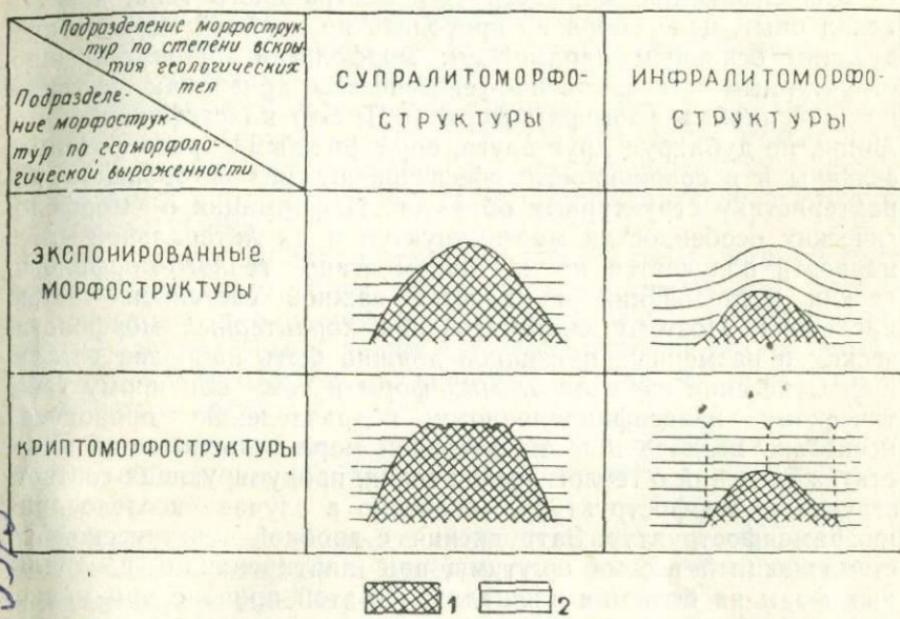


Рис. 2. Подразделения морфоструктур по степени вскрытия геологических тел и геоморфологической выраженности.

1 — геологическое тело, продуцирующее морфоструктуру; 2 — вмещающие толщи.

Соотношение профиля морфоструктур с формой продуцирующих их геологических и тектонических тел (прямое или инверсионное), а также соответствие направленности тектонического режима геологической структуры и новейшего морфогенеза (унаследованное развитие, реликтовое состояние) представляют исключительный интерес при структурно-геоморфологических исследованиях, а в сфере геолого-морфологического анализа относятся к дополнительным показателям. По этим параметрам Ю. Ф. Чемеков [81] различает ортоморфоструктуры — активно или унаследованно развивающиеся и параморфоструктуры — пассивные, главным образом литоморфные категории рельефа.

Вполне очевидно, что для углубленного геолого-морфологического анализа структур центрального типа вышеупомянутых соотношений, переданных в общей форме, явно недостаточно. Необходима более детальная классификация рассматриваемых

объектов по их главным признакам. Она должна способствовать также упорядочению терминологии и номенклатуры, применяемых при характеристике морфоструктур центрального типа.

Классификация морфоструктур центрального типа

Классификацию морфоструктур центрального типа, как показал опыт, целесообразно проводить по крайней мере по следующим основным параметрам: морфологии, происхождению, структурным и вещественно-генетическим признакам, а также по латеральным размерам форм [62]. Эти классификационные линии, не дублируя друг друга, определенным образом взаимосвязаны и в совокупности обеспечивают разностороннюю характеристику структурных объектов. Информация о морфологических особенностях морфоструктур и их латеральной размерности получается на начальном этапе геолого-морфологических исследований и является важной составной частью последних. Поэтому систематизация характерных морфологических и размерных признаков должна быть наиболее детальной. Отнесение же центральных форм к тому или иному генетическому классификационному подразделению проводится несколько позднее и в значительной мере условно из-за недостатка сведений о геологических телах, продуцирующих соответствующую морфоструктуру, особенно в случае исследования инфраморфоструктур. Затруднения с дробной генетической систематизацией весьма ощущимы при картировании центральных форм на больших площадях. По этой причине при мелкомасштабном картировании, в том числе и при составлении Карты морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000, не генетические, а морфологические признаки используются в качестве основных характеристик выделенных объектов.

Морфологическая классификация надежнее всего может быть построена по особенностям поперечного профиля структурных форм центрального типа. Исследование большого количества поперечных профилей, построенных для центральных морфоструктур, позволило выделить среди них три типологические группы, свойственные трем морфологическим категориям центральных форм. Подобно морфологическому подразделению тектонических структур, предусматривающему выделение положительных (антиклинальных, горстовых и др.) и отрицательных (синклинальных, грабеновых и др.) категорий, среди морфоструктур центрального типа различаются купольные и кольцевые формы. Помимо этих крайних членов целесообразно выделение и переходной между ними категории — купольно-кольцевых морфоструктур. Морфологические особенности объектов исследования с достаточной полнотой описываются их попереч-

ными профилями. По характеру профиля легко может быть определена морфологическая принадлежность основных групп структурных форм: положительных — купольных, отрицательных — кольцевых и смешанных — купольно-кольцевых (сочижающих в своем поперечном профиле элементы как первой, так и второй групп). Они в свою очередь подразделяются на ряд более дробных морфологических таксонов (рис. 3):

1. Купольные простые (элементарные), характеризующиеся слабым, обычно радиальным расчленением.

2. Купольные с контурным рвом подножья, обычно связанным с кольцевым разломом.

3. Купольные с дифференцированным центром. Усложнение привершинной (апикальной) части морфоструктур может происходить как за счет расчленения неоднородных по составу пород, так и в результате небольшого проседания центрального кольцевого блока.

4. Купольные с дифференцированной поверхностью. Расчленение морфоструктуры на сравнительно небольшую глубину происходит преимущественно по радиальным и концентрическим ослабленным зонам. Положительный (купольный) профиль и морфологическое единство всех частей морфоструктуры сохраняются.

5. Купольно-кольцевые формы с сильно поднятым центром. Кольцевой опущенный блок резко контрастирует с центральным поднятием.

6. Купольно-кольцевые со слабо поднятым центром. Морфологические различия и амплитудные показатели поднятых и опущенных частей морфоструктуры сглажены.

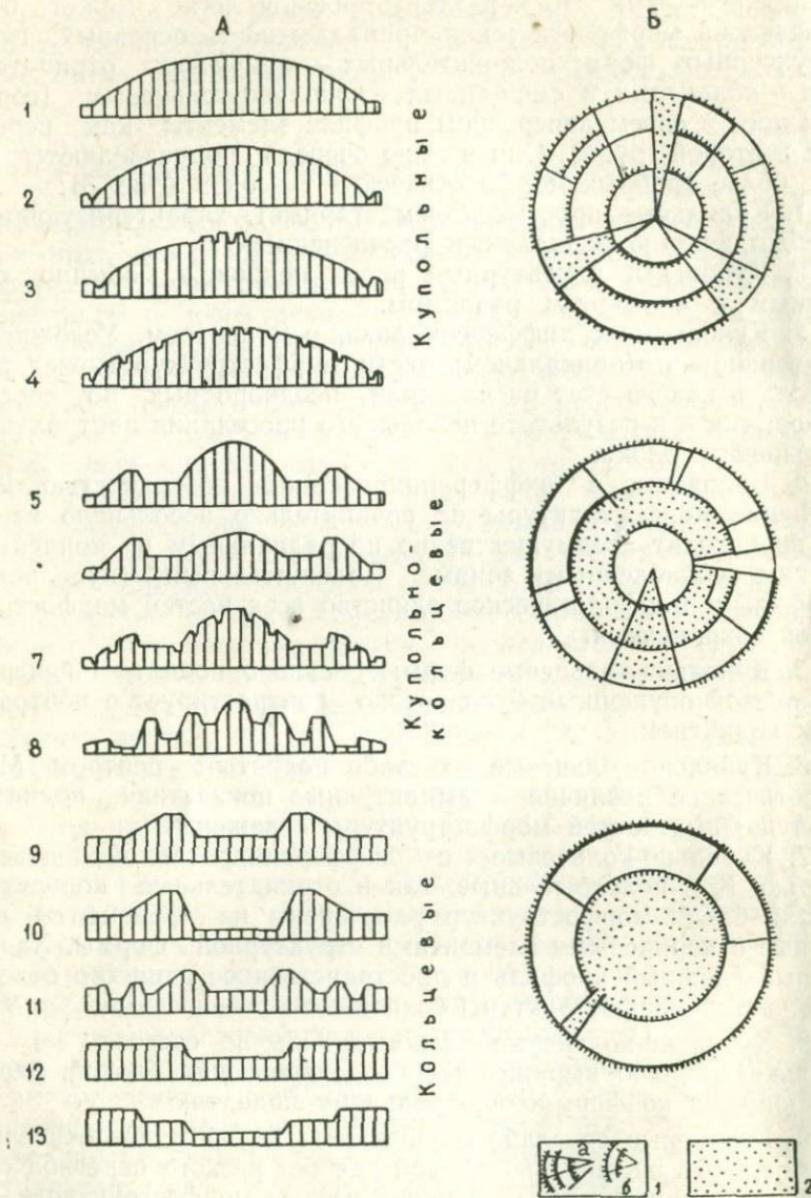
7. Купольно-кольцевые с дифференцированной поверхностью. Как положительные, так и отрицательные концентрические блоки морфоструктур расчленены на фрагменты, согласные с каркасными элементами структурной формы. Характерный сложный профиль и пространственное единство отдельных частей морфоструктуры сохраняются.

8. Купольно-кольцевые сложные. Обычно состоят из нескольких хорошо выраженных концентрических блоков, расположенных конформно центральному поднятию.

9. Кольцевые со слабо опущенным центром. Относительно приподнятый внешний кольцевой вал без резкого перегиба соединяется с внутренней, опущенной частью морфоструктуры.

10. Кольцевые с сильно опущенным центром. Границы морфоструктурных элементов достаточно четкие, высотная амплитуда (между центром и внешним кольцевым валом) значительна.

11. Кольцевые сложные. Состоят из нескольких концентрически расположенных кольцевых блоков. Относительно приподнятые и опущенные блоки чередуются. Центр морфоструктуры



занят обширным понижением, внешний концентрический подчеркнут поднятием.

12. Кольцевые провальные. Резко очерченные простые отрицательные структурные формы, характеризующиеся отсутствием внешнего кольцевого вала. Довольно крутые склоны, ограничивающие опущенный центр морфоструктуры, начинаются непосредственно от фоновой поверхности окружающей территории.

13. Кольцевые ступенчато-провальные. От предыдущей категории отличаются более сложным ступенчатым профилем, обычно обусловленным несколькими циклами оседания кольцевых блоков.

Классификация морфоструктур центрального типа по латеральным размерам (диаметрам) весьма существенна во многих отношениях, и прежде всего потому, что дает возможность выяснить упорядоченность в пространственном размещении соответствующих структур, а также оценить их ранг как объемных таксонов. Статистика наблюдений показывает наличие четкой дискретности в латеральной размерности морфоструктур центрального типа. По этому параметру выделяется семь групп, объединяющих формы с поперечниками, измеряющимися: 1) единицами километров, 2) многими единицами километров, 3) первыми десятками километров, 4) многими десятками километров, 5) первыми сотнями километров, 6) многими сотнями километров, 7) первыми тысячами километров [60]. Последние две группы структурных форм относятся к категории мегаморфоструктур. Теоретически мыслимо выделение еще более высокопорядковых таксонов глобального ранга, но на современном уровне знаний это представляется несколько преждевременным.

При крупномасштабном исследовании центральных морфоструктур удобно пользоваться информацией о конкретных латеральных размерах структурных форм или объединять их в вышеперечисленные группы. Для целей общего обзора и при анализе мелкомасштабных карт, охватывающих обширные территории и большое количество структурных форм, целесообразнее оперировать порядками латеральных размеров. К низкопорядковым морфоструктурам (структурям) центрального типа (миниморфоструктурам) относятся формы с диаметром от первых до многих единиц километров, к среднепорядковым (мезоморфоструктурам) — с диаметром от первых до многих десятков километров, к высокопорядковым (макроморфоструктурам) — с диаметром до первых сотен километров. Наиболее крупные формы относятся к мегаморфоструктурам, среди которых различаются два порядка — низкий, объединяющий мегаформы с диаметром многие сотни километров, и высокий, объединяющий центральные мегаморфоструктуры с диаметром до первых тысяч километров.

Классификация морфоструктур центрального типа по происхождению (на одном из наиболее общих уровней) может быть проведена по их связи с внутренними геосферами и основными слоями Земли. Различные морфоструктуры, особенно высокопорядковые, своими корнями уходят на большую глубину, обнаруживая зависимость от положения тех или иных глубинных неоднородностей земной коры и мантии. [47, 67, 74, 80, 81, 82]. Достаточно четко такая связь устанавливается для центральных структурных форм.

По данному признаку центральные структуры подразделяются на мантийные и коровые. Каждое из этих крупных подразделений содержит структурные таксоны более низких рангов, продуцирующиеся для коровых структур неоднородностями базальтового, гранитного и осадочного слоев, а для мантийных — слоями средней мантии, астеносферой и надастеносферными (подкоровыми) очагами. Возможно и еще более дробное расчленение структурных форм с учетом их связи с промежуточными разделами внутри отмеченных земных слоев.

Небезынтересно отметить, что рассмотренные подразделения хорошо коррелируются с дискретными группами морфоструктур центрального типа, выделенными по признаку латеральной размерности. Мегаструктуры соответствуют уровню средней мантии и астеносферы, макроструктуры — подкоровому (надастеносферному) слою, мезоструктурные формы — базальтовому слою, а наиболее низкопорядковые — гранитному и осадочному слоям.

Принадлежность продуцирующих структурные формы очагов к той или иной геосфере во многом определяет структурно-вещественные особенности различных групп рассматриваемых объектов. Систематизация центральных морфоструктур по вещественно-генетическим и структурным показателям, не дублируя вышеперечисленные подразделения, учитывающие глубину заложения продуцирующих очагов, раскрывает дополнительные причинно-следственные связи с ними.

Классификация морфоструктур по вещественно-генетическим и структурным признакам совпадает с соответствующими геолого-тектоническими подразделениями центральных структурных форм. Выяснение систематической принадлежности морфоструктур по этим признакам является одной из конечных целей геолого-морфологического анализа. Таксономически наиболее крупными подразделениями, как уже указывалось раньше, являются магматогенные, метаморфогенные, тектоногенные и родственные им категории центральных структурных форм. Каждое из них, в зависимости от степени разработанности геолого-тектонической систематики и от избранных классификационных признаков, может делиться еще на более дробно соподчиненные таксоны.

Магматогенные структурные формы центрального типа отражают весьма многочисленные и разнообразные проявления магматизма, реализованные в геологических телах с характерным центрально-симметричным взаиморасположением. Среди них различаются две основные группы: вулканических и интрузивных образований.

Вулканические структурные формы центрального типа могут быть сгруппированы в различные таксономически соподчиненные категории, согласно употребляющимся в вулканологии классификациям. Правда, общепринятых классификационных признаков для них пока нет, поэтому центральные вулканические формы по разным показателям могут быть подразделены на большое число таксонов. Так, например, по количеству и характеру извержений различаются вулканы гомогенные, двойные и полигенные, по морфолого-генетическим признакам — центральные, щитовые, конусовидные, куполовидные, по вещественным параметрам — лавовые, олиолитовые, насыпные, по взаиморасположению — линейно-гнездовые, главные и паразитические (побочные) и т. д. Достаточно ясно делятся и отрицательные вулканические формы (кратеры, жерловины, атрио, диатремы).

Вулканические процессы нередко сопряжены с интрузивными явлениями. Поэтому среди центральных структур (тел) закономерно выделяется также ассоциация вулкано-плутонических образований, экструзий, субвулканических тел, радиально-концентрических, конических и кольцевых даек. К этой категории можно отнести и сложные магматические комплексы центрального типа.

Интрузивные структурные формы центрального типа также подразделяются по некоторым параметрам. Среди них наиболее распространена классификация по форме интрузивных тел и их взаимоотношению с вмещающими породами.

Различаются бисмалиты, акмолиты, лакколиты, боссы, гарполиты, лополиты, купола интрузивные, пигмолиты и др. Применяется подразделение интрузивных тел и соответствующих им структур по размерам, по глубине застывания расплава, по составу пород и т. д.

Весьма разнообразны дайковые тела, которые нередко выступают в роли составных элементов центральных структурных форм. По отношению к вмещающим породам они могут быть секущими, согласно-секущими и согласными. Среди них особенно примечательны кольцевые дайки (жилы), чашеобразные силлы, конические слои.

Метаморфогенные структурные формы центрального типа исследованы во многом еще недостаточно, хотя очевидно, что их роль среди других рассматриваемых морфоструктур весьма значительна. К этой категории относятся формы, возникшие за счет разнообразных эндогенных измене-

ний горных пород. Наиболее представительна группа гнейсовых куполов, характеризующихся согласными с поверхностью ограничения структурой течения и зональностью фаций метаморфизма. Обычно отмечается увеличение степени метаморфизма от периферии морфоструктур к их центру. Среди низко-порядковых морфоструктур центрального типа нередко встречаются формы, связанные с контактовым метаморфизмом. К метаморфогенной же категории можно отнести и структурные формы, предопределенные метасоматическими преобразованиями пород.

Тектоногенные структурные формы центрального типа объединяют разнообразные тектонически построенные объекты с ясно выраженным признаками центральной симметрии. Для них характерно концентрическое и радиально-концентрическое распределение дислокаций. В соответствии с предложенным Ю. А. Косягиным подразделением дислокаций на дизъюнктивные, пликативные и инъективные [25], образованные (и предопределенные) ими морфоструктуры могут делиться на такие же категории.

Дизъюнктивные морфоструктуры центрального типа образованы блоками, разграниченными сеткой радиально-концентрических дизъюнктивных нарушений. Секториальные и концентрические блоки обычно испытывают разновысотное перемещение, но возможно существование и безамплитудных морфоструктур. *Пликативные морфоструктуры*, связанные с брахиформной складчатостью, встречаются значительно реже дизъюнктивных. *Инъективные морфоструктуры центрального типа* предопределены дислокациями, образующимися в процессе внедрения вещества одного геологического тела в пространство другого. К этой категории относятся и деформации диапиризма (магматического и амагматического).

Конечно, строгое разделение отмеченных тектонических категорий провести трудно, так как часто они проявляются совместно. Нередко имеет место и сопряженное развитие с процессами более высоких генетических категорий, обуславливающих появление центральных структурных форм сложного глубинного происхождения. Наиболее представительной среди них является тектоногенно-магматогенная и аркогенная категории.

Тектоногенно-магматогенные структурные формы предопределены в основном совместным проявлением тектоники и магматизма, хотя и другие эндогенные процессы, такие, например, как реоморфизм, метаморфические преобразования вещества и др., могут играть заметную роль.

Лучше других подразделений изучена к настоящему времени группа *вулкано-тектонических структурных форм*, к которой относятся вулкано-тектонические поднятия и депрессии, кальдеры, некоторые постройки центральных магматических комплексов и др. Иногда локальные морфоструктуры центрального

типа связаны со сложными процессами, среди которых ведущим является метаморфизм. Эти формы относятся к категории *предопределенных динамометаморфизмом и динамотермальным метаморфизмом*.

Отдельную группу составляют *реоморфические структурные формы*, к которым относятся гнейсовые складчатые овалы и окаймленные гнейсовые купола [56], находящие отражение на поверхности земной коры преимущественно в палеотипных центральных морфоструктурах.

Аркогенные структурные формы центрального типа объединяют крупные морфоструктуры, предопределенные процессами, происходящими в нижних горизонтах литосферы. Аркогенные подразделения и их элементы относятся к тому высокому таксономическому рангу, когда геолого-тектонические и морфоструктурные категории обозначаются одними терминами. К их числу относятся крупные изометрические своды и геоблоки.

Особую категорию составляют интрагеогенные структуры центрального типа, созданные процессами, происходящими в глубоких внутренних сферах геоида. Значительную роль при формировании интрагеогенных структур, видимо, играют процессы тепломассопереноса.* Генетически и таксономически эти объекты существенно отличаются от литосферных структур центрального типа. Связь с мантийными неоднородностями, подчеркнутая конформностью этих структур и геофизических аномалий [69], не исключает, что важная роль при становлении и развитии интрагеогенных структур принадлежит конвекционным потокам. Материалы об особенностях строения и пространственном размещении такого рода структур начали поступать только в последние годы [12, 47, 48, 60, 67, 68, 69, 89]. Многое еще остается проблематичным, но уже и сейчас ясно, что такие структуры относятся к высшим таксономическим рангам длительно развивающихся структур центрального типа и имеют чрезвычайно важное значение в общем процессе геотектогенеза.

Можно выделить две группы мегаструктур центрального типа—связанных с астеносферой и с зоной средней мантии. Учитывая значимость данных таксонов, целесообразно их индивидуализировать среди других более низкопорядковых структур центрального типа и по наименованию. Для обозначения центральных структур астеносферного заложения предлагается название «астеноконы», а для более глубинных — «геоконы». Корень наименований «кон» — от слова «конус» или «коноид», так как объемная фигура структур центрального типа приближается именно к конусу. Составными частями интрагеогенных структур являются островные дуги, континентальные рифтовые пояса и другие крупные геотектонические таксоны.

Рассмотренные классификационные линии являются первой попыткой разносторонней систематизации структур центрального типа с позиций геолого-морфологического анализа и, естественно, не лишены недочетов. В дальнейшем, по мере накопления фактического материала, классификация может быть дополнена геоисторическими параметрами. В настоящее время эти показатели использованы лишь для выделения двух крупных и неравнозначных по объему категорий: кайнотипных и палеотипных структурных форм. Первые объединяют структуры новейшие и развивающиеся унаследованно от мезозоя, а вторые — все таксоны более древнего заложения.

Тесно связана с геоисторическими подразделениями и классификация структур (морфоструктур) центрального типа по геотектоническим режимам, продукирующими их. По этому признаку могут выделяться центральные структурные формы геосинклинального, орогенного, платформенного режимов, а также режима тектономагматической активизации.

Наконец, по-видимому, при классификации структур центрального типа следует учитывать и структурные формы, возникающие в результате падения на Землю крупных метеоритов (астроблемы). Астроблемы конвергентны по ряду морфологических признаков с эндогенными объектами центрального типа. Некоторые исследователи (В. Л. Масайтис, Б. С. Зейлик) полагают, что столкновение с крупными метеоритами может привести к образованию в земной коре глубоких разломов и стимулировать таким образом геологические процессы, включая магматические проявления.

ГЛАВА III

Методика геолого-морфологического анализа структур центрального типа

Выбор методических средств геолого-морфологического анализа определялся основной задачей, сводящейся к выявлению и диагностике разновозрастных центральных структур по сумме природных неоднородностей, отражающихся на поверхности земной коры. В соответствии с этим была предпринята попытка рационального комплексирования ранее применявшимся приемов и предложены новые методы исследования. В качестве одного из главных положений принят тезис о том, что ныне наблюдаемый рельеф является производным не только неотектонического, но и всех предшествующих этапов геотектогенеза. Поскольку это положение имеет еще ограниченное распространение, необходимо показать его справедливость, рассмотрев геологическую информативность рельефа и других неоднородностей поверхности земной коры.

Информативная емкость рельефа

Представление об информативной емкости рельефа было сформулировано в связи с необходимостью определения реального объема геологических сведений, содержащихся в элементах рельефа и линеаментах [61]. Свойство рельефа прямо или косвенно отражать особенности геологического строения хорошо известно и принимается во внимание при выделении структурных, структурно-денудационных, литоморфных геоморфологических категорий, а также различных эндогенных и эндогенно-предопределенных форм.

Однако для целей геолого-морфологического анализа такого рода геоморфологические сведения хотя и необходимы, но недостаточны. Поскольку конечным объектом исследования является не рельеф, а геологические образования, в сферу анализа вовлекаются все природные элементы поверхности литосферы — и рельеф, и гидрография, и ландшафт, в той или иной мере отражающие геологическое строение. Рельеф при этом остается основным источником информации, но по объему и количественной стороне интерпретаций она существенно отличается от сведений, получаемых при собственно геоморфологических исследованиях. При проведении последних информативность ныне существующего рельефа еще нередко ограничивается рамками неотектонического этапа, что неизбежно приводит к недоиспользованию разрешающих возможностей рельефа в геологии.

Как показывает практика, диапазон сведений, содержащихся в рельефе, значительно шире и далеко выходит за пределы даже предложенного И. П. Герасимовым и Ю. А. Мещеряковым [11] мезозойско-кайнозойского «геоморфологического этапа». Это определяется в первую очередь самой сущностью рельефа как пограничного образования, развивающегося в зоне раздела различных оболочек земного шара — литосферы, с одной стороны, и атмосферы и гидросферы — с другой. В элементах рельефа достаточно прямо отражаются процессы, свойственные этим оболочкам, и в более опосредованном виде содержится информация о жизни глубинных сфер Земли. Взаимодействие и взаимообусловленность внутренних и внешних сил (включая космогенные факторы) регулируют сложный механизм морфогенеза. При этом следует подчеркнуть, что формирование рельефа Земли — процесс исторически весьма длительный (соизмеримый с коровым развитием планеты), отражающий общую тенденцию направленного развития вещества и структур [82]. Соответственно правомерным представляется утверждение о том, что ныне наблюдаемый рельеф в конечном счете является производным всех предшествовавших геологических этапов корового развития Земли. Конечно, это положение, изложенное в самом общем виде, ука-

зывает только на потенциальную геологическую информативность рельефа. Для геолого-морфологического анализа важно оценить, по каким именно направлениям и в каком историческом диапазоне можно ожидать получение геологических сведений при изучении ныне наблюдаемых неоднородностей на поверхности земной коры. Отмеченные показатели, собственно, и составляют основное содержание понятия «информационная емкость рельефа». Следует заметить, что подобные характеристики в той или иной мере используются в геоморфологических и морфоструктурных исследованиях, но обычно как «попутные». Для поставленной же задачи существенно уточнить их роль как основных параметров.

Геоморфологические данные в этом отношении весьма разносторонни: они содержат информацию и на уровне вещества, и на уровне тектонических структур, и на уровне исторического развития явлений.

Действительно, хорошо известно, что неоднородность вещественного состава субстрата отражается в литоморфных чертах рельефа. Благодаря селективной денудации рельеф, развивающийся на геологических телах разного состава, имеет (при прочих равных условиях) различный облик: на гранитах развиваются одни формы, на известняках — другие, на песчаниках — третьи и т. д. Определенным морфологическим своеобразием отличается рельеф, возникающий на метаморфических толщах, на контактово-измененных породах, в зонах метасоматоза и пр.

Далеко не безразличен рельеф и по отношению к тектоническим структурам. Основной, четко выраженный каркас современного рельефа предопределен неотектоническими и унаследованно развивающимися структурными формами. В более затушеванном виде проявляются древние тектонические структуры (как складчатые, так и разрывные). Нередко они определяют пространственное положение второстепенных элементов рельефа, густоту его расчленения и другие морфометрические особенности.

Характерные формы и типы рельефа, его закономерно сочетающиеся грани и другие элементы содержат информацию также в области динамической геологии в отношении как экзогенных явлений (выветривание, эрозия, абразия и др.), так и эндогенных (вулканализм, землетрясения и пр.).

Наконец, рельеф может выступать и в роли индикатора относительного возраста геологических формаций. Например, возраст аккумулятивного рельефа совпадает с возрастом слагающих его толщ. Возраст же денудационных элементов рельефа в ряде случаев служит показателем верхнего геохронологического предела денудируемых пород. Геоморфологические данные могут способствовать установлению относительного возраста и магматических образований, будучи использованы для

выявления разнофазовых интрузий и разновозрастных вулканических центров [70].

В районах молодого вулканизма (Камчатка, Закавказье) исследование рельефа часто служит основой при стратификации немых эфузивных толщ.

Благодаря успехам геофизики в последние годы стали очевидными устойчивые коррелятивные связи рельефа с глубинным строением Земли. Они устанавливаются не только для высших категорий (материков и океанов), но и для геоморфологических таксонов более низкого ранга, которым соответствуют геофизические разделы как между основными слоями Земли, так и внутри них. Эта особенность рельефа чрезвычайно важна, так как позволяет решать «обратные» задачи, дающие возможность по характерным геолого-морфологическим показателям поверхности литосферы судить о некоторых особенностях глубинного строения.

Помимо перечисленных общих связей рельефа устанавливаются и более частные соотношения с эндогенными процессами и разнообразными геологическими и тектоническими неоднородностями. Все это указывает на множественность информативных каналов рельефа и отражает определенное единство между глубинной структурой литосферы и поверхностью ее внешнего ограничения. Важно подчеркнуть, что в качестве индикаторов при расшифровке геотектонических категорий очень часто наряду с эндогенно-предопределенными и чисто эндогенными формами рельефа выступают и экзогенные подразделения [7, 59, 80].

Не менее разнообразную дополнительную информацию о геотектоническом строении можно получить и при исследовании негеоморфологических подразделений, таких, как рисунок гидросети, ландшафты и др. Замечательная способность водотоков нащупывать ослабленные зоны на поверхности земной коры, реагировать на ее различные деформации, на изменение вещественного состава и других особенностей горных пород помогает выявлять как явные, так и замаскированные черты геологического строения.

В такой же мере информативны и ландшафтные показатели, чутко реагирующие на смену состава, проницаемости, геохимических, температурных и других параметров субстрата.

Вторая сторона рассматриваемой проблемы сводится к вопросу о длительности сохранения (или отражения) в элементах поверхности литосферы сведений о тех или иных гетерохронных геологических объектах. Вполне очевидно, что этот вопрос не может быть сведен лишь к определению возрастных наблюдаемого рельефа.

Традиционный подход к геоморфологическим исследованиям лимитирует геохронологический диапазон анализа преимущественно неоген-четвертичным (неотектоническим) этапом.

Стремление вырваться из этих исторических рамок, явно сужающих реальную геохронологическую информативность рельефа, отражено в разработках многих авторов (А. С. Девдариани, Н. В. Думитрашко, Ю. А. Мещеряков, Ю. Ф. Чемеков, Г. И. Худяков и др.). В этой связи Г. С. Ганешиным, В. В. Соловьевым и Ю. Ф. Чемековым [8] было предложено рассматривать геохронологическую характеристику рельефа как сложную историческую категорию, состоящую из ряда показателей («длительность формирования», «длительность существования в реликтовом состоянии», разделяющие и ограничивающие их «критические временные рубежи»). Данный ретроспективный путь, учитывающий также и таксономическую ранжировку форм рельефа, позволяет установить, что многие высокопорядковые формы рельефа своими историческими корнями уходят в мезозой и даже палеозой. Осложняющие же их низкопорядковые формы относятся к достаточно эфемерным образованиям ограниченного хронологического диапазона, по которым нельзя судить о заложении крупных и длительно развивающихся подразделений. Представляется, что подобные дифференцированные геохронологические показатели могут быть использованы при анализе не только рельефа, но и других элементов природной среды.

При определении объема геохронологической информации, которая может быть получена при исследовании неднородностей поверхности литосферы, вышеуказанные геоморфологические показатели даже при отмеченном дифференцированном рассмотрении отражают только часть геисторических сведений. Они касаются лишь тех разновозрастных геологических генераций, которые сохранили достаточно полное выражение в ныне наблюдаемом рельефе. Это, как правило, образования кайнозойского и мезозойско-кайнозойского возраста: конформные рельефы интрузивные, вулканические аппараты, дисъюнктивные и складчатые структуры и т. п.

Подавляющее большинство более древних структурно-геологических объектов утратило (полностью или частично) непосредственную связь с современным рельефом. Однако это не означает, что они как историко-геотектонические категории не могут быть распознаны на поверхности земной коры. С позиций геолого-морфологического анализа любые геологические образования, обнажающиеся на поверхности земной коры, в том числе и не обнаруживающие прямого соотношения с рельефом (и даже дискордантные ему), могут быть весьма представительными в отношении зашифрованной в них геисторической информации. Правда, по степени выраженности в ныне наблюдаемом рельефе последняя категория резко отличается от предыдущей группы геологических объектов. Если заложившиеся или унаследованно подновленные в неотектоническом этапе геологические структуры хорошо согласуются с

современным орографическим планом, а соответствующие им морфоструктурные таксоны относятся к группе кайнотипных подразделений, то древние (обычно домезозойские) геологические образования в рельфе отражены значительно хуже. Соответствующие им палеотипные морфоструктуры геоморфологически мало представительны, отражая так называемые «пассивные» или весьма опосредкованные связи с геологическим строением.

Древние структуры иногда запечатлены фрагментарно во второстепенных элементах рельефа, подчеркнуты его литоморфными чертами или отражаются только в ландшафтных неоднородностях. В случае интенсивной переработки новейшими процессами и при последующей перестройке тектонического плана признаки древних структур на поверхности литосферы дешифрируются с большим трудом и требуют применения специальных методических приемов [66]. Довольно часто они подчеркиваются лишь безградиентными геоморфологическими линеаментами. Вместе с тем именно палеотипные морфоструктуры, отрисовывающие на поверхности земной коры древние геотектонические неоднородности, несут значительную часть геолого-морфологической информации. Чрезвычайно большой геохронологический диапазон этой информации подтверждается прекрасной дешифруемостью на аэрофотоснимках даже древнейших (в том числе докембрийских) геологических структур и образований. Поскольку в фоторисунках и тонах аэроснимков передаются элементы рельефа и ландшафта, можно говорить о способности поверхности литосферы в той или иной форме сохранять сведения о геологических неоднородностях практически любого возраста.

Представление об информативной емкости рельефа будет неполным, если не остановиться еще на одной важной особенности верхнего ограничения литосферы, а именно — на свойстве отражать не только экспонированные, но и невскрытые или погребенные геологические тела и структуры. Имеется в виду опосредованное выражение слепых геологических образований на земной поверхности. Передача информации о них чаще всего осуществляется через систему ослабленных зон (разломов, трещиноватости), проекции которых на поверхности представлены конформным невскрытому телу рисунком разнообразных неоднородностей верхнего ограничения литосферы.

Генетическая природа (и механизм формирования) нарушений, ответственных за возникновение на поверхности земной коры линеаментов и характерных элементов рельефа, весьма разнообразна.

По-видимому, наиболее распространено механическое воздействие на земную кору, ведущее к нарушению ее сплошности в связи с разрешением глубинных геодинамических напряжений. Оно может происходить как при активном влиянии внед-

ряющихся магматических расплавов, так и при диапирическом воздействии затвердевших интрузий в связи с плотностными различиями скрытых тел и вмещающих их пород [17]. Могут иметь место и криптовулканические нарушения, предопределенные (по Бухеру) подземными взрывами [28]. Определенную роль в возникновении систем нарушений, отраженных на поверхности, имеют тектонические блоковые (и пликативные) деформации фундамента, трансформирующиеся в вышележащем чехле.

В последние годы все более очевидной становится импульсно-волновая передача напряжений в процессе формирования разрывов [46]. Механизм формирования и симметрия геологических структур, возникающих при этом, рассмотрены в ряде работ, в том числе в сводке И. И. Шафрановского и Л. М. Плотникова [84]. Возможны и иные причины трансформации структурных линий, трассирующих на поверхности позицию глубинных неоднородностей и различных невскрытых геологических тел. В перекрывающих толщах нарушения сплошности могут формироваться в связи с магматической контракцией, диагенезом, метаморфизмом, выщелачиванием и другими процессами, не имеющими прямого отношения к тектоническим движениям. Но, несмотря на это, совокупность таких нарушений передает сведения на поверхность о невскрытых геологических телах и пассивных структурах.

Все разнообразные категории разрывов и других неоднородностей, свойственных погребенным геологическим телам, по характеру их отражения на поверхности земной коры могут быть подразделены на две группы: находящие выражение в геоморфологических элементах и фиксированные безградиентными (безамплитудными) линеаментами. В первом случае они могут вычитываться по различным структурным уступам, ступеням, предопределенным скрытыми разломами склонам и др. Нередко над слепыми магматическими телами в связи с деформацией перекрывающих их пород возникают и более крупные структурные формы рельефа, которые служат своеобразными индикаторами глубинных неоднородностей. При изменении плотности и других параметров перекрывающих толщ (вследствие контактового метаморфизма, гидротермальных изменений, метасоматоза и т. п.) невскрытые геологические объекты могут дешифрироваться по литоморфным категориям рельефа.

Возможно диагностирование невскрытых образований и при отсутствии прямых геоморфологических признаков. В этом случае основным источником информации служат безградиентные линеаменты, представленные системами водотоков, растительных ассоциаций и ландшафтных категорий. Закономерное распределение элементов гидросети и ландшафтных границ, особенно хорошо вычитывающееся по высотным и космическим

снимкам, собственно, и обуславливает «просвечивание» погребенных структур, не выраженных в формах современного рельефа.

Безградиентные линеаменты нередко отмечают зоны повышенной проницаемости, которые служат каналами реализации разнообразных эндогенных и экзогенных явлений. Так, например, установлено, что линеаменты платформенных областей, отражающие в мощном осадочном чехле план тектонической трещиноватости фундамента, связаны с зонами устойчивой разгрузки подземных вод и изменения уровня фильтрации [13]. Видимо, немаловажную роль для перманентного сохранения и подновления таких линеаментов в верхних горизонтах аккумулирующих толщ играет и физическая дифференциация вещества, происходящая по разрывам в условиях меняющегося увлажнения и температурного режима. Последующие (или одновременные с трещинообразованием) физико-геологические процессы могут длительное время поддерживать существование ранее возникших нарушений даже при отсутствии активного тектонического воздействия.

Таким образом, можно говорить о чрезвычайно высокой емкости геологической информации, содержащейся в разнобразных природных неоднородностях верхнего ограничения литосфера. Целенаправленное исследование совокупности характерных форм рельефа и линеаментов открывает возможность получения многоплановых важных сведений о разновозрастных структурах и геологических телах, располагающихся как на поверхности, так и в глубине земной коры. Кказанному следует добавить, что исследование природных неоднородностей верхнего ограничения литосферы обеспечено объективными, полученными при инструментальной съемке количественными характеристиками, содержащимися в разномасштабных аэро-, космических снимках и особенно в топографических материалах.

Характер выражения структур центрального типа на поверхности земной коры

Для выбора рационального комплекса методических приемов, облегчающих поиск и диагностирование центральных структур, необходимо учитывать их характерные черты, находящие отражение в различных природных комплексах на поверхности земной коры: в элементах геологического строения, в рельефе, рисунке гидросети и в других безградиентных линеаментах.

Геолого-тектоническая выраженность структур центрального типа проявляется в изометрических очертаниях и зонально-концентрическом расположении слагающих

центральные структуры вулканических, интрузивных или метаморфических фаций, а также в радиально-концентрическом рисунке дизъюнктивных нарушений, образующих каркас структур. Данные показатели, бесспорно, главные. Но, учитывая поставленную методическую задачу, целесообразно обратиться и к более частным особенностям, тесно связанным с перечисленными геолого-тектоническими признаками.

Прежде всего обращает на себя внимание пространственная упорядоченность и стабильность проявления различных геологических и тектонических процессов по отношению к генерирующему структуры глубинным очагам. В ходе эволюции той или иной из структурных форм может меняться характер магматизма и дислокаций, расширяться (или сужаться) площадь их развития, но при этом неизбежно сохраняется пространственная конформность по отношению к единому центру (оси симметрии). Иногда встречающиеся небольшие отклонения от этой схемы существенно не меняют ее. Серия разрезов по центральным магматическим комплексам, помещенная в сводке Е. В. Свешниковой [57], хорошо иллюстрирует это положение. Ею подчеркивается многостадийное развитие многих центральных магматических комплексов и конформное распределение разновозрастных магматических образований в пределах каждого объекта (рис. 4).

Говоря о концентрической зональности строения центральных структур, нужно учитывать ее специфику применительно к разнопорядковым таксонам. Для высокопорядковых форм зональность, как правило, сложнее, чем для низкопорядковых. Строение низкопорядковых структурных форм обычно значительно проще. Многие из них монофациальны. Зональность в таком случае может быть выражена только во вторичных проявлениях или текстурных особенностях пород, слагающих форму.

Касаясь дислокаций, подчеркивающих объекты центрального типа, следует иметь в виду не только их дизъюнктивные, но и пликативные категории. Правда, если дизъюнктивные нарушения различных таксономических рангов (от трещиноватости до разломов) являются непременным элементом всех центральных структур, то складчатые деформации проявляются гораздо реже, особенно для низкопорядковых структур. В пределах последних они реализуются преимущественно как брахиформные или приконтактовые дислокации. Значение складчатых деформаций заметно возрастает для высокопорядковых категорий.

Полнота геолого-тектонической информации зависит от характера денудационного среза поверхности. Только в областях оптимального среза (таких, как Казахстан, Алданский, Скандинавский щиты, и на некоторых других территориях) концентрическая зональность фаций, слагающих структуры центрального

типа, доступна для наблюдения в полном объеме. В такой же мере основные геолого-тектонические признаки центральных структур картируются и в областях молодых вулканогенов. Для подавляющего же большинства остальных площадей рассматриваемые показатели представлены фрагментарно. Это обстоятельство нужно постоянно иметь в виду при поиске центральных структур геологическими методами.

В зависимости от полноты полученных геолого-тектонических сведений центральные формы могут быть оконтурены сразу или только после обработки данных, полученных по другим каналам информации, иногда разным для разных регионов. Так, достаточными показателями наличия центральных структурных форм служат кольцевые дайки и серии даек в виде звездообразно расходящихся лучей, часто встречающиеся на Сибирской платформе. В пределах Сихотэ-Алиня цен-

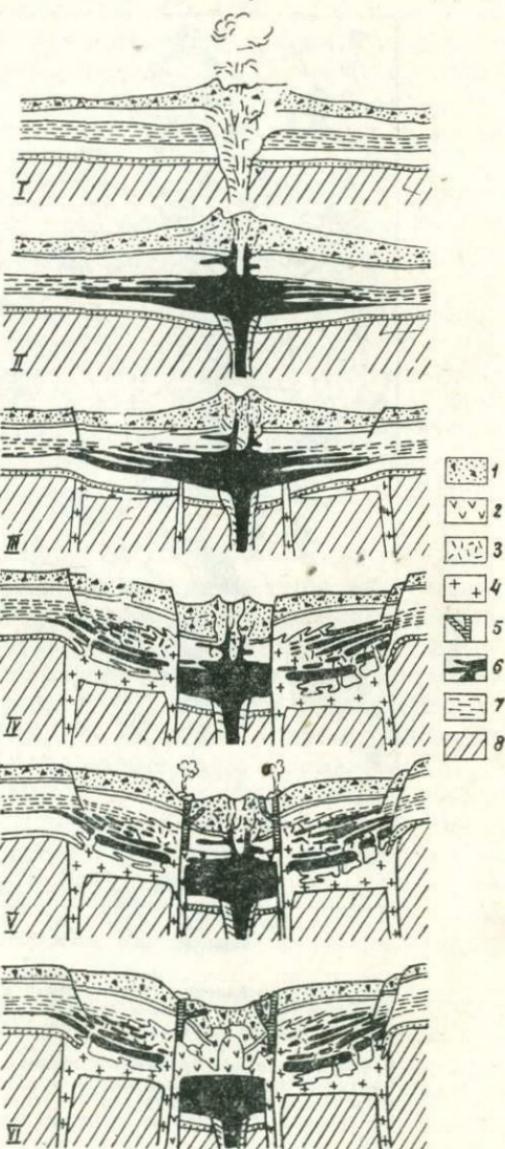


Рис. 4. Схема развития комплекса Мессум [57].

I—VI — этапы развития комплекса. 1 — вулканогенные образования основного состава; 2 — фельзиты; 3 — гранофиры; 4 — аплитовые граниты; 5 — кислые эфузивы; 6 — габбро; 7 — базальты и осадочные отложения; 8 — сланцы докембра.

тральные формы нередко трассируются по другим признакам. Здесь они могут устанавливаться по концентрически-зональному расположению отдельных интрузий, лавовых полей, разломов и зонам складчатости, конформным концентрам структур (рис. 5). В другой геотектонической обстановке возможны и

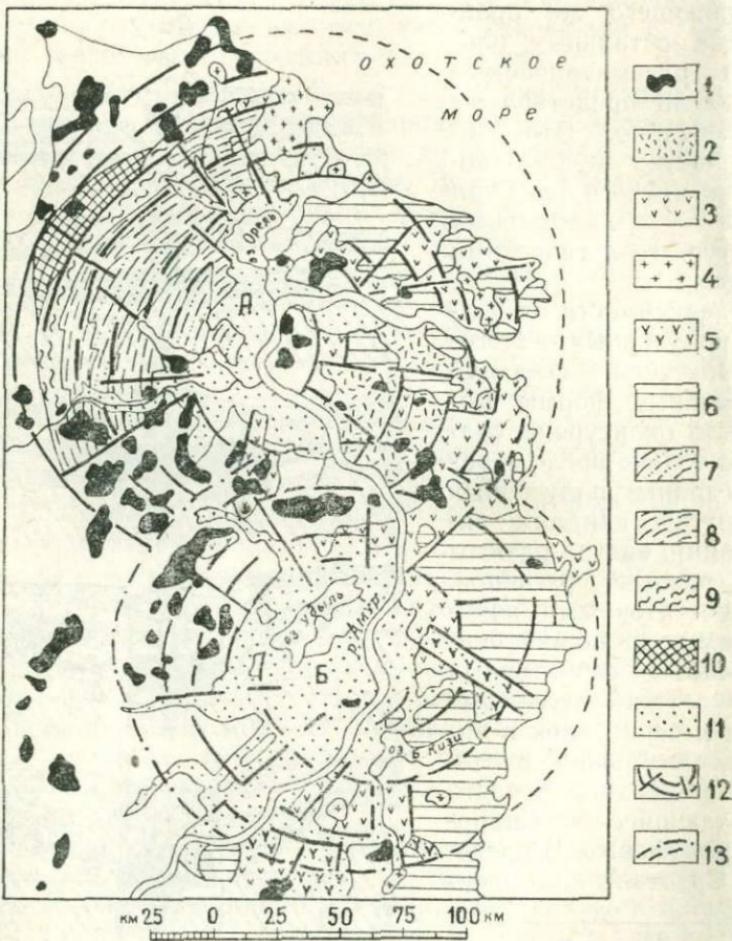


Рис. 5. Распределение геологических образований в пределах Нижнеамурской (А) и Удыль-Казинской (Б) структур центрального типа.
(Геологическая нагрузка дана по Геологической карте Хабаровского края м-ба 1 : 1 500 000. Геология СССР, т. XIX.)

1 — верхнемеловые граниты и гранодиориты; 2 — кислые эфузивы и их туфы сенонского надъяруса и датского яруса; 3 — средние эфузивы сенонского надъяруса; 4 — гранитоиды палеогенового возраста; 5 — средние эфузивы и их туфы палеоценового возраста; 6 — основные эфузивы и их туфы миоценового возраста; 7 — осадочный комплекс барремского — альбского ярусов; 8 — осадочный комплекс валанжинского яруса (верхняя часть); 9 — осадочный комплекс валанжинского яруса (нижняя часть); 10 — осадочный комплекс нижнеюрского отдела; 11 — четвертичные отложения; 12 — каркасные элементы структур центрального типа; 13 — границы структур центрального типа установленные и предполагаемые.

иные сочетания конкретных геологических и тектонических элементов, отрисовывающих структуры центрального типа. Но во всех случаях чрезвычайно важно акцентировать внимание на любых проявлениях геолого-тектонических признаков центральной симметрии как основных показателей рассматриваемых объектов. Даже при заведомо недостаточном количестве геологических данных их нельзя сбрасывать со счета, так как они могут оказать важную помощь в комплексе с другими природными характеристиками центральных структур.

Геоморфологическое и неотектоническое выражение геологических неоднородностей представляет особый интерес для выбора методических приемов поиска структур центрального типа.

Действительно, поскольку рельефу присуща высокая геологическая информативность, при его исследовании можно ожидать получение весьма разнообразных сведений о гетерохронных центральных структурных формах. В соответствии с этим для анализа необходимо использовать в разной мере представительные элементы рельефа, отражающие радиально-концентрическую геометрию и другие характерные особенности центральных структур.

Следует иметь в виду, что представительные формы рельефа, полностью обрисовывающие центральные структуры, встречаются довольно редко. Видимо, по этой причине в классической геоморфологии эндогенно-обусловленным изометрическим категориям рельефа уделено незаслуженно мало внимания. К такого рода геоморфологическим категориям отнесены преимущественно центральные вулканические постройки, изометрические отпрепарированные интрузии, кольцевые горы и впадины. Такие формы обычно распространены там же, где наиболее часто отмечаются и геологическими методами экспонированные центральные структуры, т. е. в пределах молодых вулканогенов и областей глубокого денудационного среза. Здесь изометрические формы рельефа либо непосредственно связаны с новейшими центральными структурами, либо отражают в литоморфном преломлении древние структурные формы.

Подавляющее же большинство элементов рельефа, определенных центральными структурами, затеряно среди полигенных геоморфологических категорий и даже в случае хорошей морфологической выраженности передает информацию лишь о тех или иных частях структурных форм. Поэтому при использовании рельефа как средства для поиска структур центрального типа необходимо максимальное внимание уделять разногенным геоморфологическим элементам, которые обладают признаками центральной симметрии и в совокупности отрисовывают изометрическую структуру.

Такие геоморфологические элементы крайне разнообразны и представлены самыми различными типологическими катего-

риями в зависимости от геотектонической обстановки, характера субстрата, географической зональности и, наконец, от таксономического ранга искомых структур. В условиях платформенного режима, характеризующегося преобладанием относительно слабо расчлененного рельефа, первостепенное значение приобретает исследование нерезко выраженных элементов денудационного и эрозионно-денудационного происхождения. Плавные перегибы склонов, невысокие структурно-денудационные уступы, цепочки останцовых возвышенностей и небольшие гряды отпрепарированных даек нередко содержат здесь информацию об элементах не выведенных на поверхность структур центрального типа. Иногда, обычно на окраинах платформ, где центральные комплексы выходят на поверхность, они прекрасно отрисовываются литоморфным рельефом (массивы Имагли, Кондер и др. на юго-востоке Сибирской платформы).

В областях горообразования, с интенсивно и глубоко расчлененным рельефом, количество геоморфологических элементов, способных маркировать центральные структуры, резко возрастает. Практически любые формы денудационного, эрозионного, литоморфного и тектонически предопределенного рельефа, а также его чисто экзогенных категорий в этих условиях могут быть связаны с центральными объектами. Обилие в горных районах потенциально вероятных индикаторов центральных структурных форм создает определенные трудности, заставляя особое внимание обращать на радиально-концентрический рисунок размещения полигенных элементов.

Географическая (и палеогеографическая) зональность определяет в основном типологический набор экзогенных форм и элементов-индикаторов. В областях, подвергшихся оледенению, ими могут быть экзарационные и даже аккумулятивные ледниковые формы [29], в условиях альтiplанации — разнообразные морозобойные уступы и нагорные террасы, в аридной обстановке — дефляционные и аккумулятивные эоловые образования и т. п.

Вполне естественно, что выбор анализируемых категорий рельефа определяется в значительной мере и таксономическим рангом диагностируемых структур. При поиске геоморфологическими методами низкопорядковых структур главное внимание обращается на мелкие формы и отдельные элементы рельефа, при исследовании среднепорядковых структур привлекаются крупные элементы рельефа и их сочетания (типы рельефа), при анализе высокопорядковых таксонов и мегаструктур — обширные геоморфологические области и более крупные подразделения.

Так, например, внешний контур Восточно-Азиатской кольцевой мегаструктуры помимо других показателей хорошо передается и концентрическим распределением горных сооружений Забайкалья, Приамурья, Сихотэ-Алиня и Северной Кореи [69].

Неотектонический анализ, тесно сопряженный с геоморфоло-

гическими исследованиями, благоприятствует выявлению части центральных структур, заложившихся в новейшее время или унаследованно развивающихся от предшествовавшей геотектонической эпохи. Исследование деформаций вершинных уровней, поверхностей выравнивания, террас, энергии расчленения, коррелятных отложений и других показателей, обычно используемых при неотектонических построениях, обеспечивает приток информации о формах линейного и центрального типа. Применительно к центральным формам таким путем могут быть выявлены деформации разного рода: как блоковые, так (особенно в молодых складчатых областях) и пликативные. При поиске центральных структур по неотектоническим признакам нужно учитывать возможность сложного строения объектов, выражющегося в неоднородном характере проявления неотектонических деформаций, разноамплитудности перемещения секториальных блоков, а для активизированных форм — в частичной унаследованности структурного плана.

План гидросети и других безградиентных линеаментов несет значительную долю информации о структурах центрального типа.

Особенно эффективен анализ распределения гидросети. Благодаря замечательному свойству водотоков «осваивать» на поверхности земной коры ослабленные зоны появляется возможность по характеру развития водных артерий судить о разломах и системах трещиноватости, в том числе и о нарушениях сплошности, образующих каркас центральных структур. Поскольку эти сведения получаются непосредственно по топо- и аэрофотоматериалам, они обладают максимальной доступностью, полнотой и достоверностью. При изучении плана гидросети основное внимание уделяется совокупности участков водотоков (безотносительно к их порядковости), образующих радиально-концентрический, радиальный или концентрический узор. Этот канал информации одинаково надежен при исследовании как равнинных, так и горных территорий.

Поиск другой группы безградиентных линеаментов, связанных с центральными структурами, основывается на рассмотрении особенностей развития ландшафтов, растительности и почв. Особое внимание при этом обращается на выделение граничных зон. Границы смены ландшафтов, почвенных комплексов и состава растительности нередко являются индикаторами изменения состава геологических пород или указывают на наличие тектонических нарушений [38]. Поскольку каркасные элементы центральных структур образованы уходящими в толщу земной коры системами трещин и других нарушений сплошности, они служат путями миграции глубинных растворов и эманаций. На неизбежное изменение геохимического режима в таких зонах (даже при отсутствии тектонических подвижек и смены геоморфологической ситуации) реагируют растительные и ландшафт-

ные подразделения. Исходя из задач исследования (поиск центральных структур по ландшафтно-растительным признакам) в первую очередь анализируются ареальные (изометрические) и радиально-концентрические (полосовые и лентообразные) неоднородности ландшафта.

Учет распространения безградиентных линеаментов необходим в такой же мере при дешифрировании как центральных, так и прямолинейных структурных форм. Следует заметить, что эти показатели совершенно недостаточно используются в геологической практике, хотя именно разноориентированные системы безградиентных линеаментов очень четко отражают планы глубоких структурных этажей и ярусов, передают «просвечивающие» элементы строения фундамента.

Заканчивая обзор особенностей выражения структур центрального типа в различных природных категориях поверхности земной коры, нужно подчеркнуть, что для различных генетических и таксономических групп структурных форм и для разных геотектонических обстановок характер их отражения совершенно различный. Более того, достаточно крупные и длительно развивающиеся центральные структуры в своих отдельных частях могут быть подчеркнуты неодинаковыми природными элементами: один секториальный блок — концентрически-зональными фациями горных пород, другой — формами рельефа, третий — безградиентными линеаментами и т. д. Поэтому при разработке методики поиска центральных структур по неоднородностям строения поверхности земной коры необходимо рассматривать весь перечисленный информативный комплекс.

Методы выявления структур центрального типа

Разнообразные приемы исследования рельефа при решении морфоструктурных, неотектонических, морфометрических, палеогеографических, геоморфологических и других задач [33] непосредственно не нацелены на поиск геологических объектов центрального типа. В очень ограниченном числе публикаций, затрагивающих наряду с линейными, купольные и кольцевые морфоструктуры, методический акцент делается на неотектонических построениях [6, 7, 50, 58]. В единичных работах рассматриваются возможности и некоторые приемы геолого-морфологических исследований для выявления интрузивных магматических тел [42], различных петрофизических фаций [17] и полигенных образований центрального типа [62, 65, 66].

В связи с этим возникает необходимость выбора и установления rationalного комплекса методических приемов геологоморфологических исследований, обеспечивающих надежное выявление геологических объектов центрального типа различной генетической принадлежности и любого времени заложения.

Изложенные в предыдущем разделе особенности выражения структур центрального типа на земной поверхности в значительной мере определяют главные направления выбора приемов и способов для их дешифрирования: от геологической съемки до анализа геоморфологических линеаментов.

Геологические методы исследования, включающие как основной традиционный метод геологическую съемку, являются наиболее распространенными и апробированными. Они подробно изложены в специальных инструкциях и пособиях и, естественно, не составляют здесь предмета рассмотрения. Применительно к интересующему нас вопросу эти методы весьма эффективны для установления экспонированных (обнажающихся на поверхности) геологических структур центрального типа. Задачи съемки такого рода объектов подробно изложены в выпусках «Методических указаний по геологической съемке масштаба 1 : 50 000» [34—38], касающихся вулканических, интрузивных и метаморфических образований. Следует лишь заметить, что почти во всех случаях внимание исследователей обращается на картирование концентрических элементов центральных структурных форм, а роль радиальных составляющих остается часто нераскрытоей. Представляется, что учет радиально-концентрической геометрии центральных структур совершенно необходим при проведении геологического картирования в любых масштабах. Особенно это важно при съемке сложно построенных и длительно развивающихся структур. Нужно иметь в виду и другие свойства данных образований, в частности стабильность проявления геологических процессов по отношению к генерирующими очагам. Нередко на средне- и мелко-масштабных картах передается концентрически-зональное размещение разновозрастных (и разногенных) геологических тел, явно связанных с единым глубинным центром, но тем не менее часто интерпретирующихся как независимые геологические образования (см. рис. 5). К такому результату приводит недоучет общих закономерностей строения и геотектонических особенностей центральных комплексов. И наоборот, если принимать во внимание основные свойства центральных структур, то при детальной геологической съемке практически исключается пропуск тел и элементов, слагающих структурные формы центрального типа. При этом более рационален путь от частного к общему. Установив в процессе съемки любой (даже небольшой) объект с характерной концентрической зональностью слагающих его фаций, следует внимательно исследовать прилегающие территории с целью выявления конформных такому объекту геологических тел, которые могут образовывать внешние концентры структурной формы. При этом по вещественному составу окраина структуры может существенно отличаться от ее внутренней области. Так, если центральная часть такого объекта представлена вулканическими фациями, то периферические

концентры — интрузивными образованиями, зонами окварцевания, метасоматоза, кольцевыми разломами и т. д.

Отмеченный подход важен не только для исследования центральных структурных форм, но и для более полного раскрытия истории геологического развития территории. Установление пространственного взаимоотношения центральных структур друг с другом и с линейными дизъюнктивами позволяет восстанавливать как характер и последовательность становления отдельных магматических очагов, так и общую направленность тектономагматической эволюции изучаемой площади.

Выявляя геологическими методами объекты центрального типа, необходимо учитывать их возможную интерференцию. Нередко в таких случаях одна (или несколько) из генераций структурных форм подчеркнуты изменением горных пород вторичными (гидротермальными, контактово-метаморфическими и др.) процессами, изменением удельной плотности, трещиноватости, сменой типа складчатости, появлением роев даек, малых интрузий и т. п. Карттирование подобных геологических и тектонических элементов приобретает не менее важное значение, чем концентрически-зональных комплексов.

Достаточно эффективны геологические методы и тогда, когда на поверхности обнажаются только фрагменты или отдельные составные части центральных комплексов (например, кольцевые дайки). Правда, в такой ситуации для получения информации о всей структурной системе одних геологических исследований недостаточно и требуется привлечение других источников сведений: геофизических, геохимических, морфоструктурных и т. п.

Геоморфологические, структурно-геоморфологические и неотектонические приемы и методы исследования, основывающиеся на изучении строения современного рельефа, могут обеспечить поступление значительного объема сведений о структурах центрального типа. Если общегеоморфологические исследования передают главным образом информацию о хорошо выраженных в рельфе центральных формах, то структурно-геоморфологические и неотектонические построения помогают выявить и более завуалированные структурные объекты.

При геоморфологических исследованиях, так же как и в случае геологического поиска центральных структур, ведущим остается метод картирования. В зависимости от масштаба составляющих карт и принципа, положенного в основу картирования, интересующая нас информация может быть весьма разной.

Широко практиковавшееся в течение многих лет морфогенетическое картирование наименее информативно для выявления центральных структурных форм. Суммарная характеристика картируемых единиц в отношении морфологии, происхождения

и возраста рельефа обусловливалась показ усредненных категорий, близких к единицам геоморфологического районирования. Многие детали строения, свойственные центральным структурным формам, при этом поддались терялись, а сами структуры оставались неопознанными. Введение в карты морфогенетических типов рельефа даже отдельных «аналитических» элементов (склонов речных долин, склонов структурно-денудационных плато и т. п.) повышает их информативность. Таким путем отрисовываются отдельные достаточно крупные и хорошо выраженные центральные формы. Примером может служить Патомский свод, концентрическая структура которого вычитывается по мелкомасштабной геоморфологической карте Сибирской платформы под редакцией И. И. Краснова.

В отдельных случаях, при четком наследовании неотектоническим режимом плана древних центральных структурных форм, удается расшифровать последние по концентрическому расположению различных типов рельефа и в процессе среднемасштабного картирования.

Гораздо более информативны (в геолого-тектоническом плане) так называемые «аналитические» геоморфологические карты. В последние годы над принципами составления их работали многие исследователи: Д. В. Борисевич, Г. С. Ганешин, В. В. Ермолов, Н. А. Лебедева, А. И. Спиридовон, Н. В. Башенина, В. В. Соловьев, Ю. Ф. Чемеков и др. В качестве основных картировочных единиц ими принимаются поверхности ограничения форм рельефа. Выделенные на карте грани рельефа получают разностороннюю характеристику как в отношении их происхождения, возраста и морфологии, так и по положению в пространстве (субгоризонтальные и наклонные поверхности). Типовая легенда для геоморфологических карт разных масштабов, разработанная во ВСЕГЕИ [9], предусматривает раскрытие наиболее разносторонних связей рельефа с геологическим строением, при этом фоновой раскраской передается генезис картируемых граней. Большое внимание уделено показу эндогенно-предопределенных элементов рельефа. Принятые в легенде системы подразделений позволяют при ограниченном наборе условных обозначений отражать как пластику рельефа, так и его многообразные связи с эндо- и экзогенными процессами морфолитогенеза. Опыт геоморфологического картирования в разных масштабах по отмеченному принципу доказывает его большую практическую ценность. Небезынтересно отметить выявляющиеся при этом закономерные связи картируемых эндо- и экзогенных категорий: в процессе генерализации (при переходе от крупных масштабов к мелким) все более отчетливо выступают эндогенные составляющие рельефа; при переходе же от обзорных к детальным масштабам, наоборот, возрастает роль экзогенных элементов. Примечательно, что пространственное положение совокупности экзогенных категорий рельефа во многих случаях оп-

ределяется позицией и характером геологических и тектонических объектов. Данное соотношение весьма важно, так как еще раз подтверждает ранее высказанный тезис об отражении геологических тел и структур в любых (как эндо-, так и экзогенных) неоднородностях поверхности земной коры. Особенно эффективно применение генетической легенды для выявления центральных морфоструктур вулканического и интрузивного происхождения. На примере проведенного нами картирования палеозойского вулканического узла в Южном Приморье (рис. 6) показана разрешающая возможность упомянутой генетической легенды. На карте четко вычертываются разнофазовые вулканические и концентрические составляющие центральных морфоструктур и секущие их зоны разломов. Морфоструктурная отдача данной легенды значительно уменьшается при поиске центральных объектов на закрытых территориях и при исследовании палеотипных таксонов.

Традиционные структурно-геоморфологические и неотектонические исследования, в том случае если они сопровождаются графическими построениями, могут принести информацию о кайнотипных и выраженных в рельфе центральных структурных формах. Разнообразные морфометрические приемы, основывающиеся обычно на вычерчивании изолиний деформаций поверхности [33], нередко дают возможность оконтурить изометрические (главным образом неотектонические) морфоструктуры. Эти приемы получают широкое применение при нефтепоисковых работах на платформах. В горно-складчатых районах использование их затруднительно. Кроме того, очерченные таким образом центральные объекты остаются неохарактеризованными в отношении их главных составляющих — радиально-концентрических элементов, образующих основной структурный каркас форм. Подобные результаты дает и математическая обработка материалов (тренд-анализ).

Значительно более информативна методика, основанная на анализе высотной позиции неотектонических блоков, выделяемых по топокартам [7]. При таком подходе помимо прямолинейных блоковых структур дешифрируются и изометричные ареальные блоки и их сочетания, образующие неотектонические и мезозойско-кайнозойские центральные морфоструктуры.

Специализированные методы выявления структур (морфоструктур) центрального типа находятся еще в стадии становления и внедрения в практику, поэтому на них следует остановиться подробнее. Все вышеперечисленные приемы исследования утвердились безотносительно к поиску центральных структурных форм. Последние выявлялись лишь попутно (и частично) в процессе решения основных задач, решаемых тем или иным методическим приемом.

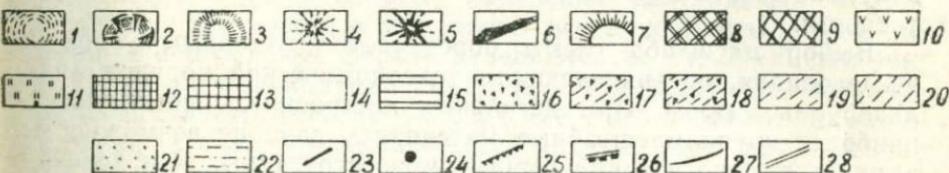
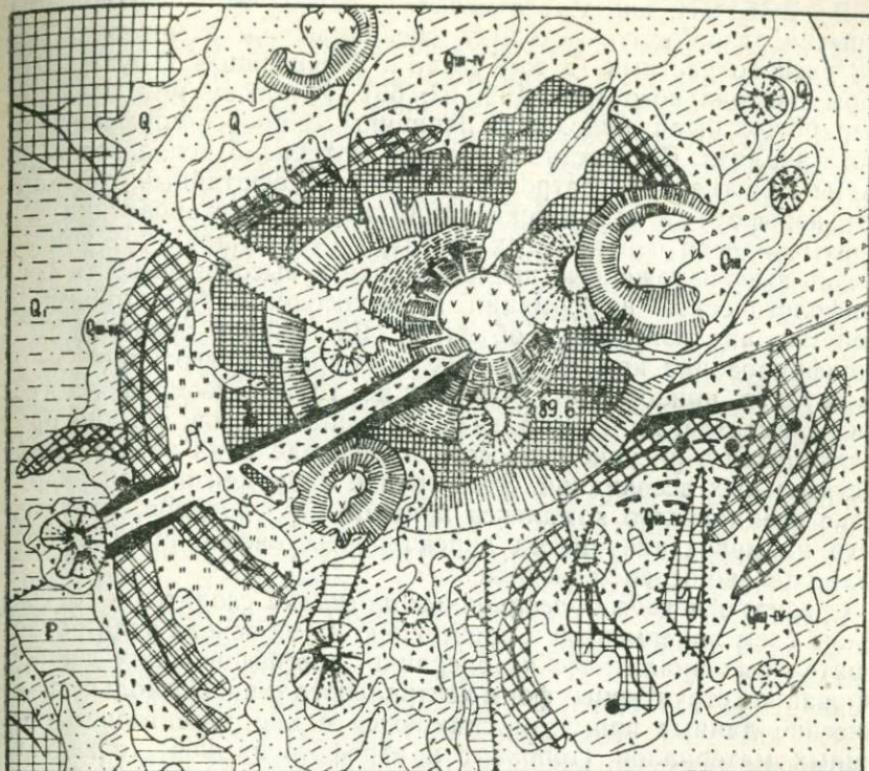


Рис. 6. Геоморфологическая карта палеозойского вулканического узла в Южном Приморье.

Структурно-денудационный рельеф. Склоны: 1 — литоморфные, центральных вулканов пермского возраста; 2 — литоморфные, кальдер пермского возраста; 3 — литоморфные, побочных вулканов пермского возраста; 4 — отпрепарированных экструзий силурийского возраста; 5 — отпрепарированных субвулканических тел пермо-триасового возраста; 6 — предопределененные препарировкой линейных тектонических контактов; 7 — предопределеные кольцевыми разломами; 8 — литоморфные, выработанные преимущественно в пермских лавах среднего состава; 9 — литоморфные, выработанные в силурийских вулканогене-терригенных толщах. Денудационный рельеф. Склоны: 10 — днища кратеров пермского возраста; 11 — межгрядовые, литоморфные понижения, выработанные в пермских, преимущественно туфовых толщах. Денудационный рельеф. Склоны: 12 — крутые, обвально-осыпные; 13 — пологие, созданные комплексной денудацией; 14 — эрозионные. Субгоризонтальные поверхности: 15 — поверхности выравнивания палеогенового возраста. Акумулятивный рельеф. Склоны: 16 — осипных шлейфов позднечетвертичного — голоценового возраста; 17 — делювиально-коллювиальных шлейфов позднечетвертичного — голоценового возраста; 18 — делювиально-пролювиальных шлейфов позднечетвертичного возраста; 19 — делювиальных шлейфов позднечетвертичного — голоценового возраста; 20 — аллювиально-делювиальных равнин четвертичного возраста. Субгоризонтальные поверхности: 21 — днища речных долин, сложенные четвертичным аллювием; 22 — озерно-аллювиальная терраса раннечетвертичного возраста; 23 — отпрепарированные дайки; 24 — отпрепарированные некки; 25 — тектонические уступы; 26 — структурно-денудационные уступы; 27 — гребневидные водоразделя; 28 — погребенные тектонические уступы.

Во ВСЕГЕИ, как уже отмечалось ранее, была предпринята попытка разработать методику, специально нацеленную на поиск разновозрастных (в том числе и древнейших) структурных форм центрального типа [59, 62, 66]. В основу методических разработок были положены принципы геолого-морфологического анализа. В качестве исходного материала использовались схемы линеаментов, построенные по разномасштабным топокартам, аэрофото- и космическим снимкам. При установлении алгоритма поиска центральных структур (морфоструктур) учитывались вышеизложенные представления о высокой емкости геоморфологической информации и характерные геометрические свойства анализируемых объектов. Важнейшее значение для дешифрирования криптоформных таксонов и палеотипных морфоструктур приобретает изучение не только геоморфологических элементов, но и безградиентных линеаментов, обычно проявляющихся в рисунке гидросети и распределении ландшафтно-растительных ассоциаций. Этой группе линеаментов при разработке специального комплекса приемов исследования, получившего наименование «метод дирекционных аномалий» [61, 66], было удалено особое внимание.

Существо *метода дирекционных аномалий* сводится к составлению схем линеаментов и проведению на их основе ряда последовательных аналитических операций, обеспечивающих дешифрирование структурных форм центрального типа. Поскольку фактические данные при этом снимаются с инструментально созданных материалов (топокарт и аэрофотоснимков), исходный документ — схема линеаментов — отличается высокой степенью точности.

Выбор масштаба схемы определяется заданным уровнем исследования, ограничивающим таксономический порядок анализируемых форм. При детальных построениях используются наиболее крупномасштабные материалы, дающие возможность выявить мелкие и элементарные морфоструктуры. Для дешифрирования среднепорядковых структур применяются средне- и мелкомасштабные карты и высотные снимки, а для выявления высокопорядковых таксонов — обзорные топоматериалы и космические снимки. Перенесенные на схему линейные элементы рельефа и ландшафта образуют, как правило, весьма сложную и густую сеть, содержащую большую избыточную информацию, предопределенную разнородными и гетерохронными тектоническими структурами и литологическими неоднородностями субстрата. Поэтому перед исследователем прежде всего стоит задача упорядочения (систематизации) линеаментов и отбраковки тех из них, которые непосредственно не связаны с отыскиваемыми структурными формами.

Для этого устанавливаются генеральные (фоновые) простирания линеаментов, образующих несколько (обычно соответственно числу геоструктурных этажей) прямолинейных систем.

Отклоняющиеся от генеральных фоновых простираций линеаменты образуют дирекционные аномалии, т. е. аномалии в простирации фоновых систем линеаментов. Среди них основное внимание должно быть обращено на дуговые линеаменты и цепочки коротких прямолинейных фигур, составляющих, однако, в совокупности дуговые или замкнутые круговые фигуры, а также на радиальные (центробежные и центростремительные) сочетания линеаментов. Эти элементы относятся к категории реперных, поскольку они несут признаки центральной симметрии и могут быть использованы как маркирующие для выявления и оконтуривания морфоструктур центрального типа. Используя закон подобия и радиально-концентрическую геометрию искомых объектов, по реперным элементам довольно легко выделить на схеме и остальные составляющие морфоструктур центрального типа.

При необходимости на схеме линеаментов с отдешифрованными вышеописанным приемом структурными формами центрального типа могут быть выделены (утолщением линий) градиентные линеаменты, т. е. линеаменты, ограничивающие разновысотные неотектонические блоки (рис. 7). Эта информация, хотя и требует дополнительных сведений по амплитудам перемещения блоков, весьма полезна, так как дает представление о характере активизации или переработки центральных структур за новейший этап тектонического развития земной коры. Нужно иметь в виду, что подобная операция проводится уже после первоначального выделения центральных морфоструктур. На первом этапе работы все линеаменты, отрисовывающие центральные формы, передаются на схеме единым знаком, без дифференциации контуров в зависимости от представительности линеаментов. Соблюдение этого правила, как показала практика, чрезвычайно существенно, так как, отдавая предпочтение какой-либо группе линеаментов (например, хорошо морфологически выраженным), исследователь рискует пропустить плохо дешифрирующиеся структуры или их части.

Второе замечание, которое нужно сделать по существу составляемых схем, касается рисовки линеаментов, запечатленных в плане гидросети. Распределение водотоков нередко идеально повторяет контуры ослабленных зон каркасных элементов структур центрального типа. Это позволяет непосредственно на схемах линеаментов выделять обобщенные контуры отдельных структурных форм или их фрагменты. Для таких участков, естественно, отпадает необходимость проведения вышеотмеченных операций, предусмотренных методом дирекционных аномалий. Анализ плана гидросети по топографическим картам общедоступен, нетрудоемок и широко практикуется при выявлении изометрических структурных форм [6, 26]. Исследование деталей распределения речных артерий и водотоков в пределах центральных структур помогло нам установить их устойчивые типо-

логические сочетания для различных морфологических групп рассматриваемых объектов (рис. 8). Конечно, несмотря на заманчивую простоту анализа гидросети, один этот прием (в отличие от метода дирекционных аномалий) не может обеспечить достаточно полного выделения центральных структурных форм, особенно среди их палеотипных категорий.

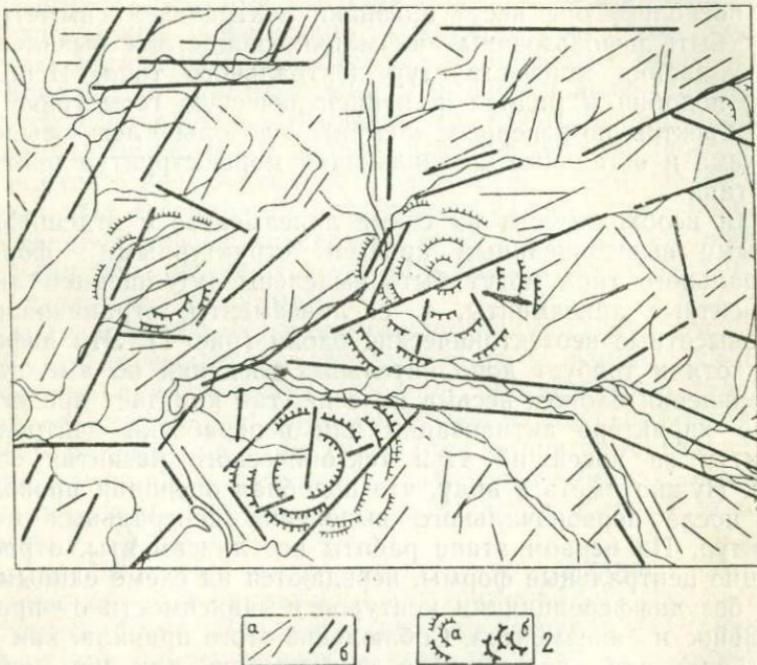


Рис. 7. Схема линеаментов.

1 — фоновые линеаменты; а — безградиентные, б — градиентные; 2 — аномальные линеаменты центрального типа: а — безградиентные, б — градиентные.

Как уже отмечалось выше, исходные данные для составления схем линеаментов получаются с топокарт и аэрофотоматериалов. На аэрофото- и космических снимках при внимательном дешифрировании выделяются довольно часто как отдельные элементы, так и целые формы центрального типа. Фоторисунок, так же как и вышеописанный план гидросети, часто дает возможность перейти к прямому дешифрированию центральных структур, минуя составление схем линеаментов. Но в этом случае опять неизбежна ущербленность информации и как ее следствие — выделение лишь части структурных форм. Информативность фотоизображений, как известно, определяется многими факторами: типом аппаратуры, качеством фотоматериалов,

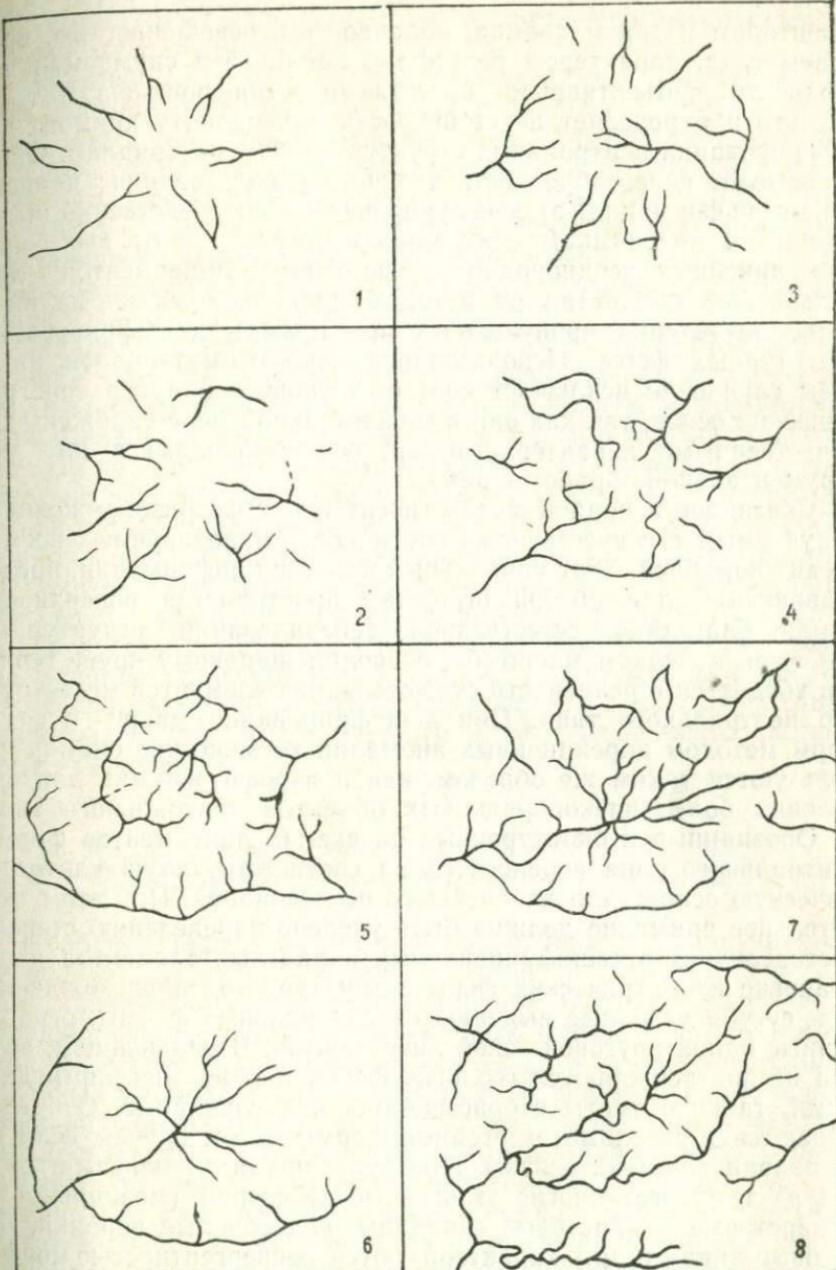


Рис. 8. Распределение гидросети в пределах морфоструктур центрального типа.
 Характерный рисунок гидросети для морфоструктур: 1 — купольных простых; 2 — купольных с контурным рвом подножия; 3 — купольных с дифференцированным центром; 4 — купольных с дифференцированной поверхностью; 5 — купольно-кольцевых с сильно поднятым центром; 6 — простых кольцевых; 7 — кольцевых, осложненных секущим разломом и дочерними купольными формами; 8 — сложных кольцевых.

масштабом и типом съемки, облачностью, освещенностью, временем года, характером рельефа и ландшафта снимаемой поверхности, субъективными качествами дешифровщика и т. д. Все это и определяет неустойчивость и неполноту прямого дешифрирования центральных структур по фотоматериалам. Опыт показывает целесообразность двойного использования данного канала информации: а) дешифрирование непосредственно выделяющихся по снимкам центральных структур и б) вынесение всех линейных неоднородностей на схему линеаментов для дальнейшей обработки их методом дирекционных аномалий с целью выявления пропущенных при прямом дешифрировании структурных форм. Использование аэрофотоматериалов ни в коем случае не исключает соответствующего анализа топографических основ, так как они в максимальной мере снабжены количественными характеристиками, основывающимися на инструментальной обработке данных.

Сказанное в полной мере относится и к фотоизображениям, получаемым с искусственных спутников и пилотируемых космических кораблей. Этот уникальный источник информации, представляющий для обзора огромные пространства поверхности Земли, благодаря естественной генерализации структурных объектов в мелком масштабе, позволил широкому кругу геологов убедиться в реальности существования элементов мегаструктур центрального типа. При дешифрировании макро- и мегаформ методом дирекционных аномалий космические снимки используются таким же образом, как и аэрофотоснимки для выявления более низкопорядковых объектов центрального типа.

Опознанные и оконтуренные на схемах линеаментов формы центрального типа переносятся на соответствующую картографическую основу для дальнейшего исследования. При этом значительное внимание должно быть уделено определению степени достоверности отдешифрированных каркасных элементов и отбраковке изометрических форм астроструктурного происхождения. Как сугубо условные выделяются центральные формы, ограниченные одной круговой зоной линеаментов. В дальнейшем, если они не подтверждаются геологическими и геофизическими данными, такие объекты отбрасываются как случайные. Отбраковываются и заведомо экзогенные формы в том случае, если не устанавливается их связь с геоструктурными элементами. Благодаря тому, что многие экзогенные категории (меандры, термокарстовые и карстовые западины, водосборные воронки, береговые линии и др.) характеризуются конвергентностью морфологических признаков с эндогенными центральными морфоструктурами, этому вопросу должно быть уделено большое внимание. Недоучет необходимости жесткой дифференциации при выделении центральных объектов может привести к принципиальному искажению представления о распространении и значимости анализируемых структур.

Особенно велика такая опасность при выявлении центральных структурных форм способом прямого дешифрирования аэрофото- и космических снимков.

Выделением на схемах линеаментов структур (морфоструктур) центрального типа завершается цикл работ по методу дирекционных аномалий и начинаются последующие этапы исследования, связанные с уточнением классификационной принадлежности отдешифрированных центральных объектов, с разносторонней их исторической и геологической характеристикой, с установлением их связи с глубинными неоднородностями (по геофизическим данным), с выяснением закономерностей локализации в их пределах рудного вещества и т. д.

Заканчивая рассмотрение специализированных приемов выделения структур (морфоструктур) центрального типа, нужно обратить внимание на то, что наиболее полную информацию в этом отношении может обеспечить метод дирекционных аномалий. По разрешающему геохронологическому диапазону он значительно превосходит традиционные структурно-геоморфологические построения. Изложенный методический комплекс обеспечивает дешифрирование центральных структур (и их проекций на земную поверхность) безотносительно к тому, обнажаются или скрыты на глубине производящие их тела. В этом аспекте предлагаемая методика стоит ближе к геофизическим, чем к традиционно геологическим приемам, анализирующими преимущественно геологические тела, находящиеся в плоскости современного денудационного среза, т. е. доступные непосредственному наблюдению.

Картирование морфоструктур центрального типа. Принципы построения специализированных карт

Проблема картографического изображения анализируемых природных объектов является одной из главных в любом направлении геологических работ. Создание новых и совершенствование ранее предложенных легенд для тектонических, формационных, геоморфологических и других специализированных карт отражает в графической форме процесс поиска наиболее рациональных путей передачи информации о результатах проведенных исследований. Положительный или отрицательный итог предшествующих разработок оказывает неоцененную помощь при построении новых легенд к картам различного содержания. В этом отношении картирование морфоструктур центрального типа лишено сколько-нибудь серьезной предыстории. Разработка легенд для составления специализированных карт этих структурных форм, насколько нам известно, еще не проводится при структурно-геоморфологических исследованиях. Необходимость же ее вполне очевидна, так как изучение цент-

ральных морфоструктур с каждым годом привлекает внимание все большего числа геологов.

На общих геоморфологических и морфоструктурных картах иногда выделяются центральные объекты (как единичные неотектонические формы), но для их обозначения самостоятельных средств изображения обычно не применяется. Лишь в отдельных случаях, когда явно выражена генетическая принадлежность этих форм, они квалифицируются как вулканические или интрузивные. На неотектонических картах рассматриваемые структурные категории также лишены индивидуальных обозначений и могут вычитываться только по характерным геометрическим очертаниям блоков или пликативных деформаций.

Отсутствие специальной легенды приводит к тому, что типологические карты морфоструктур (структур) центрального типа фактически не составляются. Они заменяются многочисленными произвольными схемами, на которых центральные структурные формы наносятся замкнутыми изометрическими контурами, отражающими лишь их пространственную позицию и, как правило, не несущими другой информации. Иногда исследователи пытаются выразить на схемах центральные структуры, обращая внимание на их геоморфологическую характеристику. В других случаях акцент делается на неотектонических параметрах центральных объектов и на схемах соответственно передается (обычно в цифрах) средняя высота блоков и учитывается порядковость (латеральная размерность) структурных форм.

Поставленная во ВСЕГЕИ задача разработки оптимальных вариантов легенд для разномасштабного картирования структурных форм центрального типа решалась в течение ряда лет на многочисленных полигонах в пределах областей различного геотектонического режима [71]. Проведенные работы позволили рекомендовать несколько типовых легенд для специализированных карт центральных структурных форм в зависимости от целевой направленности и масштаба картирования. За теоретическую основу разрабатываемых легенд были приняты положения геолого-морфологического анализа. Конкретные легенды строились с учетом ранее изложенных основных классификаций морфоструктур центрального типа. Для главнейших характеристик картируемых объектов (морфологии, генезиса, возраста) предусмотрена независимая система обозначений. Значительное внимание уделено показу геологической ситуации полей, на которых развивались картируемые объекты. Наконец, была увеличена «глубинность» картирования путем показа криптоморфных («просвечивающих») центральных структур нижних ярусов и отражены связи структурных форм с неоднородностями глубинного строения территории.

Эмпирически было установлено, что выбор изобразительных средств для передачи основных характеристик структурных форм целесообразно менять в зависимости от масштаба карти-

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я
К КАРТЕ МОРФОСТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД, СЛАГАЮЩИХ
МОРФОСТРУКТУРЫ

СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Буреинского массива

- [41-В-III] палеозойского возраста
- [41-Д-III] мезозойского возраста
- Верхне-Буреинского прогиба и его складчатого обрамления
- [41-А-II] протерозойского возраста
- [30-В-VI] палеозойского возраста
- [44-Б-I] мезозойско-кайнозойского возраста
- Комплекс молодых флювиальных осадков в пределах:
- [1-Б-I] речных долин
- [38-Б-I] наложенных депрессий

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ
МОРФОСТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА**

- Интузивные**
 - [42-Д-II] нижнепалеозойского заложения
 - [42-Д-VI] триасово-раннемелового заложения:
а) экспонированные, б) криптоплутонические
 - [42-Д-IV] позднемелового заложения: а) экспонированные,
б) криптоплутонические
- Экструзивные**
 - [4-Е-V] раннемелового заложения
 - [5-Е-VI] палеогенового заложения
- Вулканогенные**
 - [8-Д-V] палеозойские
 - [9-А-VI] позднетриасовые
 - [12-Б-VI] раннемеловые
 - [12-А-VI] позднемеловые
 - [12-Е-VI] плиоцен-раннечетвертичные
- Сложные магматогенные**
 - [29-Г-VI] длительно развивающиеся
 - Гнейсовые куполы**
 - [17-Д-V] протерозойские
 - Конфокальные неясного происхождения
 - [27-Е-I] протерозойские
 - [27-Е-VI] дебрехнемеловые

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МОРФОСТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА****

- [42-Д] интузивных
- [29-Г] сложных магматогенных
- [17-Д] гнейсовых куполов

Магматические и осадочные породы, расположющиеся согласно концентрами морфоструктур			
		метаморфические	мусковитовые, серцицитовые, слюдяно-кварцевые и слюдяно-альбитовые сланцы
		осадочные	хлорит-кварцевые, хлорит-актинолит-кварцевые сланцы, зеленокаменные эффиузы
		метаморфические	графитоносные сланцы
		осадочные	конгломераты, галечники, грубозернистые песчаники
		осадочные	сланцы, аргиллиты, алевролиты
СОСТАВ МАГМАТОГЕННЫХ ПОРОД			
Вулканогенные			
		Кайнозойские	базальты ($N_2 \cdot Q_1$)
		Мезозойские	андезиты, андезито-дациты и их туфы ($N_2 \cdot Q_1$)
		Кайнозойские	дациты и их туфы (P_1')
		Мезозойские	кварцевые, дацитовые, фельзитовые порфириты и их туфы (K_2^2)
		Мезозойские	порfirиты и их туфы (K_1')
		Мезозойские	липариты, дациты, фельзиты, обсидианы и их туфы (J)
		Мезозойские	порfirиты и их туфы (T_{1-2})
Интузивные			
		Мезозойские интузии	гранодиориты, плагиграниты, монцонито-гранодиориты, гранодиорит-порфириты (K_2^m)
		Палеозойские интузии	биотитовые и биотитово-амфиболовые граниты ($K_2^m es$)
		Палеозойские интузии	существенно плагиоклазовые граниты, плагиграниты ($K_2^m dg$)
		Протерозойские интузии	гранит-порфириты (K_2)
		Протерозойские интузии	диориты, диоритовые порфириты (K_1)
		Протерозойские интузии	лейкократовые граниты и гранит-порфириты (T)
		Протерозойские интузии	биотитовые и биотитово-амфиболовые граниты (RZ_2^m)
		Протерозойские интузии	биотитовые и биотитово-амфиболовые граниты (RZ_3^m)
		Протерозойские интузии	биотитово- и биотитово-амфиболовые граниты (RZ_1^m)
		Протерозойские интузии	гнейсовые биотитовые граниты и гнейсограниты нерасчлененные
		Протерозойские интузии	разрывные нарушения (по геологическим и геофизическим данным)
		Локальные	региональные
		Локальные	локальные
		Зоны предполагаемых надвигов	зоны предполагаемых надвигов
		Границы структурно-формационных комплексов	Границы структурно-формационных комплексов
		Границы литологических подразделений	Границы литологических подразделений

* Фоновая раскраска дается по таблицам цветных обозначений для геологических карт разных масштабов (Жвания, 1960 г.).

** Морфологическое подразделение передается оттенком генетического цвета: для купольных - более темный центр, для кольцевых - более светлый центр, для купольно-кольцевых - чередование темных и светлых оттенков в соответствии с приподнятыми или опущенными концентрами морфоструктур.

рования и имеющихся в распоряжении исследователя данных, а также от целевой направленности работы.

Вариант легенды, разработанный В. В. Соловьевым и В. М. Рыжковой для Буреинского массива, показывает, что при средне- и крупномасштабных съемках наилучший эффект дает применение фоновой цветной раскраски для отражения генетической принадлежности картируемых форм (см. таблицу). Выбор цветов для магматогенных морфоструктур удобно проводить с учетом общепринятой для магматических комплексов пород гаммы: для интрузивных — красно-розовой, для вулканогенных — зелено-зеленой. Метаморфогенные морфоструктуры обозначаются коричневым, а тектоногенные — желто-коричневым цветом. Морфологическая типизация показывается знаками, входящими в обводку внешнего контура и других концентрических составляющих морфоструктур. Дополнительно она может быть подчеркнута тональностью цвета, принятого для генетической характеристики блоков, составляющих морфоструктуры. Для купольных форм центральный блок закрашивается более густым тоном, чем периферические, для кольцевых, наоборот, — центр закрашивается менее интенсивно, для купольно-кольцевых выдерживается чередование более и менее густых тонов в соответствии с относительно приподнятыми или опущенными концентрами структурных форм.

Возрастная характеристика морфоструктур центрального типа может быть передана либо оттенками цвета, либо геохронологическими индексами. Следует отметить, что относительная последовательность возникновения центральных форм в случае их интерференции вычитывается и из взаимоотношения каркасных элементов разновозрастных морфоструктур: элементы более древних структурных форм пересекаются более молодыми.

Поскольку структуры (морфоструктуры) центрального типа, как уже указывалось, являются гетерохронными образованиями, возникающими в различные отрезки геологической истории, весьма важно показать геологический фон, на котором они развиваются. С этой целью легендой предусматривается изображение главнейших структурно-формационных комплексов, развитых на картируемой территории. Обозначаются они линейными границами и ослабленным цветом соответствующих структурно-формационных подразделений. Цветовая закраска структурно-формационных комплексов наносится на поля между закартированными морфоструктурами центрального типа. Передача информации о вещественном составе пород в пределах морфоструктур осуществляется значковыми обозначениями, индивидуальными для осадочных, метаморфических и магматических фаций. Специальными знаками передается информация о различных дизъюнктивных нарушениях, секущих морфоструктуры центрального типа.

При составлении карт в мелких масштабах фоновую закраску предпочтительнее отдать морфологической характеристике структурных форм центрального типа, перенеся остальную информацию в штриховые обозначения и индексы. Такое использование изобразительных средств определяется неоднородностью и сложностью (а иногда неясностью) происхождения отдельных частей и секториальных блоков высокопорядковых таксонов, картируемых в этих масштабах. Геотектоническая обстановка на мелкомасштабных картах может быть передана ослабленными цветными тонами в соответствии с основными геотектоническими подразделениями или структурно-формационными комплексами. Учитывая длительное прерывисто-пульсирующее развитие крупных морфоструктур центрального типа, их возрастную характеристику удобно передавать геохронологическими индексами в виде хронорядов: первый символ указывает на время заложения структуры (морфоструктуры), а последующие, заключенные в скобки,— на время проявления активизационных импульсов, подновляющих или усложняющих материнскую форму в процессе ее развития.

Например, хроноряд Р(К₂, Р) обозначает, что анализируемая форма заложилась в пермское время, а испытала активизацию в позднем мелу и в палеогене.

Ограничившись общими замечаниями о картировании морфоструктур центрального типа и вышеприведенной информацией о построении специализированных легенд, остановимся подробнее на легенде к обзорным картам.

Легенда для обзорных карт морфоструктур центрального типа разрабатывалась с учетом таксономического ранга картируемых подразделений, что обусловило некоторое отличие от вышеприведенных систем обозначений.

Поскольку в обзорном масштабе возможно изображение преимущественно крупных структурных форм, тесно связанных с глубинными неоднородностями строения земной коры, возникла необходимость предусмотреть систему обозначений для отражения этих связей с морфоструктурными подразделениями. Многочисленные варианты пробных макетов убедили в том, что упомянутая корреляция лучше всего читается на уровне мощности земной коры, которая и была принята как фоновая основа карты.

Вторая особенность, которая косвенно также предопределена масштабом картосоставления, касается основной характеристики структурных форм, которая должна передаваться цветом. Выбор морфологии, возраста или генезиса как основного параметра связан с масштабом карт.

Высокий таксономический ранг структур, изображенных на обзорных картах, предопределяет гетерогенность этих структур как в целом, так и в отдельных составляющих частях, что крайне затрудняет генетическую диагностику картируемых категорий.

рий. Кроме того, обширные площади, охватываемые обзорными картами, включают районы с резко неоднородной степенью генетической изученности структурных форм, что также не способствует избранию «происхождения» структурных форм в качестве их основной картографической характеристики. Предпочтение в этом отношении (из-за ограниченности информации) не может быть отдано и возрасту структурных форм. В соответствии с имеющимися в настоящее время фактическими данными выбор основного картографического средства изображения — цвета был сделан в пользу морфологии структурных форм. В дальнейшем, по мере накопления необходимых сведений, предполагается перейти к генетическому варианту картирования.

Проведенные разработки нашли отражение на впервые составленной Карте морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000. Рассмотрим ее легенду.

В качестве основного картируемого объекта избраны морфоструктуры (структуры) центрального типа, обозначаемые системами каркасных линий (зон разломов и трещиноватости), образующих радиально-концентрический остов изображаемых таксонов. Каркасные линии являются не произвольными знаками, а отдешифрированными элементами центральных структур в их проекции на плоскость земной поверхности. Благодаря многократной проверке и трансформации выделенных контуров на разномасштабных материалах уровень точности нанесения каркасных элементов отвечает масштабу 1 : 2 500 000.

Легенда для основных характеристик морфоструктур построена в виде решетки. По ее горизонтальным линиям передана информация о морфологической принадлежности структурных форм. Главным морфологическим группам структурных форм (купольным, кольцевым и купольно-кольцевым) присвоены самостоятельные цвета. Так как каждая структурная форма, как правило, состоит из серии разновысотных блоков, образующих в совокупности ту или иную морфологическую категорию, в пределах каждой структуры приподнятые блоки закрашиваются более густым цветом, а относительно опущенные — ослабленным.

Вертикальные столбы легенды упорядочивают структурные формы по времени заложения. Предусмотрен показ двух хронорядов структурных форм — мезозойско-кайнозойского и домезозайского заложения. Цвета структурных форм внутри каждого хроноряда подобраны в близкой тональности: для кайнотипных форм — в красно-оранжевой, для палеотипных — в розовато-малиновой. Такая хронологическая дифференциация, но переданная другим приемом, сохраняется и для криптоморфных (погребенных) объектов. В последнем случае структуры показаны не сплошной закраской, а цветовой обводкой масштабно-ареаль-

ных значков (для каждой морфологической группы их разработан свой рисунок значков).

Кроме того, только каркасными элементами выделяются структурные формы неясной морфологической принадлежности и неопределенного времени заложения.

Внemасштабными значками (с точной географической привязкой на карте) отображены мелкие (низкпорядковые) купольные и кольцевые формы.

Фоновые «межструктурные» поля на карте передают информацию о мощности земной коры. В качестве исходного материала использованы главным образом данные Н. А. Беляевского, А. А. Борисова, И. С. Вольвовского [3] с небольшими дополнениями по другим источникам (С. А. Деменицкая, С. Л. Соловьев). Мощность земной коры показана на карте не в изогипсах, а в эмпирически проранжированных ступенях с разными интервалами (в км): 16—20, 20—25, 25—28, 28—30, 30—33, 33—35, 35—38, 38—40, 40—43, 43—45, 45—47, 47—50, 50—55 и более. Ступени мощностей подбирались с таким расчетом, чтобы можно было установить их соотношение с высокопорядковыми структурными формами. Цвет для мощностных ступеней подобран в гипсометрической последовательности от зеленого до коричневого (50—55 км и более).

Линейно-масштабные цветные знаки передают позицию границ мощностей земной коры, совпадающих с концентрическими элементами мегаструктур. Значительное внимание уделено сектующим линейным разрывным нарушениям.

Несмотря на ограниченное число условных обозначений, легенда в целом обеспечила показ разнообразных категорий морфоструктур центрального типа и впервые дала возможность отразить их распространение для всей территории СССР.

В заключение главы не лишне еще раз напомнить, что морфоструктурные категории в легенде (и на карте) даны с позиций геолого-морфологического анализа. Поэтому все контуры и элементы морфоструктур строго отвечают соответствующим элементам структур центрального типа, а в ряде случаев (при скрытых продукцирующих телах) — проекциям этих структурных элементов на дневную поверхность. Соответственно карта морфоструктур является не чем иным как картой структур центрального типа в их морфологическом выражении или в проекциях их каркасных зон на дневную поверхность.

Структуры центрального типа территории СССР

Составленная для территории СССР обзорная карта морфоструктур центрального типа дала возможность в более полном объеме оценить роль разнорядковых центральных структур в общем процессе геотектогенеза. Благодаря тому, что были выявлены и закартированы разновозрастные структурные формы и показаны не выведенные на дневную поверхность их разновидности, впервые стало очевидным, что эта структурная категория является одной из ведущих, значение которой до сих пор явно недооценивалось.

Повсеместность распространения центральных форм и несколько непривычные их изометрические очертания создают, на первый взгляд, впечатление некоторой бессистемности в отношении их пространственной позиции. Однако даже беглый анализ карты убеждает в противном. В развитии центральных структур устанавливается достаточно выдержанная закономерность, проявляющаяся наиболее часто в планомерном сгущении низкорядковых форм по зонам внешних концентров или во внутренних областях высокорядковых интрагеогенных структур (рис. 9). Обращает на себя внимание и связь центральных структур с линейными, выражаясь в цепочном распространении центральных форм вдоль протяженных зон разломов.

Морфологические параметры рассматриваемых структур теснейшим образом связаны с особенностями геологического строения и глубинными неоднородностями, отражая специфику тех или иных геологических и тектонических (по Т. Н. Спижарскому) тел. Составленные в одном масштабе с анализируемой картой геологическая карта и карта аномального магнитного поля территории СССР, а также другие многочисленные более крупномасштабные материалы позволяют интерпретировать многие из выделенных структурных форм центрального типа с общегеологических позиций. Однако ограниченность объема настоящей публикации исключает возможность последовательного регионального обзора таких соотношений. Наиболее экономичным представляется освещение геологической сущности центральных структурных форм по их крупнейшим подразделениям с последующим очень сжатым разбором особенностей более низкорядковых таксонов, осложняющих мегаформы.

Необходимость более пристального рассмотрения интрагеогенных мегаструктур центрального типа следует и из того факта, что ранее они вообще не выделялись. В какой-то мере сопозиционными с высокорядковыми мегаструктурами центрального типа можно считать мегаундации, схематически намеченные Ван Беммеленом [5] преимущественно для акваторий и прилегающих к ним частей материков. Построения этого автора ба-

зировались на интерпретации громадных гравитационных аномалий, установленных с американских космических аппаратов [87]. Однако в отличие от центральных мегаструктур, обладающих симметрией конуса, мегаундации хотя и связаны, по мнению Р. У. Ван Беммеля, с мантийными неоднородностями,

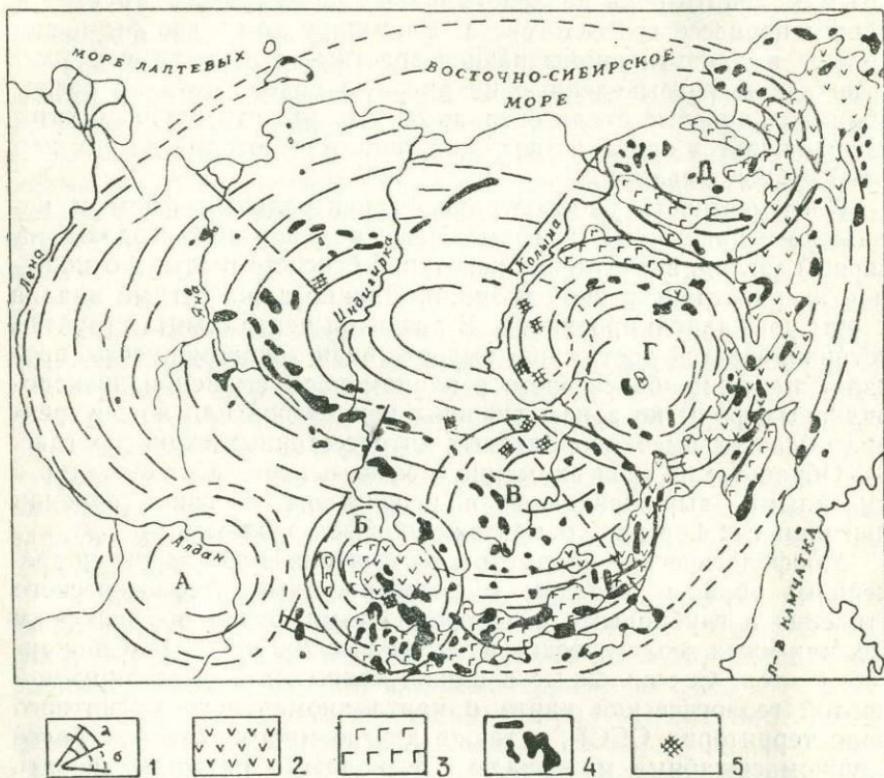


Рис. 9. Верхояно-Колымская мегаструктура центрального типа.

1 — каркасные элементы: а — установленные, б — предполагаемые; 2 — верхнемеловые палеогеновые эфузивы; 3 — нижнемеловые эфузивы; 4 — мезозойско-кайнозойские грэнитоиды; 5 — выходы докембра. Осложняющие структуры (астеноконы): А — Якутская, Б — Оймякоанская, В — Магаданская, Г — Омолонская, Д — Анюйская.

но имеют очертания линейно вытянутых или неправильной формы фигур (см. рис. 24). Выявленные же в процессе геолого-морфологического анализа мегаструктуры охарактеризованы по многим показателям: по геологическому и тектоническому строению, по связям с геофизическими полями, по особенностям локализации рудного вещества и развитию магматизма, по геоморфологической выраженности на разных континентах и т. д. [12, 47, 60, 62, 65—69, 89]. В самое последнее время фрагменты мегаструктур центрального типа и отдельные их состав-

ляющие начали различаться по космическим радиотелевизионным снимкам. Можно сослаться на пример исследования Алданского свода, который благодаря использованию дистанционных методов теперь многими геологами начал рассматриваться как гигантская кольцевая структура [12].

В пределах территории СССР выделяется целый ряд центральных мегаструктур (рис. 10), наиболее представительные из которых будут рассмотрены ниже по различным параметрам. Такому рассмотрению целесообразно предпослать краткий анализ особенностей распределения мощностей земной коры и развития аномальных магнитных полей, т. е. тех показателей, которыми охарактеризованы все анализируемые интрагеогенные структуры.

Распределение мощности земной коры в пределах мегаструктур центрального типа

Карта морфоструктур центрального типа, как уже упоминалось, несет информацию о мощности земной коры, на фоне которой изображены различные категории структурных форм. Однако обилие показанных на ней низко- и среднепорядковых структур затрудняет анализ распределения мощности земной коры в пределах мегаструктур. По этой причине была составлена специальная схема соотношения мощностей земной коры и мегаструктур центрального типа (рис. 10). Сведения о мощности коры для нее, так же как и для основной карты, трансформированы по данным, заимствованным из работы Н. А. Беляевского [3].

Благодаря тому, что на схеме мощность коры разбита на специально подобранные дискретные ступени с разными интервалами, соответствие рельефа поверхности Мохоровичча большинству мегаструктур становится вполне очевидным. На схеме, в отличие от карты морфоструктур, информация о распределении мощностей земной коры дана не только для суши, но и для примыкающих к ней акваторий.

Интрагеогенные структуры по своей морфологической принадлежности разделены на положительные (мегасводовые) и отрицательные (мегакольцевые). Лишь отдельные мегаструктуры морфологически не охарактеризованы. Помимо двух порядков мегаструктур на схему вынесены наиболее представительные макроструктуры центрального типа.

Крайний Северо-Восток Советского Союза (включая Чукотку и Корякию), а также восточное побережье Северной Камчатки и Командорские острова относятся к Алеутско-Чукотской (Беринговоморской) кольцевой мегаструктуре, осложненной в юго-западном секторе кольцевым низкопорядковым астеноконом Западной впадины. Для обе-

их структурных форм характерно упорядоченное распределение мощностных ступеней, обладающих минимальными значениями в центральных областях и более повышенными — в зонах периферических концентров. В Западной котловине мощность меняется от 10 до 30 км, в материнской Беринговоморской — от 15 км (в центре) до 40 км (в северном концентрическом блоке).

Верхояно-Колымская мегаструктура имеет сложный поперечный профиль, не позволяющий уверенно определить ее морфологическую принадлежность, хотя ближе всего она, пожалуй, стоит к группе сложных кольцевых структурных форм. Рисунок мощностных ступеней в пределах этой мегаструктуры в целом согласен с ее планом. Устанавливается тенденция увеличения мощности на периферии (особенно заметная в юго-западном сегменте мегаструктуры). Мощность здесь возрастает до 40—42 км и более. В центральной области она снижается до 38 км. Внешний контур мегаструктуры отрисовывается узкой полосой низких мощностей (до 28 км).

Восточная часть мегаструктуры переработана концентрическим блоком Беринговоморского геокона.

Алданская сводовая мегаструктура характеризуется выдержаными ступенями мощности, образующими конформный ее контуру концентрический рисунок. По направлению от подножья мегасвода к его центру мощность коры возрастает от 35—37 до 42 км.

Северо-восточный фланг Алданского мегасвода обрезан Верхояно-Колымской мегаструктурой.

Восточно-Азиатская кольцевая мегаструктура является одной из наиболее представительных и лучше изученных. Северная периферия ее осложнена интерферирующими Алданским мегасводом, а юго-западная часть обрезана зоной Саяно-Ляодунского линеамента. Рисунок мощностных ступеней земной коры конформен концентрам мегаструктуры. В целом для зоны внешних концентрических блоков характерна повышенная мощность (в среднем 40—42 км), а по направлению к внутренней области она уменьшается до 30 и даже 28 км. Внешний контур Восточно-Азиатского геокона подчеркнут узкой полосой пониженной мощности (35—37 км для Байкальского и 25—27 км для Япономорского секторов).

Таймырская кольцевая мегаструктура представлена только южным секториальным блоком. Во внешней концентрической части его мощность коры достигает 37 км, в то время как во внутренней области (район Северной Земли) уменьшается до 30 км.

Анабарская сводовая мегаструктура является сложным сооружением, расчлененным зоной Мойеро-Котуйских разломов, западнее которой располагается низкопорядковый Путоранский мегасвод. В апикальной части Анабарского свода мощность коры 37 км, а по его периферии — около 33 км.

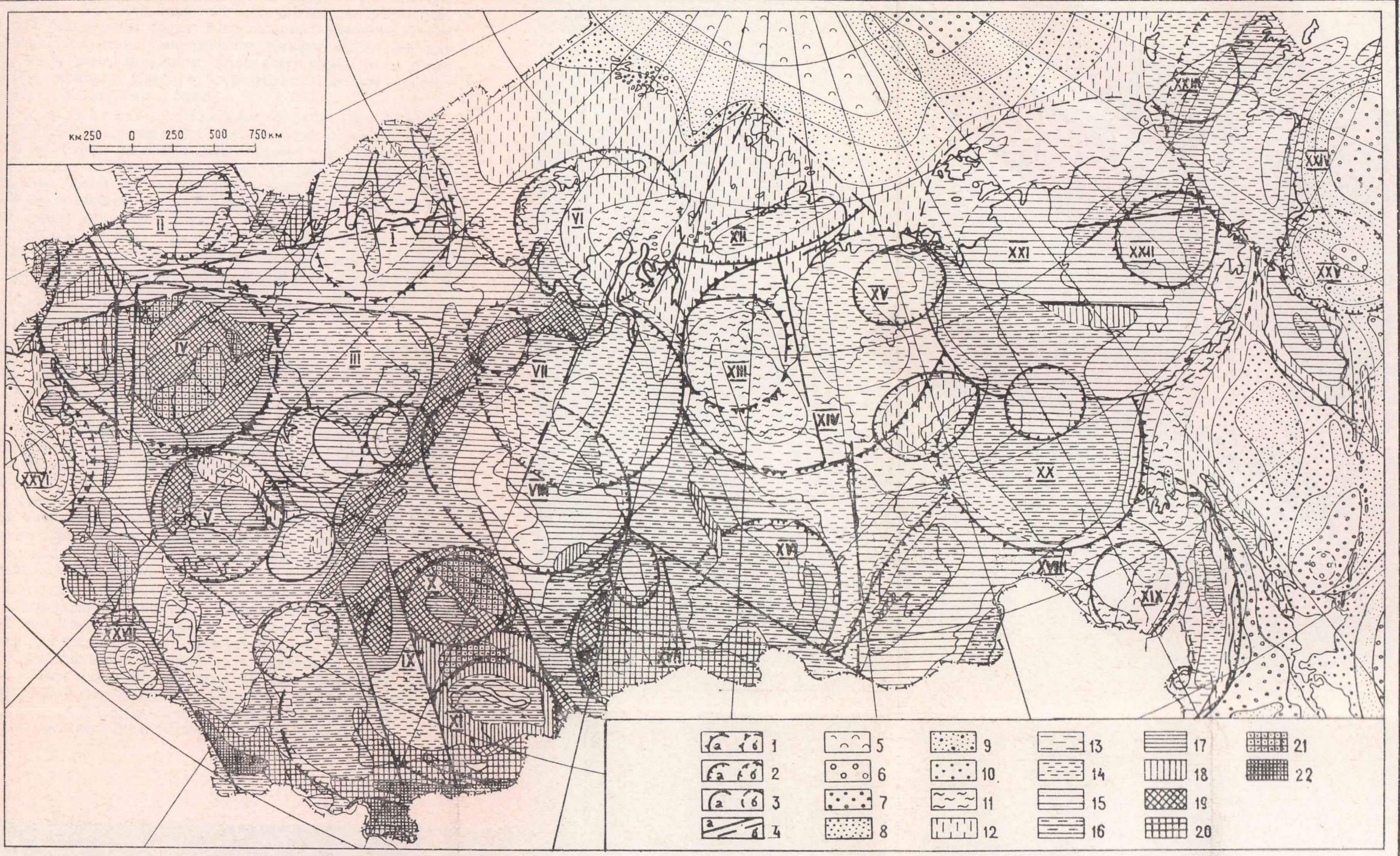


Рис. 10. Схематическая карта распределения мощностей земной коры в пределах мегаструктур центрального типа.

Мегаструктуры: а — четко выраженные, б — выделенные предположительно: 1 — сводовые; 2 — кольцевые; 3 — неясной морфологической принадлежности; 4 — трансрегиональные разломы (установленные и предполагаемые). Ступени мощности земной коры: 5 — 10 км и менее; 6 —

10—12 км; 7 — 12—16 км; 8 — 16—20 км; 9 — 20—25 км; 10 — 25—28 км; 11 — 28—30 км; 12 — 30—33 км; 13 — 33—35 км; 14 — 35—38 км; 15 — 38—40 км; 16 — 40—43 км; 17 — 43—45 км; 18 — 45 км; 19 — 45—47 км; 20 — 47—50 км; 21 — 50—55 км; 22 — 55 км и более. Найменование структур: I — Беломорская; II — Прибалтийская; III — Волго-Уральская; IV — Среднерусская; V — Прикаспийская; VI — Новоземельская; VII — Об-

ская; VIII — Иртышская; IX — Казахстанская; X — Коκчетавская; XI — Балхашская; XII — Таймырская; XIII — Путоранская; XIV — Анабарская; XV — Оленекская; XVI — Ангарская; XVII — Алтае-Саянская; XVIII — Восточно-Азиатская; XIX — Буреинская; XX — Алданская; XXI — Верхояно-Колымская; XXII — Омолонская; XXIII — Чукотская; XXIV — Алеутско-Чукотская; XXV — Западная впадина; XXVI — Восточно-Черноморская; XXVII — Южно-Каспийская.

В Путоранском своде наблюдается обратная тенденция: мощность коры здесь несколько понижена в центре (28—30 км) и возрастает к периферии структуры. На северном фланге его мощность земной коры 35—37 км.

Ангарская сводовая мегаструктура по взаимоотношению с Восточно-Азиатским геоконом и по размерности аналогична Алданскому своду. Юго-западная половина ее обрезана Саяно-Ляодунским линеаментом. Конформное плану мегаструктуры изменение мощности лучше всего видно по ее северо-восточному сегменту. Здесь от периферии к центру мощность возрастает от 35 до 42 км и более.

Алтае-Саянская сводовая мегаструктура в пределах СССР располагается только своей северной частью. Для нее (особенно по западному сектору) характерно резкое изменение мощности коры (от 47 до 43 км), происходящее в сравнительно узкой полосе внешнего концентрического блока. В центральной области Алтае-Саянского геокона максимальная мощность коры составляет 50 км.

Новоземельская кольцевая мегаструктура своей центральной частью расположена в акватории Карского моря, где мощность земной коры составляет 28—30 км. По внешним концентрическим блокам этого геокона мощности коры заметно увеличены: 35—37 км в Новоземельском, 42—45 км в Урало-Пайхайском сегментах.

Обская кольцевая мегаструктура охватывает большую часть Западно-Сибирской низменности и горные сооружения Полярного Урала. Крайняя северная оконечность ее переработана вышерассмотренной Новоземельской мегаформой. В центре Обского геокона отмечается минимальная мощность земной коры (меньше 35 км), которая к периферии зонально (по конформным мегаструктуре мощностным ступеням) возрастает до 40 км на Енисейском фланге и до 45—47 км на Полярно-Уральском.

Иртышская кольцевая мегаструктура на северной оконечности переработана Обской мегаформой. На остальной ее площади мощности земной коры закономерно возрастают к внешней зоне от 33—35 до 45 км и более (в пределах восточного склона Урала).

Казахская кольцевая мегаструктура охватывает Казахстан и частично среднеазиатские территории (Тянь-Шань, Карагату, Нурунтау, Туркестанский хребет и др.). Западная граница мегаструктуры устанавливается предположительно. Она проведена условно по направлению к Аральскому геокону. Казахская мегаструктура разбита системами глубинных разломов северо-западного простирания на громадные сегментные блоки. Ступени мощностей земной коры располагаются в таких смежных сегментных блоках со сдвигом.

Осложняющие низкопорядковые мегаструктуры сводовая Кокчетавская и кольцевая Балхашская характеризуются довольно упорядоченным распределением мощностных ступеней. В Кокчетавском своде намечается возрастание мощности от 42 км у подножья до 67 км во внутренних зонах. Аномальное увеличение мощности земной коры (до 50—55 км) установлено в северном блоке свода, а уменьшение (до 43—45 км) — в южной части мегаструктуры. Последнее, видимо, связано с влиянием наложенной Тенгизской кольцевой структуры низкого ранга.

В пределах Балхашской кольцевой мегаструктуры мощность земной коры закономерно снижается от 45 до 40—42 км (в центральной области вокруг оз. Балхаш).

Беломорская сводовая мегаструктура охарактеризована фрагментами концентрически расположенных мощностных ступеней. Однозначной тенденции к увеличению или уменьшению мощности земной коры (как в большинстве других мегаструктур) здесь установить не удается. По отношению к окружающему мегаструктуре пространству ее мощность несколько понижена (33—35 и 35—37 км), увеличивается до 45 км она только в северо-западном секториальном блоке мегаструктуры.

Прибалтийская кольцевая мегаструктура подчеркнута несколько повышенными мощностями земной коры по внешним концентрическим блокам (40—45 км) и несколько пониженными величинами в центральной части (40 км и менее).

Среднерусская сводовая мегаструктура наиболее представительна для европейской части СССР. Для нее показательно концентрическое распределение ступеней мощности земной коры, подчеркивающих закономерное возрастание ее значений от 43—45 км у подножья до 50—54 км в центральной области. Аномальное понижение мощности, не согласующееся с общей схемой, приходится только на Днепровско-Донецкий авлакоген.

Волго-Уральская сводовая мегаструктура от окружающих территорий отличается повышенной мощностью земной коры. Внутри самой мегаструктуры дифференциация на мощностные ступени практически отсутствует. По всей площади мощность колеблется от 40 до 42 км.

Прикаспийская кольцевая мегаструктура, в отличие от Волго-Уральского геокона, обладает определенной дифференциацией земной коры. Блоки различной мощности конформны концентрическим элементам мегаструктуры. Однако хорошо выраженной односторонней тенденции к увеличению или уменьшению мощностей по отношению к центру мегаструктуры здесь нет. В этом отношении Прикаспийский геокон напоминает Беломорский свод.

В заключение обзора распределения мощностей нужно остановиться на мощности земной коры двух низкопорядковых кольцевых мегаструктур: Восточно-Черноморской и Южно-Каспийской. Обе они характеризуются весьма выдержаным концентрически-зональным возрастанием мощностей: от центра к периферии. Экстремальные значения мощностей: от 20 до 43 км в Восточно-Черноморской мегаструктуре и от 28 до 50 км в Южно-Каспийской. Рассмотренные структурные формы по морфологии, размерности и распределению мощностей напоминают астенокон Западной впадины.

Проведенный беглый анализ распределения мощностей земной коры по основным мегаструктурам центрального типа СССР позволяет сделать несколько существенных выводов:

1. Распределение мощностей земной коры в мегаструктурах центрального типа в целом упорядочено. Мощностные ступени обычно конформны концентрическим элементам мегаструктур.

2. Различные морфологические категории мегаструктур обладают различным вектором распределения мощностей. Для сводовых форм характерно концентрически-зональное увеличение мощностей от подошвы к апикальной части. В кольцевых мегаструктурах обычно обратное соотношение. Этот факт может свидетельствовать о разном энергетическом режиме основных категорий мегаструктур. Мегаструктуры с нарушенным соотношением мощностей, возможно, находятся в стадии перераспределения энергетического баланса и перестройки корового режима (Беломорская, Прикаспийская, Путоранская мегаструктуры).

3. Интерференционные ряды мегаструктур (с упорядоченными мощностными ступенями) позволяют наметить относительную хронологическую последовательность становления соответствующих массивов земной коры. Например, вдоль Тихоокеанского побережья СССР намечается последовательное «омоложение» мощностных массивов по направлению с юго-запада на северо-восток в связи с последовательной интерференцией Восточно-Азиатской, Алданской, Верхояно-Колымской и Алеутско-Чукотской мегаструктур. Не исключено, что такая историческая последовательность становления мощностных массивов мегаструктур отражает миграцию процессов тектоно-магматической активизации Тихоокеанского подвижного пояса.

Другой хорошо выраженный интерференционный ряд мегаструктур, включающий Новоземельскую, Обскую, Иртышскую и Казахскую мегаформы, вытянут вдоль осевого меридиана Западной Сибири. Последовательное омоложение мегаструктурных мощностных массивов земной коры здесь происходило с юга на север.

*Соотношение мегаструктур центрального типа
с элементами аномального магнитного поля*

Карта аномального магнитного поля СССР м-ба 1 : 10 000 000, составленная под редакцией Н. М. Соловьевой [22], дает богатый материал для того, чтобы выяснить магнитные характеристики мегаструктур центрального типа.

Вынесение контуров мегаструктур, выявленных в процессе геолого-морфологического анализа, на эту карту показало удивительное совпадение магнитных аномалий с целым рядом центральноструктурных элементов. В то же время большое количество центральных мегаформ обнаружило лишь приближенное их соответствие магнитным полям. Изучение причин ослабленной коррелятивности привело к заключению о том, что принятая на магнитной карте шкала подразделения магнитного поля из-за излишней дробности затушевывает соотношения с элементами мегаструктур. Мелкие контуры магнитных аномалий часто совпадали с относительно низкопорядковыми центральными структурами и благодаря своей многочисленности затрудняли установление генеральных связей с мегаструктурами.

Для наиболее полного отражения блоков мегаструктур в магнитных полях В. В. Соловьевым и В. М. Рыжковой была составлена специализированная схематическая карта соотношения мегаструктур центрального типа с элементами трансформированного магнитного поля территории СССР в м-бе 1 : 10 000 000 (см. приложение). На схематическую карту вынесены пунктирными знаками контуры всех мегаструктур центрального типа, отдешифрированных при геолого-морфологическом анализе территории СССР.

Фоновая цветная раскраска отдана для обозначения типа магнитных полей блоков, слагающих мегаструктуры. Исходный фактический материал по магнитным полям заимствован из упоминавшейся карты под редакцией Н. М. Соловьевой. Его, как уже отмечалось, пришлось трансформировать соответственно основной задаче — характеристике центральных мегаструктур.

Прежде всего предстояло избавиться от помех, вызываемых локальными магнитными аномалиями низкопорядковых структур центрального типа. Для этого вместо девяти градаций полей, принятых на магнитной карте, были приняты три, отражающие положительные и отрицательные значения (ΔT)_a, а также нейтральные поля в интервале $-1 + 1$ (в миллизерстедах).

Затем возникла необходимость избрать те элементарные картировочные единицы, которые должны были передать информацию о магнитных параметрах мегаструктур. За такие единицы были приняты магнитнооднородные радиальные и концептрические блоки, слагающие мегаструктуры центрального типа.

Последовательность операций по выделению блоков, охарактеризованных магнитными полями, показана на рис. 11. Значе-

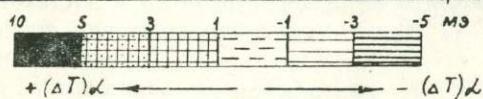
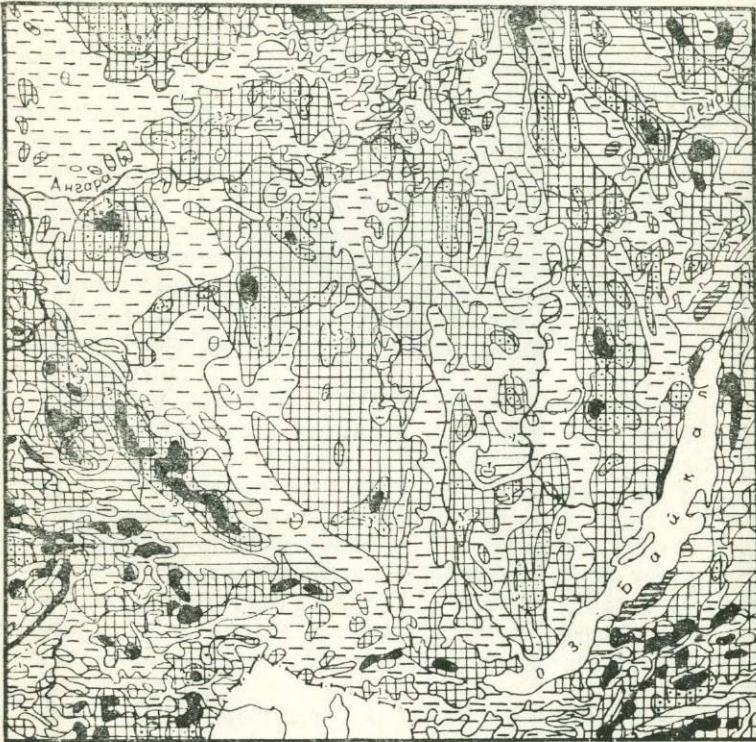
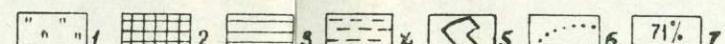
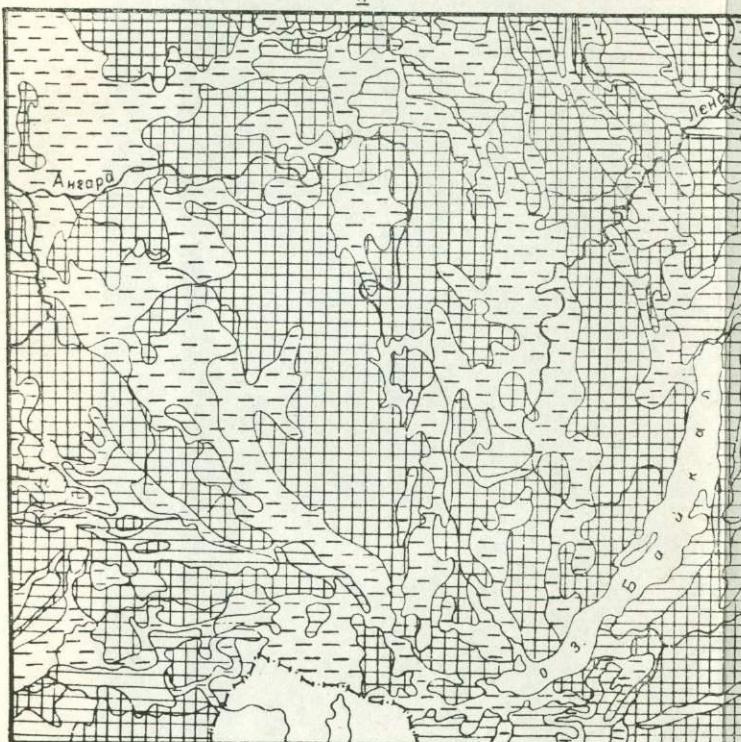
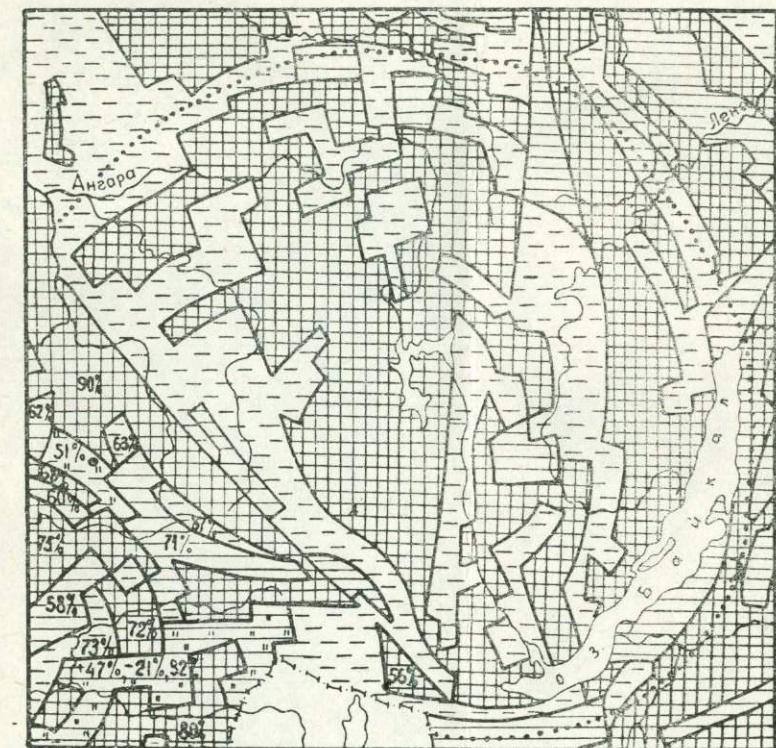


Рис. 11. Схема трансформации аномального магнитного поля.

I — фрагмент карты аномального магнитного поля [22]; II — генерализованная карта аномального магнитного поля; III — схематическая карта мегаструктур центрального типа в элементах трансформированного аномального магнитного поля. 1 — блоки со знакопеременным магнитным полем; 2 — блоки преимущественно с положительным магнитным полем; 3 — блоки преимущественно



с отрицательным магнитным полем; 4 — блоки преимущественно с нейтральным магнитным полем $[+1(\Delta T) \alpha - 1(\Delta T) \alpha]$; 5 — границы магнитнооднородных блоков; 6 — границы мегаструктур; 7 — площадь преобладающего значения магнитного поля в процентах.



ние усредненной магнитной характеристики для каждого блока рассчитывалось отдельно. Положительное, отрицательное или нейтральное значение присваивалось тому или иному блоку в случае явного преобладания в его пределах (более 60% по площади) соответствующего значения магнитного поля.

Отдельные блоки, внутри которых устанавливалось равное и дробное чередование положительных и отрицательных аномальных полей, показаны штриховкой знакопеременного поля.

Рисовка контуров на схематической карте обладает определенной стилизацией, определяющейся радиально-концентрической геометрией структур центрального типа. Вместо волнистых и беспорядочно замкнутых мелких контуров исходной карты магнитного поля здесь преобладают прямолинейные или плавно изогнутые абрисы достаточно крупных магнитнооднородных блоков, слагающих мегаструктуры центрального типа.

Отмеченные приемы трансформации аномальных магнитных полей позволили составить схематическую карту, на которой центральные мегаструктуры получили характеристику еще по одному параметру.

Исследование магнитных полей представляет самостоятельную задачу и, естественно, нами не затрагивается. Главная цель проведенной работы на данном этапе заключалась в подтверждении существования мегаструктур центрального типа по признаку, независимому от других показателей. Как представляется, эта цель была вполне достигнута. На схематической карте в сочетании трансформированных магнитных блоков нашли отражение все мегаструктуры СССР. Более того, прекрасное выражение получили и многие макроструктуры центрального типа, такие, как Буреинский и Патомский астеноконы, Каракумская кольцевая структура.

Остановимся на некоторых моментах, уточняющих или дополняющих информацию о мегаструктурах, полученную при изучении схематической карты соотношения мегаструктур и аномального магнитного поля.

Для Верхояно-Колымской мегаструктуры получена более полная информация о строении ее северо-восточной половины, слабо отрисованной линеаментами и характеризующейся неконтрастными ступенями мощности земной коры. На схематической карте отчетливо видно концентрическое распределение блоков по отношению к центру мегаструктуры в междуречье Индигирки и Колымы.

Кроме того, конформные Верхояно-Колымскому геокону «магнитные» блоки отрисовались в бассейне р. Анадырь, как бы просвечивая через элементы Алеутско-Чукотской мегаструктуры. Этот феномен связан с еще одной особенностью схематической карты. На ней в ряде случаев проявляются центральные формы в районах, где они не были установлены при геолого-морфологическом дешифрировании. Так была выявлена Чукотская цен-

тральная структура, располагающаяся в пределах одноименного нагорья.

Четким радиально-концентрическим рисунком блоков выражен Алданский мегасвод. Восточно-Азиатский геокон представлен главным образом концентрическими системами блоков. Хорошо оконтурился Буреинский астенокон, продолжение которого уже за внешними концентрами структуры улавливается магнитными полями на значительном расстоянии. Так, если по данным геолого-морфологического дешифрирования поперечник Буреинской центральной структуры 450 км, то по магнитным параметрам — 700 км.

На схематической карте получили уточнение границы большинства других структурных подразделений центрального типа. В частности, более определенно отрисовались контуры Оленекской кольцевой формы Патомского свода. Весьма важным представляется уточнение границ Ангарского свода. Периферия его юго-восточного сектора, по магнитным данным, располагается вдоль восточного побережья оз. Байкал, т. е. значительно восточнее, чем предполагалось раньше.

Новую структурную форму центрального типа, соизмеримую с Буреинской структурой, удалось выделить на схематической карте в междуречье Олекмы и Витима. Северо-западный сектор этой структуры осложнен Патомским сводом.

Более определенное западное замыкание получила Казахская мегаструктура центрального типа. Магнитнооднородные блоки ее не подтверждают гипотетическое соединение тяньшаньских и уральских структурных элементов.

Во многих случаях контуры центральных мегаструктур европейской части СССР, выделенные по магнитным данным, характеризуются увеличением радиуса по сравнению с теми же структурами, отдешифрированными дистанционными методами. Таковы Беломорская, Прибалтийская, Волго-Уральская и другие мегаструктуры.

Одной из характерных особенностей структурных форм, изображенных на рассматриваемой схематической карте, является взаимопроникновение магнитнооднородных блоков смежных структур в случае их интерференции. Такие соотношения упоминались уже для Верхояно-Колымской и Алеутско-Чукотской мегаструктур. Имеют место они и в зоне интерференции Обской и Иртышской, Волго-Уральской и Среднерусской мегаструктур центрального типа.

Схематическая карта соотношения мегаструктур центрального типа и элементов аномального магнитного поля интересна своей информативностью, полученной на уровне предельной генерализации магнитных полей. На ней отчетливо видно, что проявление земного магнетизма (выраженного в аномальных полях) связано с отдельными центрами, хорошо коррелирующими с мегаструктурами. Геофизическая сущность этого явления

требует специального анализа и не входит в нашу задачу. Здесь представляется более важным обратить внимание на геологическую сторону установленного соотношения. Поскольку аномальные поля предопределены магнитными свойствами горных пород, в том числе и приобретенными во время их образования, можно сделать вывод о том, что упорядоченность аномальных магнитных полей указывает на вполне упорядоченное (в пределах мегаструктур) размещение вещества. Это, скорее всего, явилось следствием мобилизации и подъема вещества в процессе развития интрагеогенных структур центрального типа.

Другой вывод касается возможности уточнения границ центральных мегаструктур по магнитным данным. Как правило, по аномальным полям устанавливаются большие площади мегаструктур центрального типа, что весьма существенно для определения объемных фигур этих геотектонических образований.

Наконец, заслуживает пристального внимания различная степень «просвечивания» магнитнооднородных блоков, принадлежащих одной мегаструктуре при наложении на нее фланга другой структурной формы. По этому показателю можно получить косвенные сведения об интенсивности (а возможно, и относительной длительности) переработки структурного плана и вещества мегаформ в зонах их интерференции.

Составление рассмотренной схематической карты соотношения мегаструктур центрального типа и элементов аномального магнитного поля является первым опытом такого рода работ. Схематическая карта, конечно, не лишена недостатков и потребует дальнейшего уточнения. Однако думается, что и в своем настоящем виде она принесла много новых сведений, важных для понимания сущности мегаструктур центрального типа.

Генетическая интерпретация морфоструктур центрального типа

Закартированные для всей территории СССР разнорядковые центральные структурные формы, как уже отмечалось, изображены на обзорной карте м-ба 1 : 10 000 000 в виде морфологических таксонов, подразделенных на группы купольных (положительных), колышевых (отрицательных) и купольно-кольцевых (переходных) форм. Составление генетического варианта карты является следующим этапом работ. Однако, как показали исследования, и по морфологическому варианту можно получить богатую информацию о происхождении и геологической сущности объектов центрального типа.

В качестве примера подобной интерпретации рассмотрим несколько разнорядковых морфологических категорий, пользуясь вышеприведенными генетическими классификациями морфоструктур центрального типа.

Поскольку центральные формы прекрасно таксономически ранжируются, такое рассмотрение целесообразно провести в соответствии с соподчиненностью структурных образований. Вполне естественно, что при этом должны быть использованы все сведения геолого-геофизического плана для анализируемых площадей и сохранена последовательность рассмотрения от общего к частному, от крупных подразделений к мелким.

Геолого-тектоническую интерпретацию удобно проводить по отдельным интрагеогенным мегаструктурам, выражающим определенное единство геодинамических напряжений на обширных территориях.

Наиболее изученной мегаструктурой центрального типа (на современном уровне знаний) является Восточно-Азиатская кольцевая мегаформа.

Колоссальная по своим размерам (2200 км в поперечнике), эта мегаструктура хорошо выражена в конформном распределении ступеней мощности земной коры и трассируется выходами глубинных базальтоидов, содержащих нодулы мантийного вещества. Ее концентрические составляющие согласуются с границами геофизических полей (по данным Г. А. Генко, В. К. Львова, У. И. Монсеенко) Монголо-Охотской и Сихотэ-Алинской складчатых областей. Выделяемые Л. И. Красным [27] геоблоки неплохо вписываются в контуры Восточно-Азиатской кольцевой мегаструктуры. Крупнейшие орографические системы также конформны плану мегаструктуры: горные сооружения Забайкалья, Приамурья и Сихотэ-Алиня приурочены к ее внешним концентрическим блокам, а холмисто-увалистые и равнинные категории — к внутренней области.

Распределение основных геотектонических подразделений (геосинклинально-складчатых зон, платформенных подразделений, вулканических поясов, зон активизации) контролируется концентрическими и радиально-концентрическими элементами мегаструктуры [67, 69, 89].

Чрезвычайно высокую степень согласованности с внешними концентрами Восточно-Азиатского кольца обнаруживают геосинклинальные пояса как Забайкалья, так и Монголо-Охотии и Сихотэ-Алиня. Молодые платформы Приамурья и Китайская платформа тяготеют к внутренним областям мегаструктуры.

По принятой нами классификации рассматриваемая мегаструктура относится к категории геоконов (крупнейших структурных подразделений центрального типа, обладающих глубокими мантийными корнями). Верхнемантийное заложение имеет Ангарский и Алданский мегасводы, осложняющие Восточно-Азиатский геокон. В пределах Алданского мегасвода наиболее крупные дочерние своды (такие, как Учуро-Майский), с поперечниками до нескольких сот километров, коррелируются с астеносферными границами на глубинах около 300 и 120—180 км [48]. Соответственно, такого же порядка дочерние морфострук-

туры центрального типа могут рассматриваться как астеноконы.

Учет концентрического строения геоконов облегчает геотектоническую корреляцию для территории пространственно разобщенных, но имеющих сходное положение по отношению к каркасным элементам этих мегаструктур. В сфере единой мегаструктуры (как основного энергогенерирующего мантийного центра, ответственного в конечном счете за все геологические процессы) находят упорядоченное выражение разновозрастные и разногенные геологические образования и тектонические структуры.

Становится очевидным, что все продольные шовные дизъюнктивные зоны как в Байкальском, так и Япономорском секторах отражают позицию концентрических составляющих геокона. По-перечные разломы (часто рудоконтролирующие) образуют закономерную сеть радиальных составляющих. Таким образом, впервые определяется четкая позиция дизъюнктивных швов и глубоких разломов как элементов единой мантийной энергогенерирующей системы. Тем самым создаются предпосылки для обоснованного прогнозирования очагов наивысшей проницаемости (каркасных узлов), перспективных (и потенциально перспективных) для локализации рудного вещества. Концентрические составляющие являются носителями межрегиональной геолого-тектонической общности, а радиальные нередко играют роль тектонических барьеров (порогов), обусловливающих региональную специфику [69]. Этой же закономерности подчиняется и региональное распространение геосинклинальных фаций, орогенных и активационных комплексов.

На схеме распределения магматических формаций в пределах Восточно-Азиатской кольцевой мегаструктуры (рис. 12) хорошо видно упорядоченное и концентрически-конформное размещение разновозрастных (от докембрия до кайнозоя) магматических образований. Рассмотрение деталей этой схемы и анализ материалов в более крупном масштабе убеждает в спирально-пульсирующем характере реализации геодинамических напряжений. Активационная волна, сопровождающаяся интенсивным магmatизмом, распространяется от периферии мегаструктуры к ее центру, двигаясь против часовой стрелки. С этим явлением связаны и левосторонние сдвиги по Сихотэ-Алиню и в Забайкалье. На рубеже нижнего и верхнего мела происходит перераспределение геодинамических напряжений, как бы повторный «перескок» их в зону внешних концентрических блоков мегаструктуры. Этим, по-видимому, обусловлено усиление тектоно-магматической активности внешних концентров, а также развитие кайнозойских рифтовых систем [63, 67].

Четкую связь с зонами повышенной проницаемости внешних концентрических зон мегаструктуры имеют межрегиональные plutонические пояса Забайкалья и Монголо-Охотской системы. Не менее определена и связь вулканизма с глубинными шов-

ными зонами, образующими концентрические составляющие гео-
кона. С рассматриваемых позиций представляется возможным
несколько по-новому интерпретировать пространственное разви-
тие вулканитов окраинной зоны Востока СССР (см. рис. 12).

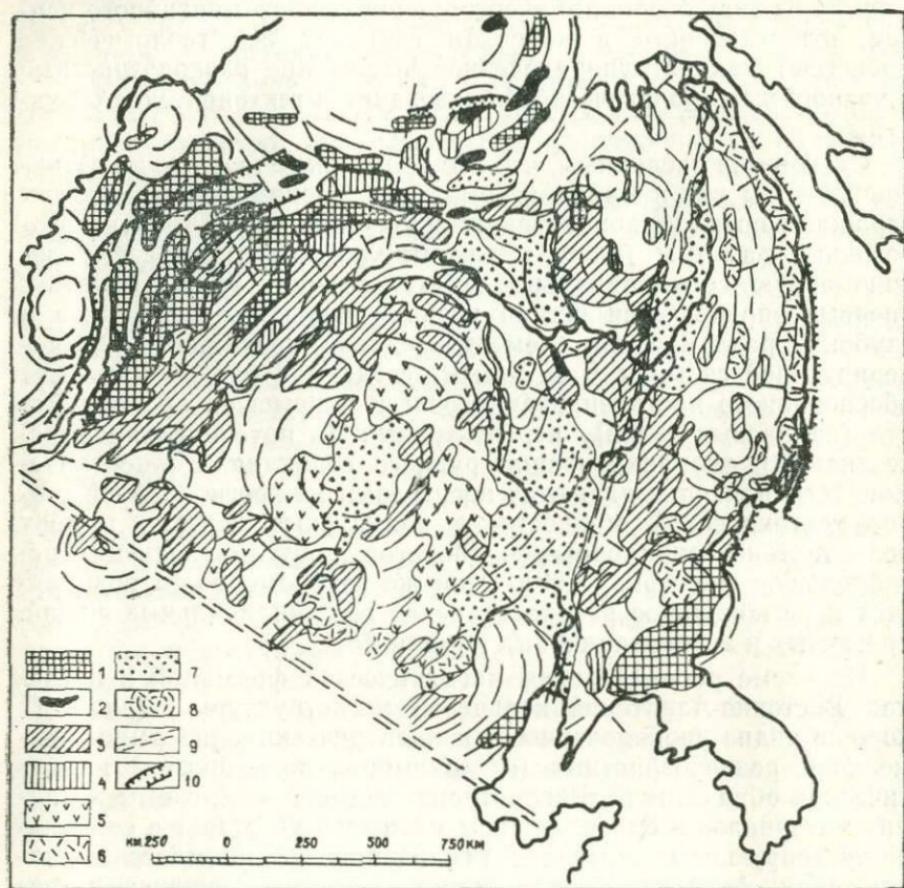


Рис. 12. Схема распределения геологических формаций в пределах Восточно-Азиатской кольцевой мегаструктуры

(геологическая нагрузка дана по Физико-географическому атласу мира).

1 — гранитоиды докембрийского возраста; 2 — основные и ультраосновные породы; 3 — гранитоиды палеозойского возраста; 4 — гранитоиды мезозойского возраста; 5 — андезиты и базальты юрско-раннемелового возраста; 6 — андезиты и базальты позднемелового и палеогенового возраста; 7 — кайнозойские осадочные толщи; 8 — каркасные элементы структур центрального типа; 9 — трансконтинентальные зоны нарушений (Ляодунский и Амуро-Гиринский); 10 — рифтовый пояс.

Анализ проявлений разновозрастного геосинклинального и внегеосинклинального (активационного) вулканизма в пределах мегаструктуры позволяет высказать предположение о более тесных связях вулканитов Приморского пояса с забайкальскими, нежели охотско-чукотскими вулканическими образованиями.

ями (как по составу, так и по времени проявления и структурной позиции).

Во внешнем концентре Восточно-Азиатского геокона выделяются две зоны повышенной вулканической активности (внешняя и внутренняя), исключительно четко передающие вышеотмеченную концентрическую симметрию [67].

На площади Байкальского сектора внутренняя зона (Селенгинско-Яблоновая) совпадает в целом с областью мезозойской активизации и проявлениями более раннего вулканализма, а по Сихотэ-Алинскому сектору — с Западно-Сихотэ-Алинским вулканическим поясом. Менее уверенно эта зона трассируется в пределах Буреинского массива и Умлекано-Огоджинского звена. Характерной особенностью рассматриваемых вулканитов является длительная унаследованность проявления вулканализма (от палеозоя до мезозоя, а иногда и до кайнозоя). В ряде случаев имеет место определенное пространственное совмещение геосинклинального и более позднего активизационного вулканализма (Нерчинско-Газимуровский район, Ханкайский массив). Внешняя вулканическая зона имеет резко выраженный наложенный характер и связана с процессом рифтогенеза. Это позднемеловые — палеогеновые вулканиты предрифтовой стадии развития и неоген-четвертичные базальтоиды. Они образуют Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс вдоль Япономорского рифта, полосу развития базальтов Байкальского рифта и более ограниченно проявились в пределах Алданского свода (в связи с развитием Токинской рифтогенной системы).

В ряде случаев отмечаются проявления вулканитов, выходящие за отмеченные зоны. Это, как правило, феномены ареального вулканализма, связанного с отдельными магматическими центрами. В большинстве случаев они приурочены к зонам секущих линеаментов. Примерами могут служить вулканические центры в зоне Амуро-Гиринского линеамента (Мало-Хинганские, Амгуньский, Мяо-Чанский) и Южно-Приморского широтного шва (Шуфандский, Партизанский).

В пределах Алданского геокона большое количество крупных центральных структурных форм являются реоморфическими [56]. Часть форм, особенно связанных с мезозойскими интрузиями, имеет активизационную природу. Таковы, в частности, широко известные субщелочные интрузивные комплексы. М. З. Глуховский [12], исследовавший центральные структуры Алданского щита, полагает, что наиболее крупные из них могли быть связаны с раннедокембрийским проявлением трансмагматических гранитизирующих растворов. Нами также неоднократно подчеркивалась большая древность заложения мегаформ и последующее их унаследованное развитие [60, 61]. Современные контуры Алданского мегасвода и современное распределение ступеней мощности земной коры в его пределах, видимо, предопределены импульсом мезозойской активизации.

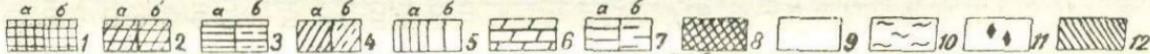
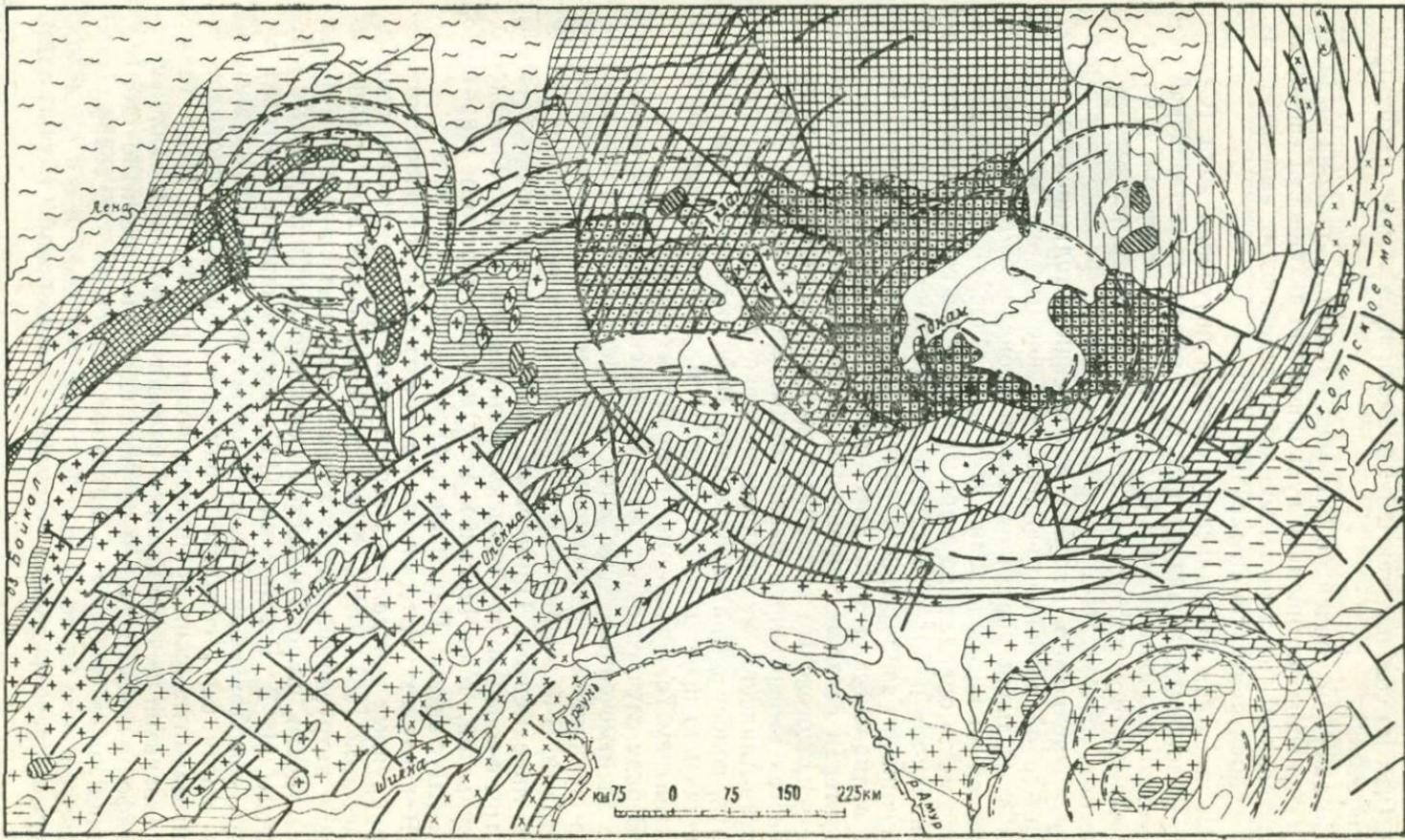


Рис. 13. Карта распределения фаций регионального метаморфизма в пределах Восточно-Азиатской мегаструктуры (метаморфизм дан по Карте фаций регионального метаморфизма СССР м-ба 1 : 7 500 000, 1966 г.).

Фации регионального метаморфизма: а — проявлены на поверхности; б — предполагаемы под неметаморфизованными осадками: 1 — гранулитовые; 2 — трапулитовая и амфиболитовая; 3 — амфиболитовая и эпилито-амфиболитовая, переслаченные; 4 — амфиболитовая и зеленосланцевая; 5 — эпилито-амфиболитовая и зеленосланцевая; 6 — эпилито-амфиболитовая и сланцевая; 7 — зеленосланцевые; 8 — дистеновых гнейсы и сланцы; 9 — палочади с невысоким характером метаморфизма; 10 — неметаморганизованные породы платформенного чехла; 11 — эклогитоподобные породы (друзьяны и пр.); 12 — щелочные иллювиальные; 13 — граниты протерозойские; 14 — граниты палеозойские; 15 — грааницы наложенных структурными формами; 16 — каркасные элементы среднепорядковых структур центрального типа; 17 — концентрические элементы среднепорядковых структур центрального типа.

С кульминацией этого процесса, возможно, сопряжены излияния юрско-меловых вулканитов Охотского вулканогена (по Л. И. Красному) и заложение Удской рифтоидной системы вдоль юго-восточного подножья мегасвода.

О длительном, развивающемся в унаследованном плане, характере глубинных процессов свидетельствует и концентрически-зональное размещение фаций метаморфизма: от гранулитовой до зеленосланцевой. На схеме (рис. 13) показано конформное распределение метаморфических фаций в пределах Восточно-Азиатского и Алданского геоконов.

Ограниченнность объема настоящей публикации не позволяет остановиться на связи всех низкопорядковых центральных морфоструктур с геолого-тектоническими элементами. В наличии таких соотношений можно убедиться, проанализировав более крупномасштабные геологические карты. Рассмотрим лишь наиболее типичные примеры.

Для Восточно-Азиатской мегаструктуры специально предпринятые исследования [17] показали высокую коррелятивную связь различных морфологических групп средне- и низкопорядковых центральных структур не только с вулканическими и вулкано-тектоническими телами, полностью или частично обнаженными на поверхности, но и с погребенными (скрытыми) петрофизическими фациями. Благодаря плотностной неоднородности геологических тел (продуцирующих морфоструктуры) и пород вмещающей рамы над вертикально вытянутыми телами пониженной плотности (типа гранитов) возникают купольные морфоструктуры, а над линзовидными телами повышенной плотности (типа гранодиоритов) — кольцевые морфоструктуры. Купольно-кольцевые формы возникают на изостатически неуравновешенных участках, характеризующихся неоднократной сменой знака тектонических движений.

В пределах зон проявления интенсивного регионального метаморфизма (Буреинский, Ханкайский массивы) часть купольных структур относится к категории метаморфогенных. В областях интенсивного проникновения сквозьмагматических эманаций, вызывающих

локальные метасоматические изменения пород верхних структурных ярусов [52], выявляются метасоматически предопределенные купольные (реже кольцевые) морфоструктуры.

Для мезоформ обычно более сложное соотношение с геологическими и тектоническими образованиями. Примером может служить Нижнеамурская кольцевая морфоструктура (см. рис. 5). Концентрические блоки ее подчеркнуты различными по характеру геологическими и тектоническими телами: складчатой мезозойской зоной, ареальными вулканическими образованиями, цепочками малых интрузий, наложенными четвертичными депрессиями.

Нередко низкопорядковые центральные структурные формы юга Дальнего Востока не обнаруживают видимой связи с геологическими телами. Однако, как показал опыт, эндогенная предопределенность их в большинстве случаев бесспорна. Анализ геофизических полей и дополнительное исследование нарушений сплошности помогают выявить скрытые связи таких форм с не выведенными на поверхность магматическими телами (интрузивными и погребенными вулканическими) или тектоническими блоками. Показателем наличия подобных соотношений служит хорошая морфологическая выраженность центральных форм или наличие серии (но не одиночных!) концентрических безградиентных линеаментов, подчеркивающих эти формы.

Завершая краткий обзор структурных элементов восточных геоконов, уместно остановиться на характере взаимоотношения концентрических нарушений, ограничивающих структурные формы центрального типа, с линейными дизъюнктивами. Проведенные исследования показали, что могут иметь место несколько типологических случаев таких взаимоотношений. Наиболее часто линейное нарушение (при анализе материалов в крупном масштабе) оказывается одним из радиально-концентрических составляющих более высокопорядковой центральной формы. Например, при рассмотрении Центрального Сихотэ-Алинского структурного шва в среднем или крупном масштабах обнаруживается его классическая линейная структура. При анализе же всего Восточно-Азиатского геокона (в обзорном масштабе) этот шов занимает место звена концентрической составляющей мегаформы. Аналогично положение и продольных швов Забайкалья. Возможно и иное соотношение, когда центральные структуры либо разбиваются, либо залечиваются секущие прямолинейные зоны дизъюнктивов. Зоны крупных секущих линеаментов обычно достаточно широки и сопровождаются вулканогенными структурами центрального типа. Такова зона Амуро-Гиринского линеамента, отсекающего Сихотэ-Алинский сегмент Восточно-Азиатской мегаструктуры.

Довольно часто с каркасными узлами мегаструктур, образованных пересечением продольных и поперечных региональных

раломов, связано возникновение крупных центральных форм. Таковы Нерчинская и Олекмо-Каларская структуры в Забайкалье, Нижнеамурская — в Приохотье. Для Сихотэ-Алинского сектора наиболее обычно иное соотношение. Здесь поперечные разломы как бы разграничивают многие смежные крупные структуры центрального типа. Наконец, как в пределах Восточно-Азиатского и Алданского геоконов, так и в других областях имеет место четкая сопряженность цепочек низко- и среднепорядковых центральных структурных форм с зонами скрытых линейных разломов.

Ниже кратко рассмотрим специфику распространения и геологическую интерпретацию некоторых морфоструктур центрального типа по другим наиболее представительным мегаструктурам СССР.

Верхояно-Колымская мегаструктура объединяет геосинклинально-складчатые сооружения мезозойд Верхояно-Колымской складчатой области (внешние концентры), более древние образования палеозоя и выступы докембрийского основания (внутренняя область мегаструктуры), а также Охотский вулканический пояс. Складчатые комплексы, так же как и Охотский вулканоген, в целом конформны концентрическим составляющим мегаструктуры. Упорядоченное распределение разновозрастных геологических образований по отношению к единому центру свидетельствует о перманентном глубинном контроле геологических процессов со стороны мантийного очага. Закономерное распределение осадочных, а также интрузивных и вулканических фаций (см. рис. 9) наглядно подтверждает такой контроль. Центробежная схема развития геологических формаций свидетельствует в пользу представлений И. М. Русакова [54] и других геологов, отрицающих существование жесткого Колымского массива и доказывающих последовательную эволюцию в палеозое и мезозое геосинклинально-складчатых комплексов без какого-либо «обтекания» жесткого упора, представляющего собой срединный массив.

Строение и развитие западной и восточной частей геокона несколько различается. Западная половина, характеризующаяся, особенно в зоне внешнего концентрата, напряженной линейной складчатостью верхоянского типа, построена проще восточной. По среднему концентру здесь располагается пояс нижнемеловых интрузий и проявляется брахиформная складчатость. Интрузивные тела во внешнем концентре не вскрыты. В большинстве случаев они отмечаются среднепорядковыми купольными морфоструктурами. Апикальные части таких структурных форм потенциально рудоносны.

Восточная половина Верхояно-Колымского геокона построена гораздо сложнее. Концентрическая зональность здесь нарушается серией астеноконов, перерабатывающих средний и внешний концентры мегаформы. Последовательно с юго-запада на

северо-восток располагаются: Якутский, Оймяконский, Магаданский, Омолонский и Анюйский астеноконы. Они в разной мере представительны и дешифрируются по-разному. Якутский астенокон хорошо выражен в рельефе, подчеркнут концентрическими ступенями мощности земной коры, но практически амматичен. Оймяконский, напротив, контролирует поля развития верхнемеловых эфузивов и интрузий гранитоидов. Для Магаданского астенокона показательно преимущественное развитие интрузий гранитного состава. Обильные купольные морфоструктуры, выражающие эти интрузии, не позволили на морфоструктурной карте отрисовать концентры данного астенокона. Анюйский астенокон завершает на севере цепочку дочерних макроформ, осложняющих основную мегаструктуру. Здесь в равной мере представлены как вулканогенные, так и интрузивные морфоструктуры. Наибольшее сгущение низкопорядковых форм отмечается в зоне секущих разломов северо-западного простирания.

Весьма представительным является Омолонский астенокон, представляющий собой длительно (с докембрием) развивающуюся макроформу с поперечником около 500 км. Схема, построенная нами совместно с В. М. Рыжковой на основании геолого-морфологического дешифрирования и Карты магматических формаций СССР м-ба 1:2 500 000 (1968 г.), четко отражает концентрически-зональное расположение разновозрастных магматических комплексов (рис. 14). Благодаря тому, что была использована информация о погребенных магматических породах, удалось реконструировать и северо-восточную часть астенокона, располагающуюся за Березовской шовной зоной. В современном структурном плане эта часть астенокона перекрыта юрскими и нижнемеловыми образованиями и частично переработана южным флангом Анюйского астенокона. Чтобы обеспечить наибольшую полноту восприятия магматических проявлений, располагающихся по сетке радиально-концентрических блоков Омолонского астенокона, многочисленные осложняющие низко- и среднепорядковые центральные формы с рассматриваемой схемы сняты. Позиция этих дочерних магматогенных морфоструктур показана на основной карте. На ней же видна преемственность развития кайнотипных структурных подразделений от палеотипных элементов астенокона.

Возвращаясь к деталям строения восточной половины Верхояно-Колымской мегаструктуры, нужно напомнить, что ее крайний восточный фланг переработан внешним концентрическим блоком Алеутско-Чукотской мегаформы. Развитые в этой зоне мел-палеогеновые эфузивы образуют самостоятельное эвенское вулканическое звено. Здесь и во многих других районах развития вулканитов кольцевые и купольно-кольцевые морфоструктуры отвечают вулкано-тектоническим структурам, а низкопорядковые купольные формы — субвулканическим образованиям.

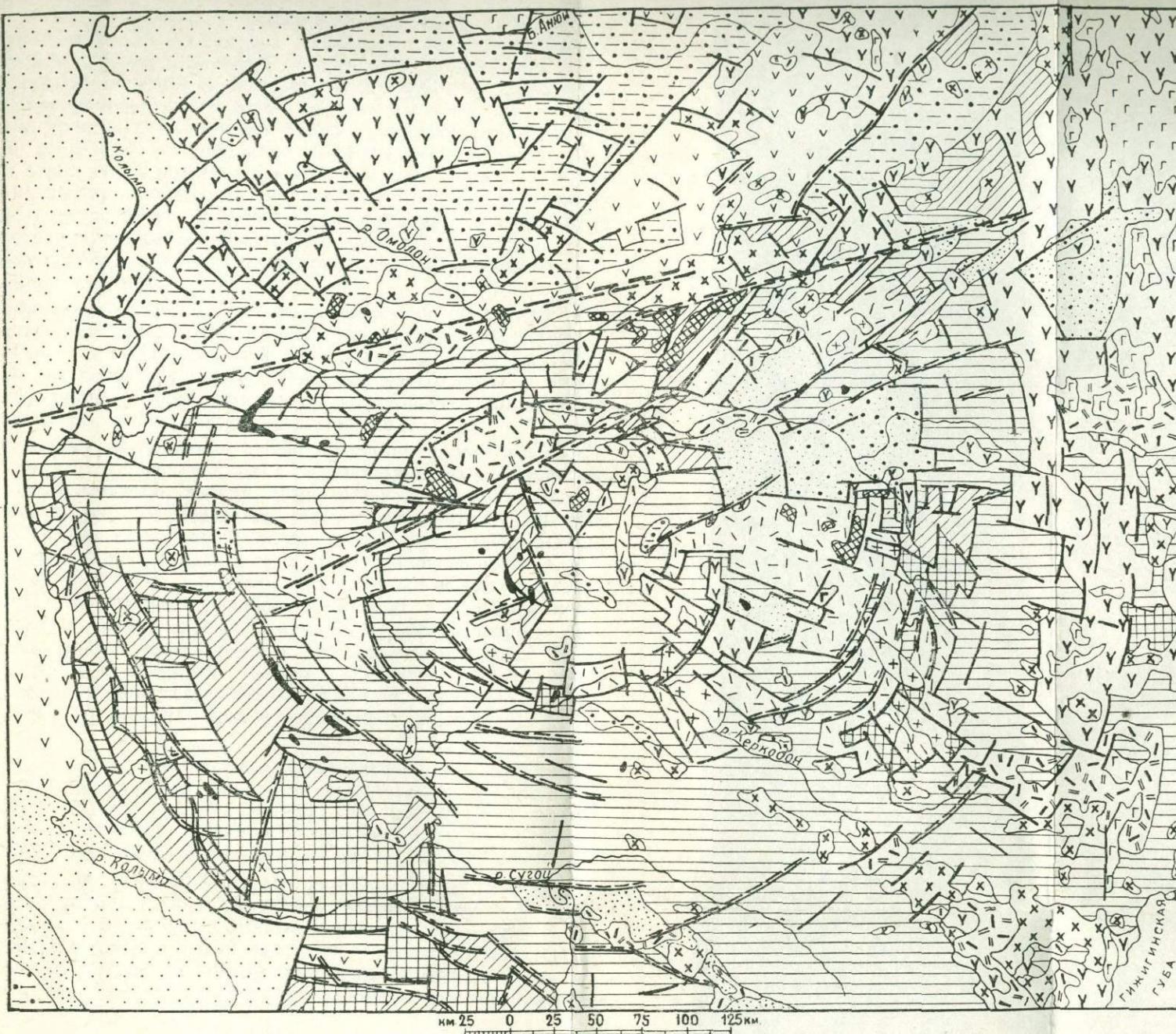


Рис. 14. Схема распределения геологических формаций в пределах Омоловского астенокона

(геологическая нагрузка дана по Карте магматических формаций СССР м-ба 1 : 2 500 000, 1967 г., с упрощениями).

1 — осадочный комплекс архейского и протерозойского возраста (не расчлененный по стадиям развития); 2 — мигматит-гранитовая формация протерозойского возраста; 3 — осадочный комплекс палеозойского возраста (не расчлененный по стадиям развития); 4 — граниты, гранодиориты и граносениты палеозойского возраста; 5 — липариты, дациты и гранит-порфирь девонского возраста; 6 — осадочный комплекс палеозойского (S_2 , P) возраста геосинклинальной стадии развития; 7 — габбро, диориты и днабазы пермского возраста; 8 — андезито-базальтовые порфирь позд-

нейбрского возраста; 9 — осадочный комплекс инверсионной стадии развития: а — позднеокского возраста, б — позднеокско-раннемелового возраста, в — раннемелового возраста; 10 — щелочные граниты и сениты, габбройды и нефелиновые сениты раннемелового возраста; 11 — граниты, гранодиориты и диориты мелового возраста; 12 — липариты позднемелового возраста; 13 — андезиты и андезитовые порфирь позднемелового возраста; 14 — базальты палеогенового возраста; 15 — отложения плиоцен-четвертичного возраста; 16 — трахибазальты среднечетвертичного возраста; 17 — каркасные элементы астенокона (зоны дизъюнктивных нарушений и повышенной трещиноватости) по данным геологического-морфологического анализа; 18 — каркасные элементы астенокона, установленные по геологическим данным; 19 — зоны секущих разломов; 20 — геологические границы.

Остановимся на особенностях структурных форм платформенных областей.

Анабарская сводовая мегаструктура центрального типа охватывает большую часть северной половины Восточно-Сибирской платформы. Западные и восточные фланги ее обрезаны Обской и Верхояно-Колымской мегаформами. Границы рассматриваемой мегаструктуры подчеркнуты концентрическим распределением ступеней мощности земной коры. Сравнительно простое геологическое строение платформенного чехла все же достаточно разнообразно в разных частях мегаструктуры и отражает, особенно по нижним ярусам, вариации тектонических обстановок. Выходы на поверхность пород фундамента, широкое развитие траппового магматизма, значительное распространение кимберлитовых тел — все это свидетельствует о весьма глубинных корнях мегаструктуры и о ее интрагеогенном происхождении.

Анабарский геокон по своей периферии осложнен более низкопорядковыми центральными мегаструктурами (астеноконаами) — Тунгусской, Путоранской, Центрально-Анабарской, Оленекской. По характеру взаимоотношения материнской и дочерних структурных форм отмеченное соотношение напоминает позицию Верхояно-Колымской мегаструктуры.

Специально проведенное дешифрирование разнопорядковых мегаформ и сопоставление их с неоднородностями строения фундамента раскрыло между ними высокую корреляционную зависимость (рис. 15). На схеме хорошо видно, что периферийные концентрические зоны геокона подчеркнуты конформным распределением пород основного и ультраосновного состава, милюнитов, катаклазитов и диафторитов, а также полосами развития гранат-биотитовых, амфибол-биотитовых и амфиболовых гнейсов архея. Автономное выражение получают некоторые секториальные блоки мегаструктуры, что может говорить о неодновременности их развития. Например, Тунгский блок подчеркнут гнейсами и кристаллическими сланцами архея (иенгрская серия), а Котуйский — архейско-раннепротерозойскими породами.

Существенную роль в распределении формаций фундамента играют секущие разломы. Так, система Котуйских (субмеридиональных) и Мунских (субширотных) зон разломов ограничивает блок, сложенный гнейсами и мраморами архея, который не обнаруживает связи с каркасными элементами геокона.

Определенная упорядоченность формационных комплексов фундамента устанавливается и в пределах астеноконов. В центре Оленекского астенокона располагается изометрический блок образований ранней стадии развития раннепротерозойского цикла, а периферическим концентрам соответствуют породы основного и ультраосновного состава. С Центрально-Анабарским

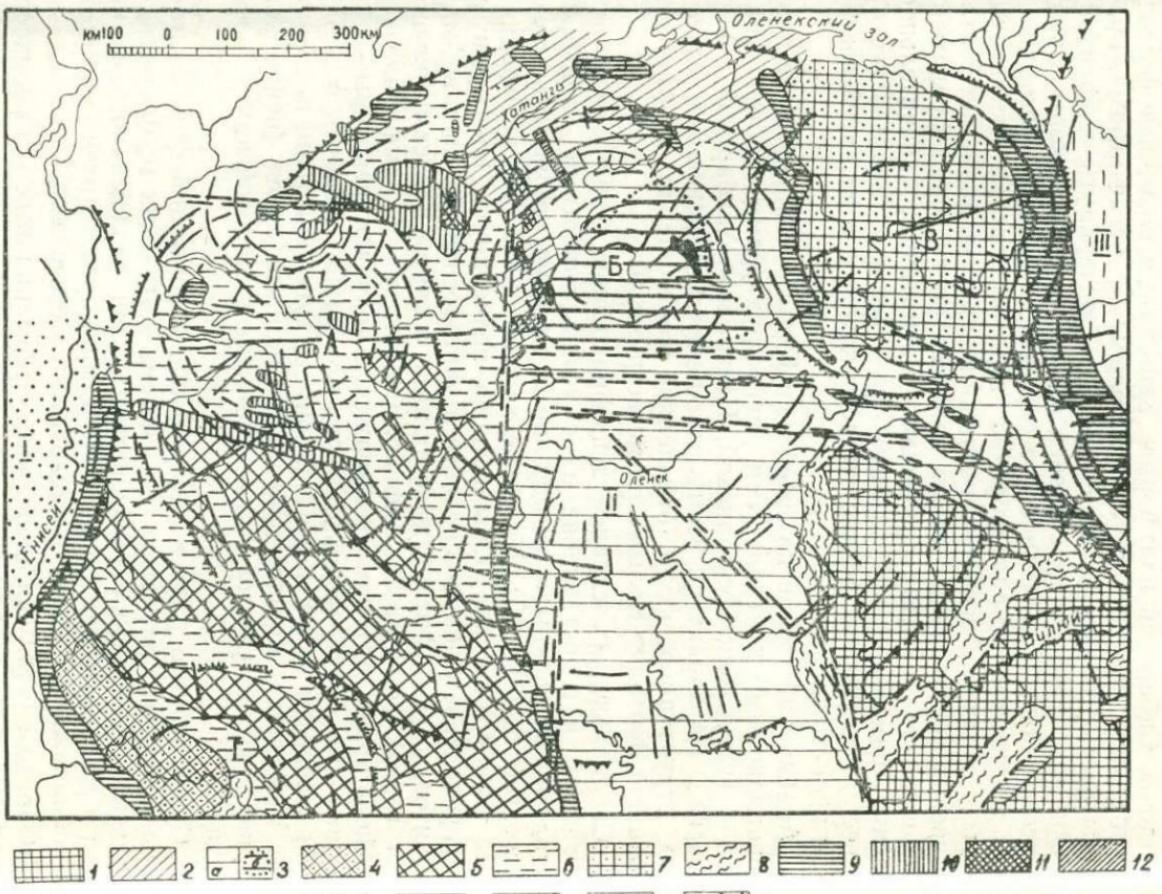


Рис. 15. Геологическое строение фундамента Анабарской мегаструктуры центрального типа

(геологическая нагрузка дана по карте магматических формаций СССР М-б1: 2 500 000, 1965 г., с упрощениями).

I — кварциты, гранатовые, спиломанитовые, кордиеритовые, дионсидовые гнейсы раннего архея, гиперстен-амфиболовые гнейсы и кристаллические сланцы архея (тимптонская серия); 2 — биотит-транзитовые, спироксен-амфиболовые гнейсы и кристаллические сланцы архея (тимптонская серия); 3 — гиперстеновые, двутироксеноевые плагиогнейсы, биотит-транзитовые, спироксен-амфиболовые, амфиболовые гнейсы, мраморы архея (а) и воступы древних метаморфических комплексов (б); 4 — пироксен-гранатовые, биотит-биотитовые, гранат-кордиеритовые, амфиболиты архея (кузнецкая, атамановская и калантаская свиты); 5 — гранат-биотитовые, гранатулиты, чарникулы и амфиболовые гнейсы архея (шарыжалтайская серия); 6 — нерааслененные архейско-чжинпротерозойские образования на закрытой территории; 7 — образования ранней стадии развития раннепротерозойского цикла; 8 — зоны развития милонитов, катаклизитов и динафиторитов; 9 — породы основного и ультраосновного состава; 10 — породы основного состава; 11 — породы щелочно-ультраосновного состава; 12 — анортозиты; 13 — минералы плагиогнейсовых формаций; 14 — Западно-Сибирская плита (а), Япо-Колымская складчатая область (б), 15 — разрывные нарушения; а — согласные с каркасными элементами мегаструктур, б — каркасные элементы мегаструктур; 17 — трапицы; а — геоконов, б — астеноконов. Геоконы: I — Обский, II — Анабарский, III — Верхоянско-Колымский. Астеноконы: А — Пutorанский, Б — Центрально-Анабарский, В — Оленекский.

астеноконом связан выступ древних метаморфических комплексов фундамента.

Оленекский астенокон оконтурен концентрическими блоками архейско-нижне-протерозойских образований основного состава.

Путоранский астенокон, видимо, является главным центром, продуцирующим трапповый магматизм.

Отмечается согласованность контуров геокона и вышеотмеченных астеноконов с распространением основных структурных ярусов покрова (по Т. Н. Спижарскому).

Имеет место зависимость распределения и более низкопорядковых структурных форм от неоднородностей рельефа фундамента. Часто такая зависимость улавливается геофизическими методами. Так, например, контур локальной гравитационной аномалии Норильской мульды (по Т. Н. Сироткиной) и абрис соответствующей среднепорядковой центральной формы практически совпадают (рис. 16).

Генетическая принадлежность низко- и среднепорядковых центральных морфоструктур в разных частях Анабарского геокона различна. В западной его половине преобладают вулканические и интрузивные категории. Особенно интересны структуры, связанные с коническими интрузиями, к которым приурочены рудоносные «пучки» [20]. В центральной области геокона наряду с интрузивными морфоструктурами распространены и метаморфогенные. По юго-восточной части мегаструктуры ведущее значение приобретают тектоногенные центральные формы и диатремы.

На обзорной морфоструктурной карте удалось показать и ряд «просвечивающих», криптоморфных образований. В частности, закартировано погребенное продолжение Аргасалинской кольцевой структуры и выявлены контуры скрытой Уджанской высокопорядковой структуры. Так как к этим формам приурочены про-

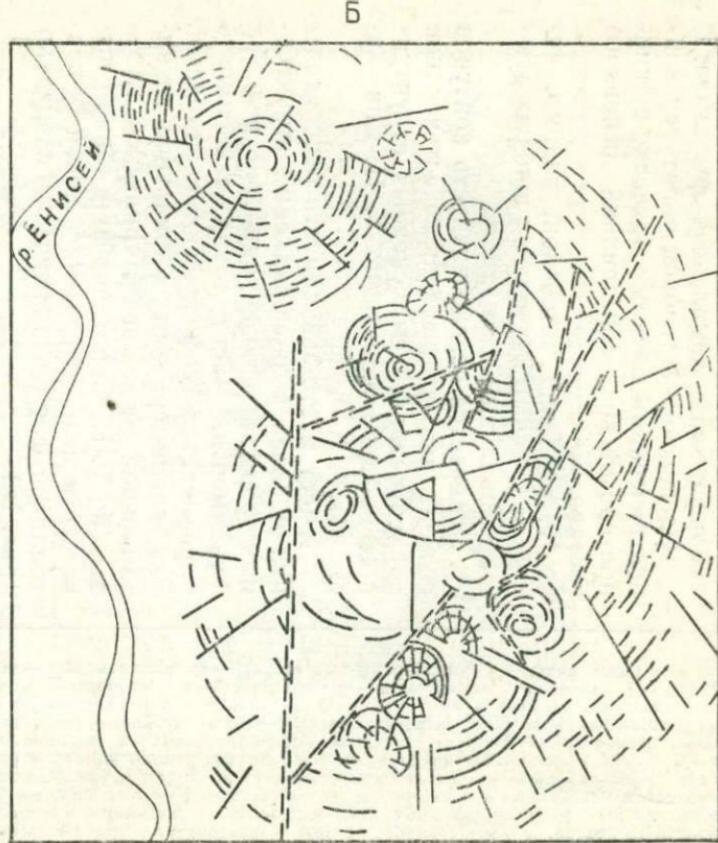
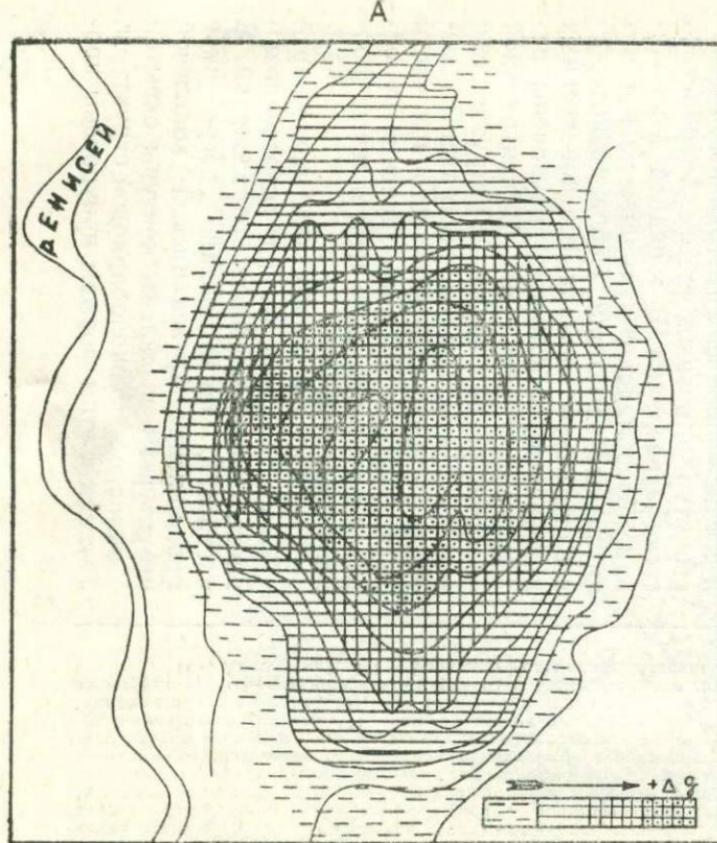


Рис. 16. Схема строения Норильской мульды по гравитационным полям (А — данные Т. Н. Сироткиной) и по результатам геологического анализа структур центрального типа (Б).

явления полезных ископаемых, расшифровка их пространственной позиции имеет важное значение. В этом отношении не менее существенно и установление закономерного распределения кайнотипных кольцевых структурных форм (таких, как Попигайская, Хатангская, Котуйканная, Аргалинская и др.) вдоль внешнего концентрата Центрально-Анабарского астенокона. Однотипное распределение этих дочерних структур (в виде обрамляющей гирлянды) может свидетельствовать и об однородном их происхождении — возможно, за счет импульсной разрядки геодинамических напряжений во внешней зоне астенокона.

Морфоструктуры центрального типа Западно-Сибирской плиты по ряду особенностей отличаются от вышеописанных.

Обская и Иртышская кольцевые мегаструктуры, располагающиеся с частичной интерференцией по отношению друг к другу, охватывают практически всю Западно-Сибирскую низменность. В их центральных областях размещаются мощные толщи платформенных ярусов. Породы фундамента выходят главным образом по западным (уральским) внешним концентрическим блокам. Нельзя не отметить, что плавно изменяющиеся контуры Уральской складчатой системы хорошо согласуются с зонами ограничения концентрических блоков мегаструктур. Здесь же, конформно этим зонам, размещаются цепочки выходов наиболее глубинных основных пород. Градиенты изменения мощности коры при переходе от внешних концентров к внутренним в пределах этих геоконов очень велики (от 47 до 35 км).

Соответственно отмеченным особенностям строения западносибирских геоконов меняется и характер низко- и среднепорядковых структурных форм. Для Уральской зоны типично преобладание магматогенных (главным образом интрузивных) центральных структур, а для Западно-Сибирской — тектоногенных (главным образом брахиформных) и вулканогенных «просвечивающих» структур центрального типа.

Особенно широко криптоморфные объекты (как палео-, так и кайнотипные) распространены в пределах Обского геокона. Обращает на себя внимание их линейно-цепочечное распределение, обусловленное связью с трансрегиональными скрытыми разломами фундамента. Весьма интересна зона криптоморфных структур, прослеженная от Таймырской депрессии до Среднего Урала. Центральные морфоструктуры, образующие эту зону, судя по информации о строении нижних структурных ярусов, могут интерпретироваться как вулканогенные, а вся зона рассматриваться как погребенный триасовый вулканический пояс. Позиция данного «просвечивающего» сквозь чехол вулканического пояса должна учитываться при прогнозной оценке территории на полезные ископаемые. В этом отношении заслуживает пристального внимания и узел многократной интерференции разнопорядковых морфоструктур на стыке уральского и пай-

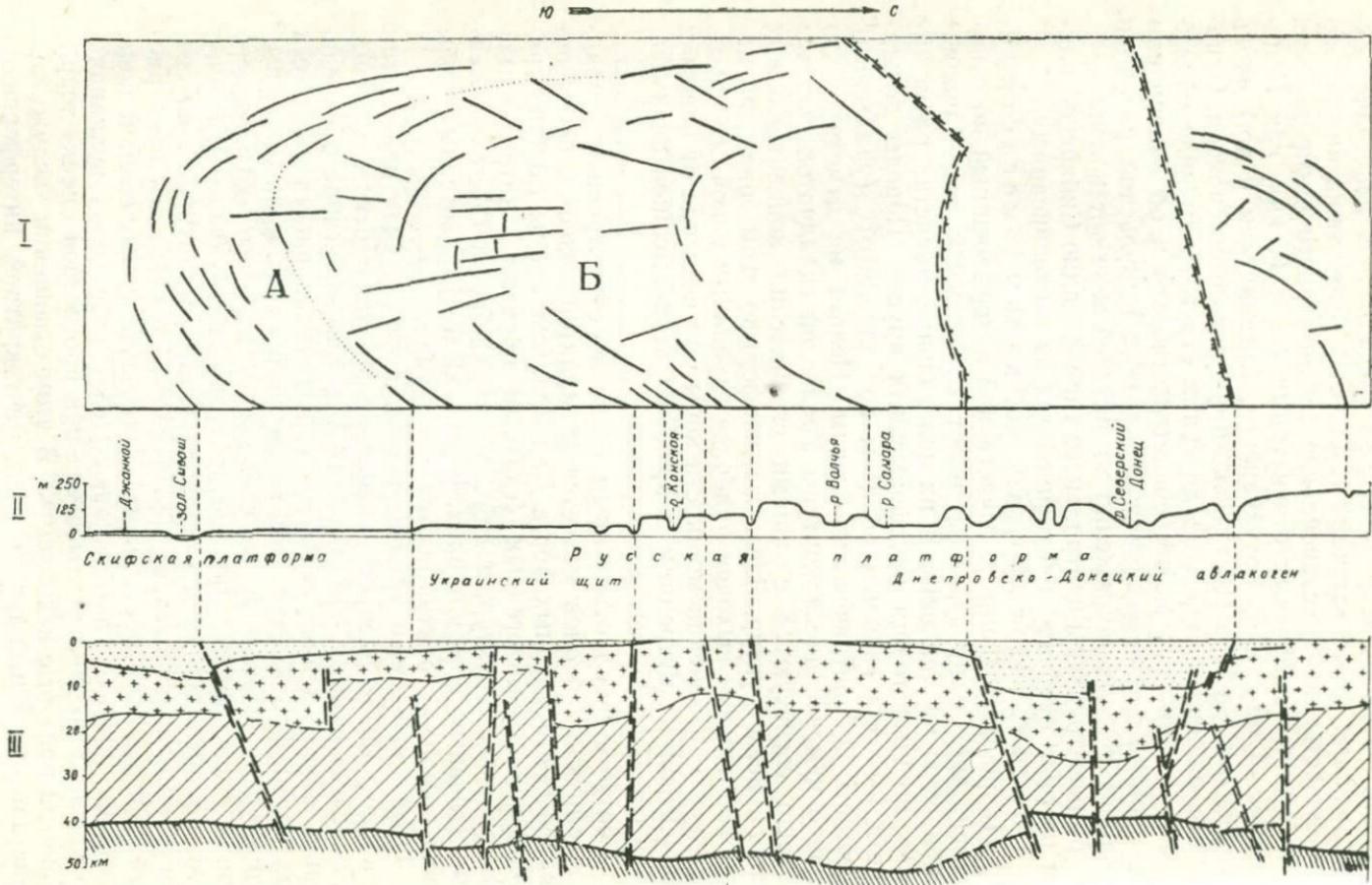


Рис. 17. Схема соотношения каркасных элементов Среднерусской мегаструктуры центрального типа с рельефом и строением земной коры.
1 — каркасные элементы мегаструктур; 2 — радиальные и концентрические составляющие; 3 — секущие разломы; 4 — граница концентрических блоков (A — внешний, B — внутренний); II — гипсометрический профиль; III — разрез земной коры (по В. Б. Сологубу, с упрощениями); 5 — осадочный чехол; 6 — гранитный слой; 7 — граница Мохоровичича; 8 — разломы; 9 — граница Конрада.

хийского направлений (зона наложения Новоземельской мегаструктуры на Обскую).

Морфоструктуры центрального типа европейской части СССР близки к аналогичным таксонам Западной Сибири. Правда, здесь наряду с тектоногенными формами широкое развитие получают метаморфогенные категории (Балтийский щит, Прибалтика, Предуралье).

Наиболее представительной является Среднерусская сводовая мегаструктура, для которой хорошо изучены соотношения с тектоникой, строением земной коры, рельефом фундамента, особенностями гидрохимии, тепловыми потоками и, наконец, с новейшими тектоническими движениями.

Схема (рис. 17) иллюстрирует эти соотношения в пределах Среднерусского геокона. Мощность земной коры здесь значительно повышена (до 55 км) по сравнению с вышеописанными платформенными мегаструктурами. Зона Днепровско-Донецкого авлакогена является существенным рубежом, к югу от которого распространены преимущественно экспонированные морфоструктуры.

Благодаря детальной геофизической изученности территории в целом ряде случаев удалось установить корреляционные соотношения разнопорядковых центральных структурных форм с геофизическими границами. На рис. 18 показана зависимость латеральных размеров структур от глубины их заложения. В качестве основы использован разрез земной коры, составленный В. Б. Сологубом для Украинского щита по линии Кировоград — Таганрог.

Одной из особенностей развития центральных структур европейской территории СССР является наличие крупных центральных таксонов, пространственно не связанных с мегаструктурами. Иллюстрацией может служить Магнитогорский астенокон, восточная часть которого сброшена по зоне субмеридиональных разломов и дешифрируется как «просвечивающая».

Распространение центральных структурных форм в Алтае-Саянской области и Казахстане хорошо видно на обзорной карте морфоструктур м-ба 1 : 10 000 000. Они неоднократно описывались в литературе по данным геоморфологических исследований и космического дешифрирования, так что не требуют дополнительных комментариев. Можно указать только, что здесь преобладают вулканические и интрузивные категории морфоструктур.

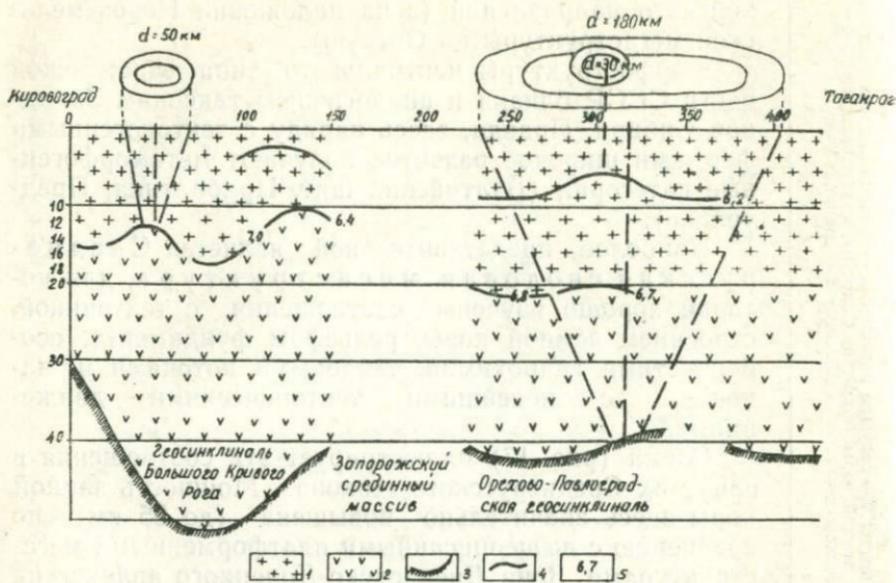


Рис. 18. Корреляция латеральных размеров структур центрального типа с геофизическими границами земной коры по профилю Кировоград — Таганрог.
(по В. Б. Соловьеву)

1 — гранитный слой; 2 — базальтовый слой; 3 — поверхность Мохоровичича; 4 — преломляющие и отражающие границы; 5 — граничные скорости (км/сек).

ГЛАВА V

Использование карты морфоструктур центрального типа для прогнозной оценки территории СССР на полезные ископаемые

Рассматриваемая специализированная карта морфоструктур, как уже отмечалось, уточняет проекции ослабленных зон структур центрального типа не дневную поверхность. Ослабленные зоны (разломы, трещиноватость) образуют каркас структур и своими корнями уходят в соответствующие энерго(магмо)генерирующие очаги.

Таким образом, закартированные каркасные элементы структурных форм являются подводящими каналами, по которым к поверхности поднимаются разного рода эманации и растворы (в том числе и рудоносные). Этим фактом, собственно, и определяется рудоконтролирующая роль морфоструктур центрального типа. Конечно, здесь учитывается фактор только структурного контроля, который должен при проведении прогнозной оценки дополняться и вещественным.

Не останавливаясь на более детальных связях, что сделано в целом ряде работ [16, 43, 63, 66 и др.], рассмотрим типовые

позиции взаимоотношения структурных элементов, при которых создаются максимально благоприятные условия для локализации рудного вещества в пределах морфоструктур центрального типа (рис. 19).

Эмпирически установлены следующие позиции распределения повышенной минерализации и месторождений (в порядке

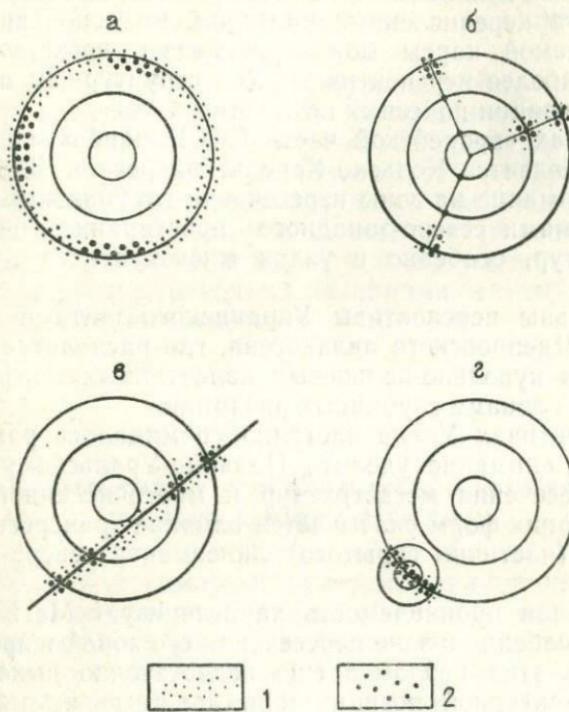


Рис. 19. Принципиальная схема локализации полезных ископаемых в пределах морфоструктур центрального типа.

1 — рудопроявления; 2 — месторождения. Локализация рудного вещества: а — в зоне внешних концентрических блоков, б — в каркасных узлах, в — в зонах секущих разломов, г — в участках структурной интерференции.

возрастания их значимости): 1) во внешних концентрациях морфоструктур; 2) в каркасных узлах морфоструктур; 3) в зонах пересечения каркасных элементов региональными разломами и скрытыми разломами фундамента; 4) на площадях интерференции разнорядковых и разновозрастных морфоструктур центрального типа; 5) в апикальных частях одиночных купольных форм, особенно при пересечении их глубокими разломами.

Не трудно заметить, что степень перспективности определяется величиной проницаемости тех или иных участков литосферы. Вполне естественно, что сгущение линейных и кольцевых

разломов, узлы их пересечения, неоднократная интерференция структурных форм — все это показатели сильной раздробленности, а значит, и проницаемости литосфера для потенциально рудоносных растворов.

Опытным путем было установлено, что многие структурные формы, особенно в ранге астеноконов, перспективны на комплекс полезных ископаемых, как гипогенных, так и гипергенных.

Используя перечисленные критерии, на основании анализа рассматриваемой карты можно высказать несколько соображений о наиболее перспективных (по структурным признакам) узлах локализации полезных ископаемых.

В пределах европейской части СССР наиболее перспективным представляется Кольско-Карельский регион. Здесь следует обратить внимание на зоны пересечения глубинными региональными разломами северо-западного простираия центральных морфоструктур, особенно в узлах многократного наложения последних.

Значительны перспективы Украинского щита и восточного замыкания Днепровского авлакогена, где располагается группа купольных и купольно-кольцевых палеотипных морфоструктур, пересеченных зонами глубинных разломов.

О перспективах Урала частично упоминалось раньше. Следует особое внимание уделить Полярно-Уральскому узлу, где помимо пересечения мегаструктур и многочисленной интерференции дочерних форм оказывается влияние трансрегионального глубинного (частично скрытого) линеамента северо-восточного простираия.

Повышенная проницаемость характеризует Магнитогорский астенокон, особенно в зоне пересечения его зоной широтных разломов. Роль этих разломов еще недостаточно выяснена, но, судя по структурной позиции, они должны иметь большое значение.

В пределах Кавказского региона заслуживают внимания узловые участки пересечения морфоструктур поперечными, ранее не выделявшимися разломами.

На территории Казахстана, Средней Азии и Алтае-Саянской области перспективными представляются все участки многократной структурной интерференции. В качестве особо перспективных следует назвать зоны глубинных северо-западных разломов в местах пересечения ими центральных структур. Особенно перспективны на скрытое оруденение криптоморфные структуры в обрамлении Кокчетавской глыбы.

В Западной Сибири интересны зоны линейно-цепочечного расположения погребенных палео- и кайнотипных центральных структур, опять-таки на пересечении их с линейными трансрегиональными разломами.

В Восточной Сибири рудоносными должны быть дочерние формы по периферии Пutorанского и Центрально-Анабарского

астеноконов. Весьма интересна цепочка купольно-кольцевых структурных форм, прослеживающаяся от Братска на северо-восток вдоль разлома. Не менее перспективны аналогичные цепочки структурных форм (в том числе и «просвечивающих») в бассейнах рек Вилюя и Оленека.

Для Восточно-Азиатского геокона, как уже отмечалось, повышенную перспективность имеют каркасные узлы мегаформы, особенно в случае наложения на них средне- и низкопорядковых морфоструктур центрального типа.

Верхояно-Колымская мегаструктура потенциально перспективна в зоне внешнего концентра: а) при наложении на него среднепорядковых структур (Верхоянский сектор), б) при наложении на него астеноконов (Колымский сектор). Особенно благоприятным для локализации рудного вещества представляются Омолонский и Анюйский астеноконы (главным образом вдоль секущих разломов), а также район сгущения низкопорядковых морфоструктур, разбитых разломами, в междуречье нижнего течения Яны и Индигирки.

ГЛАВА VI

Основные закономерности пространственно-временного развития структур центрального типа

Составление Карты морфоструктур центрального типа территории СССР и многолетнее комплексное изучение разнорядковых центральных структур дало основание по-новому оценить роль и значение этих объектов в процессе геотектогенеза и геологической истории. Уже на современном уровне изученности рассматриваемых геолого-тектонических категорий наметились некоторые общие закономерности, касающиеся как их пространственного размещения, так и эволюции. Коротко остановимся на главнейших из них и на тех выводах, которые можно использовать в геологической практике.

1. Проведенные исследования позволяют утверждать о несравненно большей роли структур центрального типа в процессе планетарного геотектогенеза, чем это предполагалось раньше. Повсеместность развития разновозрастных центральных структур (в том числе и криптоморфных), выявляющихся методами геолого-морфологического анализа, подтверждает это положение.

2. Структуры центрального типа в подавляющем большинстве случаев являются производными разрядки геодинамических напряжений, связанных с глубинными энергогенерирующими центрами. Конкретная реализация их, происходящая в различной геологической и тектонической обстановке, предопределяет

морфологическое и генетическое разнообразие структурных форм.

3. Впервые выявленные и закартированные интрагеогенные мегаструктуры центрального типа (геоконы) имеют чрезвычайно важное значение для понимания главных закономерностей планетарного геотектогенеза. Будучи связанными с длительно развивающимися мантийными очагами, они предопределяют проявление большинства литосферных и коровых геологических процессов. Согласное с концентрическими блоками интрагеогенных структур расположение геосинклинально-складчатых поясов, областей платформенного режима, наложенных вулканогенов и других крупнейших геотектонических подразделений (являющихся составными частями геоконов) позволяет поставить вопрос о ведущей и контролирующей роли этих мегаструктур на протяжении геологической истории, по крайней мере начиная с ее корового этапа. Вполне вероятно, что становление центральных мегаструктур имело место на ранней, «лунной» (по Е. В. Павловскому), стадии эволюции Земли. Дальнейшее развитие геоконов (так же как и многих более низкопорядковых центральных структур) носило импульсно-прерывистый характер. В процессе эволюции земной коры и ее сиализации мегаструктуры осложнялись дочерними формами. На протяжении геологической истории имела место неоднократная активизация, проявлявшаяся с различной интенсивностью (а иногда и в разное время) в различных секторальных блоках геоконов. Последовательное усложнение структуры геоконов отражает общий закон направленного и необратимого развития геосфера.

4. Латеральные размеры структур центрального типа находятся в определенной (пропорциональной) связи с глубиной заложения очагов, продуцирующих эти структуры.

Выделяются структуры мантийного, астеносферного, подкорового (надастеносферного) и корового заложения. Среди последних различаются центральные структуры, сопряженные с базальтовым, гранитным, осадочным слоями и с промежуточными границами разделов внутри этих слоев.

5. Подразделение структур центрального типа на исторические категории (палео- и кайнотипные) дало возможность проследить развитие мезокайнозойских активационных зон в пределах СССР. В целом они располагаются двумя субширотными поясами. Один из них протягивается от Северо-Востока СССР (захватывая северную часть Союза) вплоть до Урала. Другой (южный) пояс разбивается на два звена: Дальневосточно-Саянское и Альпийское (в пределах молодых горных сооружений вдоль южной границы СССР). Дальневосточно-Саянское звено соединяется субмеридиональной «перемычкой» восточнее Енисейского кряжа с северным поясом активизации.

6. В различных геотектонических областях преобладают те или иные типоморфные категории средне- и низкопорядковых

морфоструктур. Для платформенных областей доминирующими являются кольцевые, а для складчатых — купольно-кольцевые и кольцевые, осложненные мелкими куполами; для зон молодого альпийского горообразования наиболее характерны купольные структурные формы.

7. Взаимоотношение макро- и мегаструктур с зонами секущих разломов позволяет выделить линейные дизъюнктивы наиболее глубокого заложения, видимо связанные с ротационным эффектом планеты.

8. Правильная геометрия структур центрального типа, их связь с глубинными неоднородностями и другие соотношения могут быть использованы при проведении объемного геологического картирования.

9. Закономерная связь рудопроявлений с элементами центральных структур и эмпирически выявленные типовые позиции локализации рудного вещества по каркасу структурных форм являются важным критерием, который должен учитываться при поисках полезных ископаемых и прогнозной оценке территорий.

Вышеперечисленные выводы предполагают учет эволюционного фактора, в значительной мере регулирующего как морфологические, так и генетические особенности рассматриваемых геологических подразделений. Конечно, на современном уровне изученности центральных структур этот показатель может быть использован в большинстве случаев лишь в самом общем виде. Вопросы развития структур центрального типа, так же как и механизм их образования, остаются еще слабо освещенными и нередко дискуссионными, несмотря на то что по этому поводу неоднократно высказывались различные соображения.

Допускалась протоструктурная природа объектов центрального типа, и их образование связывалось с «лунной» стадией развития литосферы [44]; предлагались динамические гипотезы формирования структур, учитывающие механическое воздействие на земную кору магматических расплавов [86] или уже затвердевших интрузий [75]; рассматривалось возникновение их за счет импульсно-волновой разрядки геодинамических напряжений [46] или в результате распространения восходящих мантийных потоков и волн [5]. Отмеченные гипотетические суждения основываются на той или иной сумме фактических данных и сопровождаются теоретическими моделями.

Ни одна из этих гипотез, однако, не может рассматриваться как универсальная. По мере накопления информации становится все очевиднее, что каждая из них объясняет специфику только какой-нибудь одной части центральных структур. Поэтому имеющиеся утверждения о преимуществах одной из гипотез и противоречиях, содержащихся в других, в значительной мере несостоятельны. Подобные «противоречия» могут быть легко устранены, если рассматривать явления в их таксономической соподчиненности и исходить из наиболее общей причины, от-

ветственной за возникновение структур центрального типа. Такой причиной, как представляется, может быть направленная разрядка энергии из отдельных глубинных энергогенерирующих центров [60, 66]. Упорядоченное распределение энергетических узлов в литосфере и мантии и определенная их иерархия хорошо объясняют своеобразие пространственно-временного развития структур центрального типа, их генетическую и морфологическую принадлежность.

Действительно, слоистая модель Земли отражает прежде всего динамический энергетический баланс планеты [69], которому подчиняется глубинное и латеральное распределение геологических тел.

Согласно предложенным В. В. Белоусовым [2] гипотетическим схемам развития эндогенных режимов, смена рассеянной и сосредоточенной проницаемости литосферы и дифференциация вещества в процессе массотеплопереноса при импульсивном возбуждении астеносферы способствуют упорядоченному распределению по разрезу (и смене во времени) разноглубинных геологических образований. В свою очередь установление коррелятивной связи разнопорядковых структур центрального типа с определенными уровнями литосферы и мантии

Рис. 20. Схема образования конических и кольцевых разломов.
(по Е. М. Андерсону [86])

1 — граница магматического резервуара; 2 — конические разломы; 3 — кольцевые разломы; 4 — линии падения напряжения; 5 — точка толчка; x/a и z/a — горизонтальная и вертикальная составляющие напряжений поля.

тии позволяет предполагать, что и специфика формирования центральных структур предопределяется физико-химическим состоянием этих глубинных неоднородностей. Становление структур мантийного, подкорового и корового заложения должно происходить несколько по-разному.

Коровые структуры центрального типа описываются лучше всего с позиций динамической гипотезы. Наибольшим распространением среди геологов пользуются представления Е. М. Андерсона [86], подкрепленные расчетами формирования кольцевых и конических разломов, образующих каркас структур (рис. 20). Видимо, основная часть интрузивных и в значительной мере вулканических центральных образований низких порядков возникает именно таким путем. Поскольку системы концентрических (и радиальных) разломов служат подводящими каналами для глубинных эманаций, в том числе рудоносных, они

представляют исключительный интерес и для металлогении. Исследования в этом направлении, предпринятые В. Н. Котляром, Н. П. Лаверовым, В. А. Невским, Д. В. Рундквистом, И. Н. Томсоном, М. А. Фаворской и др. [39, 40, 43, 75], показали важное значение кольцевых дизъюнктивных элементов структур центрального типа. Е. В. Свешниковой [57] просуммированы представления о механизме формирования кольцевых и конических разломов и предложены их теоретические модели (рис. 21).

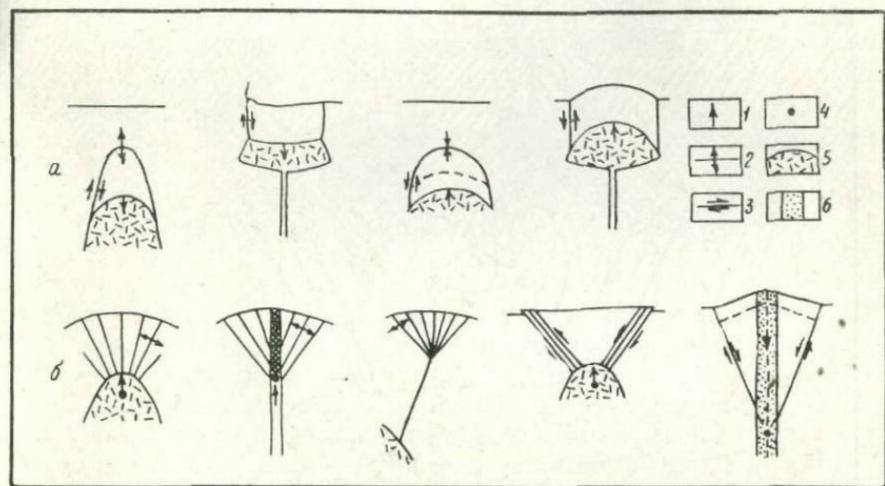


Рис. 21. Теоретические модели механизма образования кольцевых (а) и конических (б) разломов.

(по Е. В. Свешниковой [57])

1 — направление одностороннего давления; 2 — разломы отрыва; 3 — разломы скола; 4 — геометрический центр конических разломов; 5 — магматический очаг; 6 — вулканический канал, существенно заполненный газами.

Наряду с этим нельзя отрицать возможности формирования центральных структур (преимущественно связанных с взрывами и мгновенным высвобождением энергии) в результате реализации волновых напряжений в литосфере. Исследования О. М. Дейвиса, Г. Кольского, А. И. Петрова, Л. М. Плотникова, А. Н. Ханукаева и др. [14, 24, 46, 49, 79] убедительно показывают справедливость такого предположения в отношении как низко-, так и среднепорядковых структур.

Для формирования низко- и среднепорядковых центральных структур, образованных глубинными породами, А. А. Ефимовым [18] предложена гипотеза «горячей тектоники». Согласно его представлениям, эти структуры формируются в результате ламинарного пластического течения и перемещения в верхние горизонты коры блоков габбро-гипербазитового субстрата при температуре гранулитовой фации и низком давлении.

Применительно к древнейшим средне- и высокопорядковым структурам центрального типа глубокого (подкорового) заложения, очевидно, справедливы представления Е. В. Павловского о их протоструктурной природе и реоморфическая модель формирования гнейсовых складчатых овалов и окаймленных гнейсовых куполов, предложенная Л. И. Салопом [56].

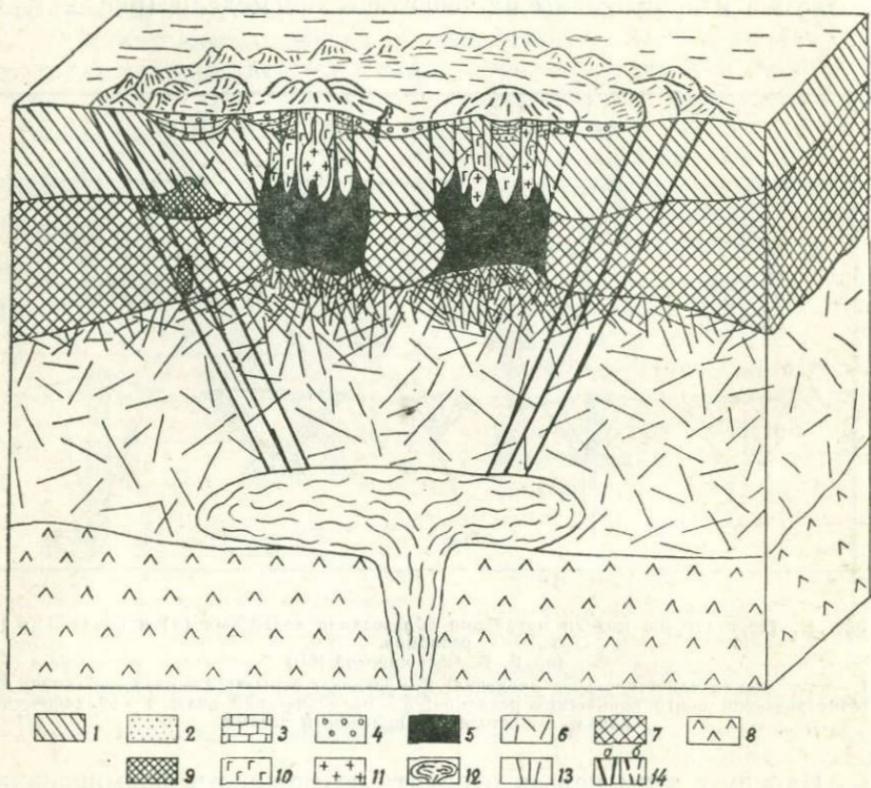


Рис. 22. Модель астенокона.

Построена на гипотетическом глубинном профиле литосферы, предложенном В. В. Белоусовым [2] для орогенного режима.

1 — континентальная кора; 2 — нижне- и верхнетерригенные формации; 3 — известняковая формация; 4 — молассовая формация; 5 — расплавленный базальт; 6 — астеносфера; 7 — субстрат (верхние твердые слои верхней мантии); 8 — слой Голицына; 9 — эклогиты; 10 — метаморфизм амфиболитовой фации; 11 — магма кислого и среднего состава; 12 — глубинный мантийный астенолит; 13 — тектонические разрывы; 14 — карстовые разломы; а — астенокона, б — высокопорядковых структур центрального типа.

Возникновение макроструктур и низкопорядковых мегаструктур центрального типа (астеноконов) вполне удовлетворительно может быть объяснено моделью В. В. Белоусова [2], показавшего динамику выплавления из астеносферы астенолитов и их последующее влияние на тектонические и физико-химические процессы земной коры (рис. 22). Исходным моментом в построении

ниях В. В. Белоусова служит представление о дифференциации вещества как отражении внутреннего терморегулирования планеты. Р. З. Левковский [30] допускает, что причиной образования крупных центральных структур является смена режимов расширения и сжатия Земли.

Наконец, в связи с установлением существования и закономерного распространения глобальных мегаструктур центрального типа (геоконов) возникает необходимость хотя бы в предварительном объяснении возможного механизма их образования. В этом отношении значительную помощь может оказать вышеупомянутая концепция В. В. Белоусова о динамике глубинной дифференциации вещества. Развиваемая в последние годы Р. У. Ван Беммеленом [5] концепция мегаундаций также исходит из представления о глубинной дифференциации вещества. Разделяется идея дифференциации и многими другими исследователями.

Становится все более очевидным, что такая глубинная дифференциация вещества пространственно неоднородна [15, 55]. Видимо, имеет место определенная локализация в мантии центров, в которых происходит данный процесс. Это, в частности, подтверждается наличием громадных (до нескольких тысяч километров в поперечнике) гравитационных аномалий, устанавливаемых с помощью искусственных спутников [87]. Допускается, что аномалии связаны с внутренними глубинными напряжениями порядка 100 бар [88]. Р. У. Ван Беммелен полагает, что перемещение масс начинается в области нижней мантии, вздутия которой обладают меньшей вязкостью по сравнению с верхней мантией, трансформируясь далее в склеросфере (рис. 23). На составленной им схеме распространения мегаундаций они показаны в основном для океанических акваторий, в виде вытянутых ареалов (рис. 24).

Думается, что и в основу теоретической модели континентальных мегаструктур центрального типа (геоконов) может быть положено представление о глубинной дифференциации вещества, локализующейся в отдельных центрах. Но в отличие от Ван Беммеля, предполагающего миграцию центров дифференциации, приходится признать их высокую пространственную стабильность [60, 69]. На длительность существования и пространственную стабильность глубинных энергогенерирующих центров, ответственных за возникновение геоконов, указывает конформное соответствие мегаструктур размещение разновозрастных (от докембрия до кайнозоя) геологических тел (см. рис. 12).

Глубина заложения геоконов, вероятно, соизмерима с глубиной развития мегаундаций и находится в пределах зоны перехода от верхней мантии к нижней. На глубинность корней этих мегаструктур указывает нередко отмечающееся по их периметру развитие вулканических (базальтовых) поясов, присутствие

основных, ультраосновных и эклогитоподобных пород (друзы и др.), наличие в эфузивах мантийных нодулей, распространение пород высоких фаций метаморфизма и пр. Важно подчеркнуть также, что внешние концентры мегаструктур цент-

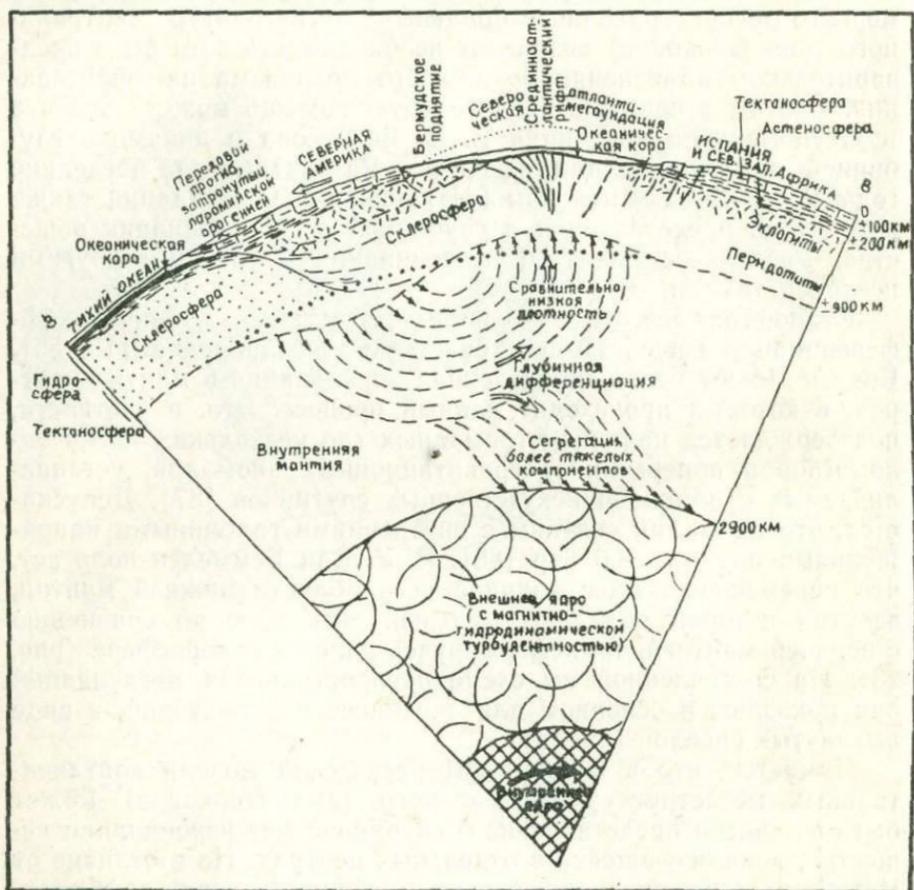


Рис. 23. Схема перемещения масс, сопровождающего вспучивание поверхности Земли масштаба мегаундации.
(по Р. У. Ван Беммелену [5])

рального типа трассируются глубинными структурными швами, а иногда рифтовыми зонами. Участие глубинных разломов в строении мегаструктур дает основание полагать, что ограниченные ими концентрические блоки могут сохранять определенную автономию до весьма больших глубин. Глубокофокусные землетрясения, местами совпадающие с плоскостями таких нарушений, устанавливаются на глубинах до 700 км и более, т. е. в

пределах зоны перехода от верхней мантии к нижней. Существенно отметить и тот факт, что во многих случаях фокальные плоскости, к которым приурочены литосферные и глубинные

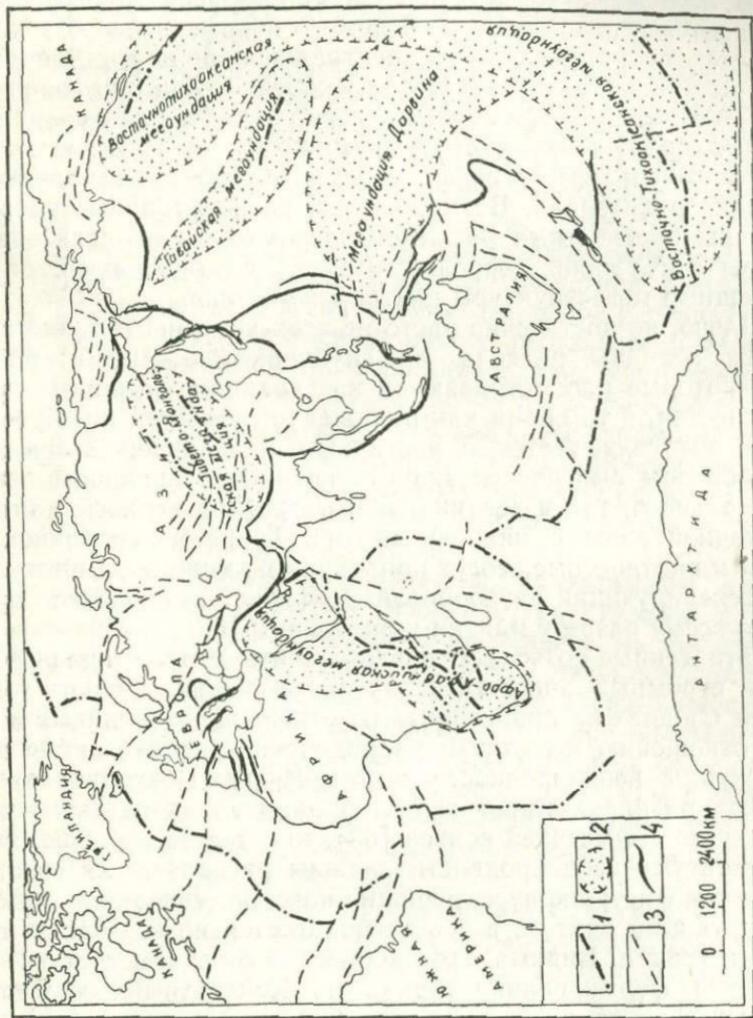


Рис. 24. Схема распространения геоундаций
(по Р. У. Ван Беммелену [5])
1 — гребни мегаундаций; 2 — мегаундации; 3 — секущие сбросы; 4 — молодые орогены и островные
дуги.

землетрясения, наклонены в сторону центральной области мегаструктур [55].

Сделанный В. З. Рябым и Л. Н. Старобинец обзор современных представлений о строении верхней мантии [55] позволяет уточнить некоторые детали глубинного строения центральных мегаструктур с учетом новейших данных. Появляется возможность говорить об упорядоченном распределении в их пределах

не только ступеней мощности земной коры, но и астеносферы, располагающейся по-разному в положительных и отрицательных мегаструктурах. Глубина залегания астеносферного слоя обычно уменьшается от подножья мегасвода к его апикальной части. В кольцевых мегаструктурах астеносфера максимально приближается к подошве земной коры в периферической зоне и углубляется по направлению к центральной области. Внешние концентры кольцевых мегаструктур, особенно если они совпадают с тектонически напряженными горно-складчатыми сооружениями, подчеркнуты не одним, а двумя-тремя низкоскоростными каналами. Очень интересен факт резкого изменения глубины волновода по латерали. Возможно, его разноглубинные уровни ограничены плоскостями разломов, поскольку в пределах земной коры эти уровни коррелируются с дизъюнктивами, ограничивающими мегаструктуры центрального типа.

Локально, но достаточно часто на всех континентах устанавливаются границы раздела на глубинах 300—400 и 600—700 км, которые рассматриваются как границы фазового перехода вещества, в то время как понижение скоростей на глубине 100—200 км связывается с частичным плавлением вещества. Таким образом выясняется значительная неоднородность как горизонтального, так и вертикального строения верхней мантии и переходной зоны к нижней мантии. Такие неоднородности, включая и плотностные, могут приводить к возникновению колебаний, генерирующих разнообразные физико-химические процессы по всему разрезу мантии и литосферы [55].

Все эти данные позволяют предположить, что частичная реализация огромных энергетических ресурсов переходной зоны (области С) должна происходить из отдельных мантийных очагов, по отношению к которым упорядоченно располагаются все вышележащие неоднородности тектоносферы. Поскольку энергетическая разрядка имеет характер направленного движения, обладающего симметрией конуса [83], то естественно допустить, что упомянутые неоднородности должны располагаться согласно объемной фигуре конуса, вершина которого совпадает с энергогенерирующими очагом, а ось располагается по нормали к поверхности геоида. Видимо, этот процесс в конечном счете и ответствен за формирование геоконов. Конкретный характер глубинных физико-химических преобразований и явлений по понятным причинам остается наиболее гипотетичным и неясным. На современном уровне знаний можно лишь предполагать, что они происходят на уровне фазового превращения вещества. Возможно, здесь применима гипотеза Р. У. Ван Беммелена о процессах геохимических преобразований, сопровождающих гравитационную дифференциацию перidotитового вещества мантии. Но с не меньшим основанием можно поддержать и радиомиграционную концепцию глубинной дифференциации В. В. Белоусова, учитывающую расчеты механизма плавления мантии и

периодичность энергетической разрядки [1, 72]. Заслуживают самого пристального внимания и высказываемые в последнее время представления Р. С. Прасолова [51] о естественных природных ядерных реакторах (связанных с цепным давлением U^{235} и синтезом H^2 , $H^3\dots$) как о новом механизме высвобождения глубинной энергии.

Безотносительно к решению вопросов первопричины глубинной геодинамической разрядки важно обратить внимание на то, что предлагаемая модель исходит из закономерной пространственной локализации структур и вещества в пределах объемной фигуры геокона как единой энергетической системы. Мобилизация и подъем мантийного вещества здесь, скорее всего, осуществляются по ослабленным каркасным элементам мегаструктур, располагающимся по закону симметрии конуса. Концентрические шовные зоны глубинных разломов регулируют при этом позицию концентрических блоков литосферы, предопределяя характер геотермической проницаемости, магматизма, кинематики земной коры, а соответственно и тектонических режимов. Радиальные составляющие геокона, выступающие на поверхности земной коры как поперечные глубинные разломы, в определенных условиях выполняют барьерную роль, ограничивая региональные мегаблоки и разграничивая регионы с различным тектоническим режимом [69, 89].

Каркасные сверхглубокие разломы, по-видимому, чрезвычайно устойчивы в отношении своей пространственной позиции и характеризуются исключительной длительностью существования, соизмеримой со временем корового развития планеты. В этом явлении можно видеть причину длительного наследования геологических процессов, фиксируемых при наземных исследованиях. Подобная унаследованность крупнейших, а иногда и менее обширных поднятий и опусканий литосферы прекрасно прослеживается на серии палеотектонических карт СССР м-ба 1 : 5 000 000, составленных для позднего протерозоя—девона, под редакцией Т. Н. Спижарского [45].

Вещественно-структурные преобразования от уровня астеносферы и до поверхности земной коры в связи с развитием тектонических режимов подробно освещены В. В. Белоусовым и не требуют пояснения. Нужно отметить только, что примечательно к крупным центральным структурам они хорошо вписываются в объемную модель астенокона (рис. 22).

По-видимому, сходная модель, но достроенная вниз до уровня средней мантии, может в известной мере объяснить и структуру геокона (рис. 25). Судить о характере преобразования вещества на больших глубинах, как уже отмечалось выше, чрезвычайно трудно. Но все же можно предположить, что устанавливаемая на глубинах около 700 км геофизическая граница раздела является уровнем локализации энергетических очагов, ответственных за возникновение геоконов. Существование та-

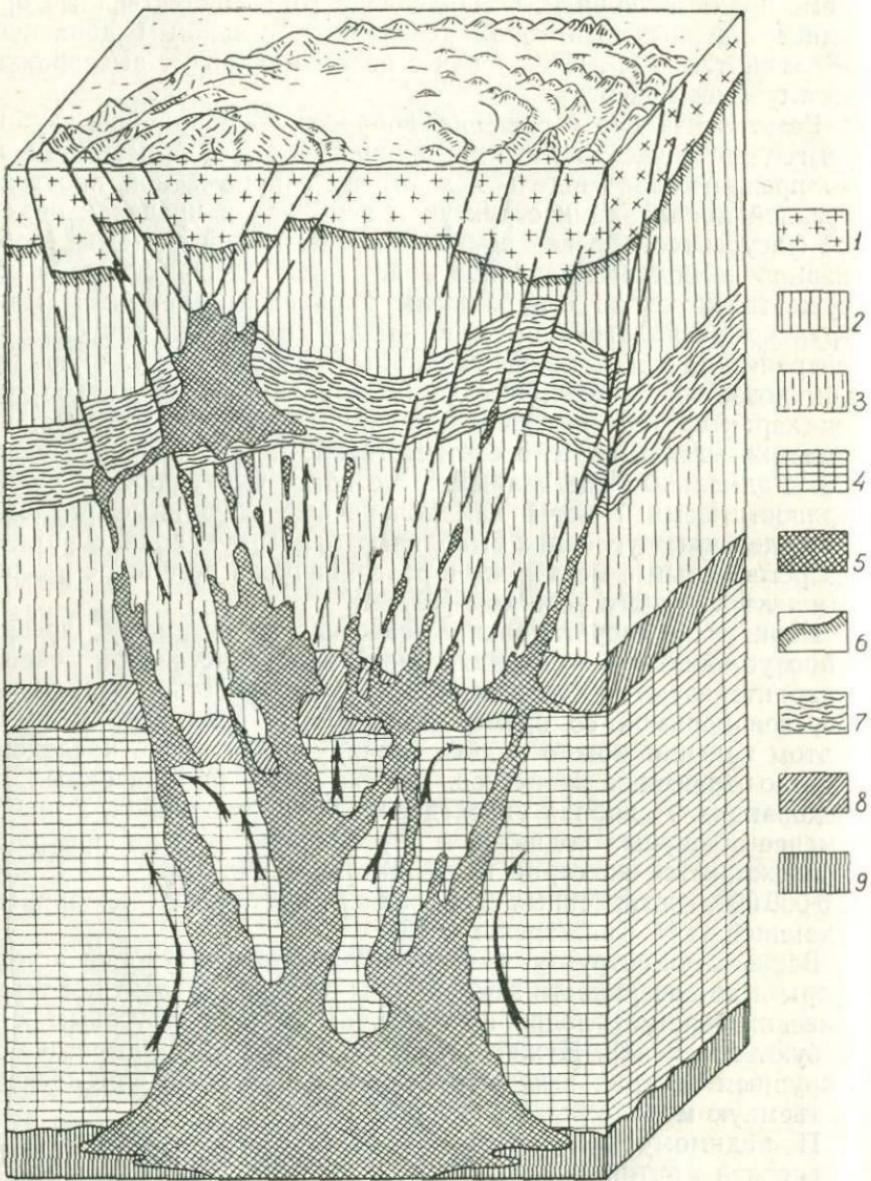


Рис. 25. Гипотетическая модель геокона.

1 — земная кора; 2 — верхние твердые слои верхней мантии; 3 — верхняя мантия; 4 — средняя мантия; 5 — мантийные дифференциаты; 6 — граница Мохоровичча; 7 — астеносфера; 8 — 400-километровая зона геофизического раздела; 9 — 700-километровая зона геофизического раздела.

ких неоднородностей неизбежно должно сопровождаться изменением некоторых параметров вещества (химического состава, вязкости, плотности) как внутри очага, так и в окружающей его среде. Подобные различия должны способствовать устойчивому (в пределах энергетического потенциала очага) перемещению и перераспределению вещества, на что, в частности, указывает переменная глубина кровли области C . Но возникает вопрос, каким образом осуществляется такое перемещение в условиях огромного всестороннего давления области C ? В качестве одного из возможных вариантов, помимо конвекции, допустимы и блоковые перемещения. Необходимую для этого концентрацию энергии, быть может, следует искать в пространственной когерентности волн колебаний, существование которых в последнее время установлено для средней мантии [55]. Допустив наличие природной когерентности, можно объяснить и устойчивое существование сверхглубоких разломов (фиксированных по землетрясениям) и допустить возможность блокового перемещения вещества мантии, так как при этом процессе направленное высвобождение энергии, по сравнению с обычным рассеянным, возвращается на много порядков. Для иллюстрации эффекта когерентности можно сослаться на лазерную технику, использующую феномен сложения мощности колебательных или волновых процессов. Так, например, лазер в состоянии дать импульс генерации с энергией 100 Дж за время 10^{-3} с, а объем когерентности лазерного светового луча в 10^{17} превышает объем когерентности лучей, полученных от нелазерных источников.

Направленная энергетическая разрядка, скорее всего, и обеспечивает длительное существование пронизывающих мантию и литосферу каркасных разломов геоконов. При очень высокой энергетической мощности, поддерживающей существование таких шовных линий, анизотропия среды существенного влияния на них, видимо, не оказывает.

Основные горизонтальные неоднородности тектоносферы, подчеркнутые границами Голицына, Мохоровичича, Конрада, сказываются, видимо, не столько в искривлении по вертикали каркасных разломов геокона, сколько в определении глубины залегания промежуточных очагов, аккумулирующих энергию и вещество для сравнительно крупных дочерних структур центрального типа. Заложение корней таких структур, скорее всего, происходит в узлах пересечения указанных границ с каркасными разломами геокона. Еще более низкопорядковые структуры коррелируются с локальными границами разделов, расположившихся внутри основных слоев земной коры. При таком допущении легко объясняется закономерное усложнение концентров геокона сериями разнопорядковых дочерних структур центрального типа.

Импульсная разрядка энергии из основного мантийного энергогенерирующего центра предопределяет распространение раз-

личных форм геологического движения (волной, физико-химической, механической) по всему геокону. Однако каркасные плоскости последнего служат путями наивысшей проницаемости и наиболее прямой передачи энергетических импульсов к поверхности, обусловливая и наивысшую активность протекающих здесь геологических процессов.

Определенная периодичность геологических явлений может быть связана с периодическим усилением активности энерго-генерирующего центра. Такая периодичность, отражающая закономерности саморазвития геокона, затушевывается (а иногда и нарушается) другими глобальными и космическими явлениями и поэтому трудно расшифровывается. В целом же она подчиняется тенденции направленного развития, выражющейся в прогрессирующем усложнении структуры всей системы.

Представляется, что развитие систем типа геоконов началось по крайней мере с «нуклеарной» (по Е. В. Павловскому) стадии эволюции литосферы. Мощные восходящие тепловые фронты над мантийными очагами обусловливали возникновение гигантских изометрических структурных вздутий, в пределах которых (в условиях еще маломощной и слабо дифференцированной земной коры) происходило распределение поднимающегося из глубины вещества.

Размещение мобилизованного вещества должно было носить концентрический характер, поскольку осуществлялось в силовом поле геоконов, характеризующихся симметрией конуса. Отсутствие каких-либо ограничивающих жестких рам позволило таким первичным мегаструктурам центрального типа приобретать исключительно правильные округлые в плане очертания.

Учитывая особенности распределения энергии в восходящем тепловом фронте, можно предположить, что преобразование вещества шло в направлении от апикальной области к периферии протоструктурных форм центрального типа. В этом же направлении происходила и сиализация материала, а соответственно и изменение проницаемости литосферы: от рассеянной к сосредоточенной (по В. В. Белоусову). Более глубоко преобразованные и консолидированные центральные области геоконов служили в дальнейшем теми ядрами, вокруг которых закладывались геосинклинальные троги, прогибы и другие шовные зоны.

Последующее развитие геоконов сопровождалось как эволюцией их концентрических блоков, так и возникновением новообразованных дочерних структур центрального типа. Л. И. Салопом [56] на примере Алданского региона показано, что возникновение архейских гнейсовых овалов (типа астеноконов) явилось результатом подъема крупных масс реоморфизованного материала. Он отмечает, что продвижение теплового фронта при этом обусловлено преимущественно диффузией и фильтрацией сквозьмагматических растворов, обеспечивших конформную

структуре деформацию вещества в условиях большей пластичности материала.

В формировании как мегаструктур центрального типа, так и более низкопорядковых таксонов ведущая роль принадлежит вертикальным движениям. Горизонтальные перемещения имеют подчиненное значение, будучи связанными с вертикальными, но так же как и последние, вполне упорядоченно проявляются в пределах объемных фигур центрального типа. Среди структурных форм, возникающих под воздействием горизонтальных составляющих, наиболее распространены надвиги и сдвиги. Надвиги обычно связаны с неравномерным вертикальным перемещением блоков, ограниченных коническими плоскостями концентрических составляющих мегаструктур центрального типа. Сдвиги наиболее часто устанавливаются в зоне внешних концентров мегаструктур и, по-видимому, предопределены вращательным эффектом, угловая скорость которого во внешних зонах структур больше, чем во внутренних. Так, для Сихотэ-Алинского сектора Восточно-Азиатского геокона геологически доказан левосторонний сдвиг с амплитудой до 120 км [21]. Левосторонние сдвиги преобладают и в Байкальском секторе мегаструктуры.

Эволюция различных генетических групп (интрузивных, вулканических и др.) более низкопорядковых структур центрального типа изложена в специальной литературе и не требует дополнительного рассмотрения. Можно лишь отметить, что она хорошо вписывается в изложенную схему развития центральных структур.

Представляется, что предлагаемая теоретическая модель достаточно полно учитывает эмпирически установленное упорядоченное распределение вещества и структур на разных уровнях их организации в пределах единой энергетической системы геокона. Данная модель является первой попыткой объяснения существования глобальных структур центрального типа и подчиненных им дочерних образований. Она, бесспорно, не лишена недостатков и потребует дальнейшего уточнения и доработки. В своем настоящем виде она рассматривается нами как рабочий вариант. Но тем не менее уже эта модель позволяет утверждать, что пространственное расположение крупнейших геотектонических подразделений (таких, как геосинклинально-складчатые системы, шовные зоны, вулканические пояса и др.) вполне определено. Оно контролируется пространственной позицией и закономерностями строения и развития геоконов.

Появляется также возможность рассматривать геологическую эволюцию различных регионов, располагающихся в сфере одного геокона (например, территории от Байкала до Сихотэ-Алиня, в пределах Восточно-Азиатской мегаструктуры), как взаимосвязанный процесс, регулируемый развитием одного мантийного энергетического центра.

Эти проблемы упоминаются здесь в качестве постановки вопросов, требующих своего решения в будущем и, естественно, не входят в задачу данной работы. Вместе с тем следует указать, что использование комплексной методики геолого-морфологического анализа может обеспечить приток обширной новой информации не только при общегеологических, но и при специализированных (геофизических, геохимических, металлогенических и др.) исследованиях структур центрального типа. Исходные сведения (структурного плана) для такого рода работ содержатся на Карте морфоструктур центрального типа территории СССР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные результаты геолого-морфологического анализа структур центрального типа, осуществленного в процессе карттирования обширной территории, являются первым опытом такого рода работы и, естественно, не могут претендовать на равномерное и в равной степени обоснованное решение всех затронутых проблем. Одни из них (методика исследования, картирование центральных структурных форм и некоторые другие) освещены с достаточной полнотой, другие (например, контролирующая роль мегаструктур центрального типа по отношению к главным геотектоническим подразделениям) — лишь в виде постановки вопроса.

В целом полученные данные позволяют существенно уточнить, а в ряде случаев и по-новому оценить значение структур центрального типа в геологической истории.

Благодаря тому что были разработаны методы выявления не только экспонированных, но и криптоструктур, «просвечивающих» сквозь покрывающие их толщи, очевидной стала повсеместность распространения этих таксонов. Длительное, прерывисто-пульсирующее развитие многих из них свидетельствует о достаточной стабильности глубинных энергогенерирующих очагов, ответственных за возникновение структурных форм центрального типа. Установлены корреляционные связи разных порядков центральных структур с основными слоями Земли и «внутрислоевыми» геофизическими границами.

Предложенная классификация структурных форм центрального типа по разным показателям (морфологическим, генетическим, размерным и др.) предусматривает их систематизацию и с учетом строения геосфер. Выделяются центральные структурные формы, заложение которых связано с осадочным, гранитным, базальтовым слоями, а также с астеносферой (астено-коны) и более глубокими частями мантии (геоконы).

Наиболее существенным представляется выделение и картирование ранее неизвестных суперструктур — мегаструктур цент-

рального типа. Упорядоченное распространение в их пределах мощности земной коры и аномальных магнитных полей, конформное их контурам размещение наиболее глубинных магматических образований и пород высоких фаций метаморфизма подтверждает мантийное, связанное с энергомассопереносом происхождение подобных мегаструктур. Дальнейшее исследование этих таксонов может быть весьма полезным как для разработки вопросов тектоно-магматического районирования и эволюции крупных геолого-тектонических подразделений, так и для выяснения закономерностей размещения рудных поясов и провинций. Соотношение центральных мегаструктур (геоконов и астеноконов) с зонами линейных дизъюнктивных нарушений позволяет провести разделение последних на глубинные и коровые.

Ретроспективное рассмотрение структур центрального типа приводит к выводу о направленном развитии их, сопровождающемся прогрессирующим усложнением материнских форм дочерними.

Впервые составленная для всей территории СССР карта структурных форм центрального типа по общему взаиморасположению изображенных структурных форм чрезвычайно напоминает тектоническую карту Луны и структурные схемы других планет (Марса, Венеры), что, возможно, указывает на диалектическое единство становления структурного плана крупных небесных тел Солнечной системы.

Наконец, следует отметить, что геолого-морфологический анализ позволил наметить критерии рудоносности структур центрального типа. Специально эта проблема рассмотрена в ряде публикаций [16, 43, 63, 66], в настоящей же работе было важно подчеркнуть, что закономерная локализация рудного вещества связана с самой природой центральных структур и особенностями их эволюции. Степень проницаемости литосферы для рудоносных растворов находится в прямой зависимости от степени сложности строения той или иной центральной формы. Соответственно, количество интерферирующих структур — важный показатель проницаемости литосферы, а значит, и потенциальной рудоносности. Следствием данного вывода является необходимость определения плотности интерферирующих структур центрального типа (с учетом секущих их разломов) для определения максимально благоприятных участков при прогнозной оценке территорий. Этот показатель был использован для выделения вышеперечисленных перспективных районов на рассмотренной карте морфоструктур центрального типа.

В заключение нужно подчеркнуть, что изображенные на карте морфоструктур проекции на дневную поверхность элементов всех (как скрытых, так и экспонированных) центральных структур впервые дали возможность выделить индивидуальные энер-

гетические системы, реализованные в геологических и тектонических телах (безотносительно к степени их обнаженности). Правильная радиально-концентрическая геометрия центральных структур и, как выяснилось, упорядоченное расположение осложняющих их форм открывают широкие возможности для математической обработки и исследования геологических процессов и закономерностей. Разработка алгоритмов математического анализа структур центрального типа, выявленных дистанционными методами,— задача не ближайшего будущего, а сегодняшнего дня.

Один из возможных путей в этом отношении — обработка информации, содержащейся на картах морфоструктур центрального типа, для составления схем изофракт. Изофракты — линии равной проницаемости (от латинского *fractio* — дробление). Суммарная длина каркасных элементов морфоструктур и секущих их разломов, отнесенная к центру условного квадрата площади, дает необходимые для построения таких схем цифры. Эмпирически установлено, что чем большая величина нарушений приходится на единицу площади, тем более раздроблен и проницаем геологический субстрат и соответственно тем больше вероятность локализации в нем рудного вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Е. В. Гравитационная конвекция в недрах Земли.— «Физика Земли», 1968, № 9, с. 3—17.
2. Белоусов В. В. Основы геотектоники. М., «Недра», 1975. 262 с.
3. Беляевский Н. А. Земная кора в пределах территории СССР. М., «Недра», 1974. 280 с.
4. Бондарчук В. Г. Тектоорогения. Изд-во Киевск. гос. ун-та, 1946. 262 с.
5. Ван Беммелен Р. У. Развитие мегаундаций.— В кн.: Система рифтов Земли. М., «Мир», 1970, с. 230—249.
6. Волчанская И. К., Кочнева Н. Т., Сапожникова Е. Н. Морфоструктурный анализ при геологических и металлогенических исследованиях. М., «Наука», 1975. 149 с.
7. Волчанская И. К., Сапожникова Е. Н. Морфоструктурный метод изучения горных областей.— «Вестн. МГУ. Геогр.», 1969, № 3, с. 13—17.
8. Ганешин Г. С., Соловьев В. В., Чемеков Ю. Ф. Проблема возраста рельефа.— «Геоморфология», 1970, № 3, с. 6—15.
9. Ганешин Г. С., Соловьев В. В., Чемеков Ю. Ф. Типовая легенда для геоморфологических карт разных масштабов. Л., «Недра», 1972. 16 с.
10. Герасимов И. П. Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР.— В кн.: Пробл. физич. географии. Вып. XII. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1946, с. 33—46.
11. Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А. Геоморфологический этап в развитии Земли.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1964, № 6, с. 3—12.
12. Глуховский М. З., Коген В. С., Моралев В. М. Троговый комплекс Алданского щита и его обрамления.— «Геология и геофизика», 1976, № 6, с. 3—7.
13. Гольбрайх И. Г. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей. Л., «Недра», 1968, 41 с.
14. Дейвис Р. М. Волны напряжений в твердых телах. М., Изд-во иностр. лит., 1961. 361 с.
15. Деменицкая Р. М. Кора и мантия Земли. М., «Недра», 1975. 254 с.
16. Дубинчик Э. Я., Путинцев В. К., Соловьев В. В. Опыт комплексного использования петрофизических, геофизических и морфоструктурных данных для целей прогнозирования.— В кн.: Прогнозирование м-ний полезн. ископаемых при регион. геол. исследованиях. Л., 1973, с. 49—55. (ВСЕГЕИ).
17. Дубинчик Э. Я., Путинцев В. В., Соловьев В. В. Морфоструктурные особенности интрузивных пород различных петрофизических фаций южной части Дальнего Востока.— «Геология и геофизика», 1975, № 2, с. 102—109.
18. Ефимов А. А. «Горячая тектоника» в гипербазитах и габброидах Урала.— «Геотектоника», 1977, № 1, с. 24—42.

19. Иванкин П. Ф. О рудно-магматических пучках в вулканогенных формациях.—В кн.: Рудоносность вулканогенных формаций. М., «Наука», 1965, с 102—111.
20. Иванкин П. Ф. Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей. М., «Недра», 1970. 288 с.
21. Иванов Б. А. Центральный Сихотэ-Алинский разлом (сдвиг).—«ДАН СССР», 1962, т. 138, № 4, с. 900—903.
22. Карта аномального магнитного поля СССР, м-б 1 : 10 000 000. Под ред. Н. М. Соловьевой. Составители: Н. М. Соловьева, Т. В. Спрыгина, Н. П. Шмиярова. Л., 1971. (ВСЕГЕИ).
23. Карта морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1 : 10 000 000, 1975 г. Под ред. В. В. Соловьева. Составители: В. М. Рыжкова, В. Соловьев. Л., 1977. (ВСЕГЕИ).
24. Кольский Г. Волны напряжений в твердых телах. М., Изд-во иностр. лит., 1955. 192 с.
25. Косягин Ю. А. Основы тектоники. М., «Недра», 1974. 206 с.
26. Кочнева Н. Т. Геоморфологические методы выявления купольных структур при поисках эндогенного оруденения.—«Вопр. географии», 1973, сб. 92, с. 124—132.
27. Красный Л. И. Геоблоки.—«Геотектоника», 1967, № 5, с. 113—120.
28. Красный Л. И. Проблемы тектонической систематики. М., «Недра», 1972. 149 с.
29. Лавров А. С. Картирование ледникового рельефа и проявлений гляциоизостатических движений на северо-востоке Русской равнины.—В кн.: Проблемы геоморфологич. картирования. Л., 1975, с. 159—160. (ВСЕГЕИ).
30. Левковский Р. З. Рапакиви. Л., «Недра», 1975. 221 с.
31. Леонтьев О. К. О статье Н. И. Николаева «О содержании и основных задачах геоморфологии».—«Геоморфология», 1976, № 4, с. 37.
32. Личков Б. Л. О понятии горных систем.—«Вопр. географии», 1954, сб. 36, с. 138—159.
33. Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям. Под ред. Ю. Ф. Чемекова. Л., «Недра», 1972. 384 с.
34. Методические указания по геологической съемке м-ба 1 : 50 000. Вып. 2. Геологическая съемка вулканогенных образований. Л., «Недра», 1971. 399 с.
35. Методические указания по геологической съемке м-ба 1 : 50 000. Вып. 3. Геологическая съемка интрузивных образований. Л., «Недра», 1972. 319 с.
36. Методические указания по геологической съемке м-ба 1 : 50 000. Вып. 4. Геологическая съемка в областях развития метаморфических образований. Л., «Недра», 1972. 376 с.
37. Методические указания по геологической съемке м-ба 1 : 50 000. Вып. 10. Гидрохимические исследования. Л., «Недра», 1970. 375 с.
38. Методические указания по геологической съемке м-ба 1 : 50 000. Вып. 11. Биогеохимические и геоботанические исследования. Л., «Недра», 1972. 280 с.
39. Невский В. А. Кольцевые разрывы и некоторые данные о механизме их формирования.—«Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1971, № 5, с. 47—61.
40. Невский В. А., Котляр В. Н. Структура эндогенных месторождений, связанных с кольцевыми разрывами.—«Геология рудн. м-ний», 1970, № 5, с. 7—18.
41. Николаев Н. И. О содержании и основных задачах геоморфологии.—«Геоморфология», 1976, № 4, с. 23—34.
42. Орлянкин В. Н. Возможности геоморфологического метода выявления невскрытых интрузивных магматических тел при поисково-съемочных работах.—В кн.: Пробл. геоморфол. картирования. Л., 1975, с. 65—67. (ВСЕГЕИ).
43. Павлова И. Г., Соловьев В. В. Использование морфоструктур центрального типа для анализа закономерностей размещения медных месторождений.—«Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер.», 1976, т. 227, с. 19—29.

44. Павловский Е. В. О специфике стиля развития земной коры в раннем докембрии.—В кн.: Геология и петрология докембра. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 77—108.
45. Палеотектонические карты СССР. Верхний протерозой—девон. Под ред Т. Н. Спижарского. Л., 1977. (ВСЕГЕИ.)
46. Петров А. И. О механизме образования структур центрального типа.—«Сов. геология», 1968, № 9, с. 139—145.
47. Пиотровский М. В. Мезозойская морфотектоника Алданской антеклизы.—В кн.: Мат-лы Всесоюз. совещ. по геоморфологии и неотектонике Сибири и Д. Востока. Новосибирск, «Наука», 1968, с. 83—85.
48. Пиотровский М. В. Морфотектоническое картирование как научный поиск.—В кн.: Пробл. геоморфол. картирования. Л., 1975, с. 34—36. (ВСЕГЕИ.)
49. Плотников Л. М., Петров А. И. Об основной закономерности распределения деформаций в геологических тела.—В кн.: Общие закономерности геол. явлений. Вып. 1. Л., 1965, с. 273—281. (ВСЕГЕИ.)
50. Попова Г. З. Кольцевые и линейные морфоструктуры Казахской складчатой страны. Алма-Ата, «Наука», 1966, 211 с.
51. Прасолов Р. С. Некоторые вулкано-тектонические структуры и природные ядерные взрывы.—В кн.: Глубин. строение, магматизм и металлофеняния тихоокеанских вулканич. поясов. Владивосток, 1976, с. 289—291.
52. Размахнин Ю. Н. Некоторые особенности магматизма зон активизации Азиатского сектора Тихоокеанского складчатого пояса (на примере Приморья).—«ДАН СССР», 1966, т. 169, № 1, с. 192—194.
53. Размахнин Ю. Н. Особенности эволюции верхнемелового вулканализма Сихотэ-Алиня и его оловоносность.—В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., Изд-во АН СССР, 1973, с. 292—293.
54. Русаков И. М., Виноградов В. А. Эвгеосинклинальная и мио-геосинклинальная области Северо-Востока СССР.—«Уч. зап. НИИГА. Сер. регион.», 1969, вып. 15, с. 5—27.
55. Рябой В. З., Старобинец Л. Н. Сейсмические исследования строения верхней мантии за рубежом. Обзор. М., 1973. 67 с. (ВИЭМС.)
56. Салоп Л. И. Два типа структур докембра: гнейсовые складчатые овалы и гнейсовые купола.—«МОИП. Отд. геол.», 1971, т. 16, № 4, с. 5—30.
57. Свешникова Е. В. Магматические комплексы центрального типа. М., «Недра», 1973. 183 с.
58. Скублова Н. В. Кольцевые морфоструктуры Балхаш-Нуринского водораздела и методика их изучения. Автореф. канд. дис. Л., 1970. 25 с.
59. Соловьев В. В. Связь экзогенных рельефообразующих процессов с особенностями геологического строения. Современные экзогенные процессы. Ч. 1. Киев, «Наукова Думка», 1968, с. 7—9.
60. Соловьев В. В. Конфокальные палеоморфоструктуры как отражение глобальных закономерностей тектоногенеза.—В кн.: Внутренняя геодинамика. Вып. 1. Л., 1972, с. 40—43. (ВСЕГЕИ.)
61. Соловьев В. В. Использование результатов геоморфологических исследований при прогнозировании.—В кн.: Прогнозирование м-ний полезн. ископ. при региональных геол. исследованиях, Л., 1973, с. 49—55. (ВСЕГЕИ.)
62. Соловьев В. В. Морфоструктуры центрального типа горных стран, их классификация и практическое значение.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран. Фрунзе, «Илим», 1973, с. 69—71.
63. Соловьев В. В. Морфоструктуры центрального типа в связи с некоторыми аспектами глобальной тектоники и металлогенией.—В кн.: Металлогенesis и новая глобальная тектоника. Л., 1973, с. 148—152. (ВСЕГЕИ.)
64. Соловьев В. В. Использование геоморфологических исследований при прогнозировании и поисках эндогенных полезных ископаемых. Тез. докл. Школы передового опыта на ВДНХ. М., 1974, с. 49—55.
65. Соловьев В. В. Картирование морфоструктур центрального типа при прогнозировании и поисках эндогенных месторождений полезных ископ.

- паемых.— В кн.: Пробл. геоморфол. картирования. Л., 1975, с. 62—64. (ВСЕГЕИ.)
66. Соловьев В. В. Рациональный комплекс геоморфологических методов исследования при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л., «Недра», 1976. 22 с.
67. Соловьев В. В. Пространственная позиция Тихоокеанских вулканических поясов в пределах мегаструктур центрального типа как отражение особенностей глубинного строения литосферы.— В кн.: Глубинное строение, магматизм и металлогенез тихоокеанских вулканич. поясов. Владивосток, 1976, с. 44—46.
68. Соловьев В. В. Морфоструктуры центрального типа в рельефе континентов.— В кн.: Геоморфология и палеогеография. М., 1976, с. 99—102. (Оргкомитет XXIII Междунар. геогр. конгр.)
69. Соловьев В. В. Мегаструктуры центрального типа по данным морфотектонического анализа.— В кн.: Четвертичная геология и структурная геоморфология. Л., 1977, с. 87—99. (ВСЕГЕИ.)
70. Соловьев В. В., Ганешин Г. С. Развитие рельефа и формирование четвертичных отложений Сахалина. М., «Недра», 1971. 156 с.
71. Соловьев В. В., Рыжкова В. М. Картографическое изображение морфоструктур центрального типа.— В кн.: Пробл. геоморфол. картирования. Л., 1975, с. 91—93. (ВСЕГЕИ.)
72. Тихонов А. Н., Любимова Е. А., Власов В. К. О эволюции зон плавления в термической истории Земли.— «ДАН СССР», 1969, т. 188, № 2, с. 338—341.
73. Томсон И. Н., Фаворская М. А. Рудоконцентрирующие структуры и принципы локального прогнозирования эндогенного оруденения.— «Сов. геология», 1968, № 10, с. 6—21.
74. Томсон И. Н., Фаворская М. А. Глубинная блоковая тектоника, магматизм и оруденение.— В кн.: Пробл. геологии минеральных м-ний, петрологии и минералогии. Т. 1. М., «Наука», 1969.
75. Томсон И. Н., Фаворская М. А. О типах очаговых структур и связи с ними оруденения.— В кн.: Закономерности размещ. полезн. ископаемых. Т. 10. М., «Наука», 1973, с. 49—65.
76. Уиссер Э. Связь оруденения с купольными структурами в Северо-Американских Кордильерах.— В кн.: Пробл. эндоген. м-ний. Вып. 2. М., «Мир», 1964, с. 9—196.
77. Фаворская М. А., Томсон И. Н. Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой. М., «Недра», 1969. 275 с.
78. Флоренсов Н. А. О геоморфологическом аспекте проблемы горообразования.— В кн.: Методы геоморфол. исслед. Новосибирск, 1967, с. 3—14.
79. Ханукаев А. Н. Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом. М., Госгортехиздат, 1962. 133 с.
80. Худяков Г. И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. М., «Наука», 1977. 255 с.
81. Чемеков Ю. Ф. Западное Прихотье. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М., «Наука», 1975. 122 с.
82. Чемеков Ю. Ф., Соловьев В. В. О пространственно-временных соотношениях в геоморфологии.— В кн.: Пробл. развития сов. геологии. Л., «Недра», 1971, с. 237—250.
83. Шафрановский И. И. Симметрия в природе. Л., «Недра», 1968. 184 с.
84. Шафрановский И. И., Плотников Л. М. Симметрия в геологии. Л., «Недра», 1975. 144 с.
85. Юг Дальнего Востока. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М., «Наука», 1972. 423 с. Авт.: Г. И. Худяков, А. М. Короткий, А. П. Кулаков, Р. И. Никонова, Е. И. Чернобровкина.
86. Anderson E. M. The dynamics of the formation of cone sheets, ring dikes and cauldron subsidences. — „Roy. Soc. Edin.“, 1936, vol. 56, pt. 2, p. 128—157.

87. Kaula W. M. Determination of the earth's gravitational field.— „Rev. Geophys.“, 1963, 1, p. 507—551.
88. Knopoff L. The convection current hypothesis.— „Rev. Geophys.“, 1964, 2, p. 89—122.
89. Solov'yev V. V. Ring megastructures of Pacific. Papers from the Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference, 1974. Honolulu, Hawaii. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, U. S., 1976, p. 472—475.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Состояние проблемы, понятия, определения, терминология	7
Глава II. Особенности строения структурных форм центрального типа и их классификация при геолого-морфологическом анализе	13
Геометрия структур центрального типа	13
Классификация морфоструктур центрального типа	18
Глава III. Методика геолого-морфологического анализа структур центрального типа	26
Информативная емкость рельефа	27
Характер выражения структур центрального типа на поверхности земной коры	33
Методы выявления структур центрального типа	40
Картирование морфоструктур центрального типа. Принципы построения специализированных карт	51
Глава IV. Структуры центрального типа территории СССР	57
Распределение мощности земной коры в пределах мегаструктур центрального типа	59
Соотношение мегаструктур центрального типа с элементами аномального магнитного поля	64
Генетическая интерпретация морфоструктур центрального типа	67
Глава V. Использование карты морфоструктур центрального типа для прогнозной оценки территории СССР на полезные ископаемые	84
Глава VI. Основные закономерности пространственно-временного развития структур центрального типа	87
Заключение	102
Список литературы	105

**СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА ТЕРРИТОРИИ СССР
ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Объяснительная записка
к Карте морфоструктур центрального типа территории СССР
масштаба 1 : 10 000 000

Редактор Л. В. Белова
Технический редактор Т. С. Лысенко
Корректор Г. А. Пониевская

Сдано в набор 10.11.77. Подп. к печати 17.03.78. М-18062
Печ. л. 7 +4 вкл. +1 карта Уч.-изд. л. 9,92 (с картой).
Формат бумаги 60×90^{1/16}. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Бумага типографская № 2. Тираж 1000 экз.
Заказ 735 Цена 1 руб. (с картой).

Ленинградская картографическая фабрика объединения
«Аэрогеология»

I pyo.

5375