# КОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГЕОЛОГИИ



### АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КОМИССИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Секция «Космическая геология»

# КОСМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В ГЕОЛОГИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» Москва 1963 by space means

Academy of Sciences of the USSR Commission of natural resources studies

'Section «Geology from space»

SPACE INFORMATION FOR GEOLOGY

Космическая информация в геологии / Коллектив авторов. М.: «Наука», 1983. 536 с.

Коллективная монография обобщает результаты исследований, выполненных институтами Академии наук СССР, академий наук союзных республик и рядом других организаций в области разработки методики применения аэрокосмической информации в геологии, использования ее в исследованиях новейших и современных геологических процессов, линеаментов и кольцевых структур, металлогении и размещения рудных месторождений в рудных районах, при изучении и прогнозировании нефтегазоносных районов. Изложены общая методология исследований, методы инструментального децифрирования изображений и количественной обработки информации, результаты региональных структурно-геологических и прогнозно-поисковых работ, выявленные геологические закономерности и практические рекомендации.

Табл. 9, ил. 188, библиогр.: с. 506- -526 (729 назв.)

Редакционная коллегия: академик А. В. Пейве (главный редактор), академик А. В. Сидоренко (главный редактор), академик А. Л. Яншин (главный редактор), В. И. Макаров, В. М. Моралев, Ю. Г. Сафонов, В. Г. Трифонов, П. Ф. Флоренский

Ответственные редакторы: В. Г. Трифонов, В. И. Макаров, Ю. Г. Сафонов, П. В. Флоренский

Editorial Board: Academician A. V. Peive (Editor-in-Chief), Academician A. V. Sidorenko (Editor-in-Chief), Academician A. L. Yanschin (Editor-in-Chief), V. I. Makarov, V. M. Moraleov, Yu. G. Safonov, V. G. Trifonov, P. V. Florensky

Responsible editors: V. G. Trifonov, V. I. Makarov, Yu. G. Sajonov, P. V. Florensky

 $\mathsf{K} = \frac{1904010000-604}{042(02)\cdot83} = 185-83-\mathsf{IV}$ 

🕲 Издательство «Наука», 1983 г.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИНЕАМЕНТОВ И КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Интерес к изучению линеаментов возник в конце прошлого — начале этого столетия и время от времени приобретал широкие масштабы. Современная волна явно повышенного внимания к ним связана с развитием космических методов исследования Земли. Они предоставили геологам практически неограниченные возможности получать и анализировать изображения всех континентов и при этом утвердиться во мнении о повсеместном развитии линеаментов, которые являются непременным, но во многом еще загадочным элементом структуры земной коры. Таким образом, появление изображений Земли со спутников стимулировало анализ линеаментов как в локальном, так и в региональном и глобальном масштабах.

Образования кольцевого, или центрального, типа стали объектом исследования геологов сравнительно недавно, главным образом в связи с изучением древнейших этапов развития Земли, а также в связи с исследованием планет и становлением сравнительной планетологии. И так же как в случае с линеаментами, материалы космических съемок, показавшие повсеместное распространение кольцевых образований в структуре земной коры, обусловили широкий к ним интерес.

В предшествующих частях монографии линеаменты и кольцевые образования уже упоминались и в той или иной мере характеризовались в связи с анализом направлений и методов использования космической информации в геологии. Данная часть посвящена специальному рассмотрению этих образований, поскольку они сами по себе представляют значительную и далеко еще не решенную проблему, имеющую научное и практическое значение. В первых десяти главах этой части дана характеристика линеаментов и кольцевых образований различных областей территории СССР, а также МНР, полученная по результатам дешифрирования космических снимков и сопоставления их с известными геолого-геофизическими данными. Затем приведены некоторые результаты изучения глобальных закономерностей их распространения и гипотезы о природе крупнейших из них; в заключение изложены основные прикципы и проблемы исследования линеаментов и кольцевых образований с помощью космических методов.

Глава 13

#### ЛИНЕАМЕНТЫ И КОЛЬЦЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ Восточно-европейской платформы

#### БАЛТИЙСКИЙ ЩИТ

Основным источником информации о линеаментах и кольцевых структурах Балтийского щита послужили континентальные телевизионные и сканерные космоснимки со спутников «ESSA» и «Метеор», по ряду районов --- региональные сканерные снимки со спутников «Ландсэт». Результаты дешифрирования сопоставлены с геологическими картами разных масштабов, с различными геофизическими картами, на эталонных участках — с данными дешифрирования РЛ- и аэрофотоснимков.

#### Кольцевые структуры

На карту (рис 79) нанесены кольцевые разломы, ограничивающие гранитные овалы, гнейсовые овалы, овальные структуры гранитообразования, плутонические кольцевые структуры, а также дугообразные разломы Хибинского грабена и Полкановская зона дугообразных разломов

Гранитные овалы. В пределах советской части Балтийского щита выделены гранитные овалы Калевальский (V) (западная часть его — в Финляндии), Терский сегмент (VI) Калевальского овала, Мурманский (III), половина которого срезана тиманидами, Кирке несский (I), (большая часть — за пределами СССР)

Калевальский овальпервые выделен по космоснимкам Б Н и В Г Можаевыми [Геоморфология, 1977] Он послужил тектонотипом гранитных овалов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а) Его кольцевые разломы, общий концентрический план рельефа и гидросети хорошо видны на космических снимках низкого разрешения, хуже — на снимках более высокого разрешения, центральная часть его (Vв) наблюдается на РЛ аэроснимках [Применение , 1981] Овал сложен протодиоритами и протогранитами, позднее реоморфизованными Концентрически-зональное расположение магнитных протодноритов и немагнитных протогранитов отражается в структуре региональных магнитных полей и гравитационного поля Центр овала — предполагаемая область сноса осадков, из которых образовались породы беломорского комплекса, грубо обтекающие овал с севера и востока, изменение их состава к центру овала отвечает формированию в условиях возрастающей мощности земной коры [Богданов и др., 1976, Доливо Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а, Богданов, Былинский и др., 1980, Bylinsky et al, 1977, Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978] на «чечевице» первичного гранитного слоя [Доливо Добровольский, Стрельников, 1978а] Ядерной части овала, по данным ГСЗ, отвечает почти полуторакратное увеличение мощности гранитов при уменьшении мощности земной коры, что характерно для центров древней стабилизации Постбеломорские структуры используют близкие по простиранию фрагменты кольцевых разломов или сегменты овала Так, Панаярвинская структура приурочена к внешним дугам (Va), ряд финских структур — к внешнему (Va) и среднему (Vб) кольцам, Шомб озерская грабен синклиналь — к сегменту центральной части кольца (Ув) Восточные ветви разломов (Vв) служат западной границей Лехтинской структуры Линейные постбеломорские структуры нормальные к элементам кольцевой тектоники, рассекают овал вдоль зоны Чирко Кемско Сегозерских разломов (22) и в других направлениях Активные фрагменты кольцевых разломов отражаются в физических полях

Терский овал — сегмент Калевальского овала, отделившийся от него по Канда лакшскому раздвигу (27) в конце карелия [Богданов и др., 1976, Богданов, Былинский и др., 1980, Bylinsky et al., 1977] Кольцевые разломы хорошо выражены в физических полях К ним приурочена дугообразная в алане синклиналь восточной части Имандра Варзугской зоны [Доливо Добровольский, 1977, и др.]

Мурманский овал разделен Северо-Кейвским разломом (la) на Кейвский сегмент, сложенный лебяжинскими гнейсами, и поднятый гранитный Мурманский блок

Инге Осставление на натеричинана дешеврирования новых солых со

Рис 79 Карта линеаментов и кольцевых структур восточной части Балтийского кристаллического щита Составлена по материалам дешифрирования космических снимков



Кейвскому сегменту отвечает Кейвская региональная магнитная аномалия, связанная с протодиоритами фундамента, уменьшение мощности «гранитного» слоя и земной коры. В центре овала (поднятый по разломам Мурманский блок) мощность «гранитного» слоя возрастает. Реликты гнейсовых структур в этом блоке имеют грубую центральную симметрию. Имандра-Варзугская подвижная зона как бы зажата между жесткими глыбами Терского и Мурманского овалов: при их наибольшем сближении разрез сокращается, появляются крутые (до перевернутых в сумийской части разреза) залегания. По кольцевым разломам расположены массивы щелочных гранитов: Западно-Кейвский, Белых тундр, Лаврентьевский, Среднепонойский, Пачинский, Каневский, фрагменты кольцевого разлома Мурманского блока отражены на ряде геологических карт.

Л а д о ж с к и й о в а л в пределах СССР составляет часть круга, с юго-запада обрезанного разломами Саво-Ладожской зоны (20), а с юго-востока — разломами Полкановской зоны (IX). Кольцевые разломы видны на космоснимках континентального уровня генерализации [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976]. Западная часть Ладожского овала, расположенная в Финляндии, хорошо видна на любых космоснимках. Глубинное строение и геофизические особенности этой территории плохо изучены. Кольцевым разломам Ладожского овала параллелен генеральный изгиб структуры Ветреного пояса, в Финляндии по ним смещены свекофенниды. Если Ладожский овал мысленно повернуть против часовой стрелки по кольцевым разломам до совмещения с финскими свекофеннидами, то субмеридиональные Хаутоварская, Суоярвская, Туломозерская и другие структуры станут субпараллельными северо-западным структурам лопия и карелия в Калевальском овале.

Киркенесский овал (1) практически не изучен. В центре его мощность земной коры сокращена [Богданов, Воинов и др., 1980].

Гнейсовые овалы. Размеры гнейсовых овалов в пределах Балтийского щита существенно меньше, чем на Алданском щите [Салоп, 1971] или в фундаменте Русской плиты [Салоп, 1971; Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]. Последующая переработка беломорид затушевала овалы, однако наличие нелинейных структур доребольского основания с грубо центральной симметрией доказано крупномасштабными аэромагнитными съемками; в обнажениях подтверждено несогласное налегание на них более молодых линейных структур [Богданов, 1971]. Малые размеры и близкий генезис сближают гнейсовые овалы Балтийского щита с овальными структурами гранитообразования в реоморфизованных супракрустах, и разделение их несколько условно.

Кемский овал (VIII) выделяется даже на континентальных снимках [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978] по кольцевым разломам, концентрическому плану рельефа (на фоне ступеней современной неотектоники), а в региональных магнитных полях — по дугообразно изогнутым магнитным аномалиям. Граница Конрада в его пределах нечеткая. Дугообразные изгибы осей антиклиналей и синклиналей есть и на структурно-геологических картах [Гилярова, 1972], но традиционно структура Карельского Беломорья рассматривалась как синклинорий на основании синклинального строения толщи высокоглиноземистых гнейсов, которая включалась в верхи разреза беломория. Дистанционные данные и полевые исследования показывают, что эти гнейсы залегают несогласно на нелинейных структурах нижних толщ и действительно приурочены к линейному прогибу, вытянутому вдоль Чупинских разломов (8) [Bylinsky et al., 1977], который в структуре поверхности Конрада проявляется как прогиб, наложенный на низы разреза беломория.

Кольский овал как структура гнейсового овала выделен предположительно, в его пределах сильно влияние ребольской тектоники.

Овальные структуры гранитообразования. Бо́льшая часть этих структур имеет саамский возраст. В ребольскую, а возможно, в селецкую или свекофеннскую эпоху они были обновлены. Наиболее крупные из них [Западно-Онежская (ЗО), Сямозерская (Ся), Выгозерская (Вг), Водлозерская (Вд), Кожозерская (Кж), Лексозерская (Л) и др.] могут быть и катархейскими (сателлиты гранитных овалов, позднее реоморфизованные). На уровне эрозионного среза они весьма разнообразны. В гранитном фундаменте они выражены в виде ареалов развития мигматитовых комплексов гранитного [Ингозерская (И), Костомукшская (Кт), Лексозерская (Л), Выгозерская (Вг), Южно-Выгозерская (ЮВ). Кожозерская (Кж) и др.) или диоритового (Тикшеоэерская (Т), Водлоэерская (Вд) и др.] состава. В крупных структурах (Сямозерская) наблюдается центральная симметрия гранитных и диоритовых мигматитов. Эти блоки четко проявляются в гравитационных и магнитных полях, в том числе в региональных На геологических

<sub>ка</sub>ртах обычно показаны реоморфизованные ареалы [Каскельяврская (Кс), Пулозер-<sub>ская</sub> (Пл), Малокожозерская (Мк) и другне структуры], граниты рапакиви [Западно-Лицевская (ЗЛ), Умбинская (У), Салминские (Сл), Выборгские (Вб) структуры и др.], целочные граниты [Среднепонойские (СрП), Пурначская (Пр), Стрельнинские (Ст), Каневская (Кн) структуры и др.]. Западная из Салминских структур четко выделяется <sub>как</sub> отдельный блок и в физических полях. На РЛ-аэроснимках и аэрофотоснимках ядра гранитизации щелочных гранитов имеют псевдостратифицированный облик, что может быть отражением овальных структур реоморфизованного фундамента,

В полях беломория структурам гранитообразования отвечают нелинейные структурные формы над ними типа гнейсовых микроовалов [Маунявринская (Мн), Нотозерская (Но), Занмандровская (Зи), Чапомская (Ч), Енские (Е), Шардозерская (Ш) структуры и др.] или гнейсовых чаш [структуры Сальных тундр, Кандалакшская (Кд), Колвицкая (Кл), Нявктундровская (Нв) и др.] — возможные фрагменты гнейсовых овалов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а], дешифрирующиеся на космических , и РД-аэроснимках. Заимандровская структура расчленена разломом Главного габбрового хребта (12). Ее дугообразные разломы наряду с линейными определяют структуры толщ лопия и габбро-анортозитов. Меньших размеров структуры представлены гранитогнейсовыми куполами [Копосовский купол (Kn) и др.].

В волях лопия или карелия структуры гранитообразования проявились как блоковые в фундаменте. В ряде случаев линейные структуры лопия или карелия огибают их, как, например, Каскельяврскую (Кс) и другие в южном крыле Печенгской структуры, Маунявринскую (Мн), Тикшеозерскую (Т), Костомукшскую (Кт), Лексозерскую (Л), Выгозерскую (Вг), Южно-Выгозерскую (ЮВ), Водлозерскую (Вд), Кожозерскую (Кж), Малокожозерскую (МК), Сямозерскую (Ся), Западно-Онежскую (ЗО), Пулозерскую (Пл) и другие, частично перекрывая их, что можно наблюдать в зонах кольцевых разломов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976]. В других случаях образования лопия и карелия выполняют опущенные овальные блоки и форма более молодых линейных прогибов определяется сочетанием линейных и кольцевых разломов: Северная мульда на Северо-Печенгской структуре (СП) [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а], Понойская мульда на Усть-Понойской (УП), ряд структур лопия на Ондомозерской (ОМ), к которой приурочен серповидный в плане Стрельнинский массив лейкократовых гранитов, южное крыло Имандра-Варзугской зоны на Пулозерской (Пл), структуры кислых гранулитов верхнего яруса на Порьегубской (Пг) и других кольцевых структурах, Куолаярвинская грабен-синклиналь (Ку) и Кумсинская синклиналь (Км) на блоковых структурах и карельские комплексы на Южно-Выгозерской (ЮВ), Онежская (Он) и Западно-Онежская (ЗО) мульды на блоковых структурах.

Анализ взаимного положения овальных структур гранитообразования позволяет установить, что блоки диоритового состава древнее гранитных, а блоки в супракрустальных толщах — древнее блоков фундамента вне беломорид. Так, в районе Ветреного пояса (Южная Карелия) наиболее древняя структура — Шардозерская (Ш), затем идут Кожозерская (Кж), Водлозерская (Вд), Выгозерская (Вг) структуры (еще четче это отражается в физических полях). Иногда овальные структуры выстраиваются в линейные зоны. Так, на одной линии (Мохтьозерская зона разломов) находятся Копосовский гранито-гнейсовый купол (Кп), Каскельяврский блок реоморфизованных гранитов (Кс), погруженный под давлением печенгских эффузивов Северо-Печенгский овальный блок (СП) и расположенные к северу от него овальные блоки в беломоридах (Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а]. Предполагается общность их начального генезиса, а существующими различиями они обязаны последующему их развитию. В одну линию с Урагубской зоной (2а) выстраиваются Копосовский купол (Кп), Маунявринская струк-(Мн), овальные структуры гранитов рапакиви – Западно-Лицевская (ЗЛ), тура Поррьяспахтинская, Урагубская [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а]; вдоль линейной зоны расположены массивы Стрельнинский (Ст), Пурначский (Пр), Пачинский (предполагаемый массив в слепом залегании), Каневский (Кн) и др. [Применение..., 1981].

Плутонические кольцевые структуры. На карте выделены структуры, связанные с формированием Хибинского (Хи) и Ловозерского (Ло) массивов. Для Хибинского плутона четко дешифрируется (особенно по РЛ-аэроснимкам) концентрическая зональность разных магматических фаз с последовательным смещением центров внедрения на востоксеверо-восток по оси Хибинского грабена. Вокруг Хибинского массива зоны кольцевых разломов фиксируются и во вмещающих толщах, где они сопровождаются щелочным метасоматозом, мелкими интрузиями-сателлитами (например, массив Соустова), что приводит к падению дешифрируемости территории. 12 **Заказ** 588

Кольцевые разломы Хибинского грабена. Происхождение дугообразных разломов Хибинского грабена (IV) не ясно. К этой зоне приурочены Хибинский и Ловозерский герцинские плутоны, Кургинский массив ультраосновных — щелочных пород и Контозерская кальдера (с предполагаемым под ней массивом ультраосновных – щелочных пород) каледонского возраста, ряд останцов палеозоя.

Полкановская зона разломов. На космических снимках ниэкого разрешения прослеживается зона дугообразно изогнутых разломов (IX) по границе Балтийского щита и Русской плиты. В пределах советской части территории к ней приурочены котловины Ладожского и Онежского озер, все вепские и верхнепротерозойские комплексы юга щита, все интрузии рапакиви, Бураковско-Аганозерский интрузивный комплекс. Разломы IXа в Финляндии — известные металлогенические зоны, разломы IXб проходят по оси Финского залива, IXв являются тектоническими уступами Русской плиты. На восток от Кандалакшского раздвига (27) ее возможное продолжение — разломы горла Белого моря (26). В Швеции разломы уходят под каледониды, отсекая Дальсландский блок.

#### Линейные разломы

На космических снимках разных уровней генерализации фиксируется густая сеть линейных разрывных нарушений, в том числе разломы огромной протяженности, ранее не отмечавшиеся на геологических картах. Они протягиваются через весь Балтийский щит и уходят на территорию Русской плиты [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976; Gorman et al., 1978]. Для разломов одного ранга характерны постоянные расстояния между ними, что объясняют волновым распределением тектонических напряжений [Плотников и др., 1969]. Четко проявлены структурообразующие разломы лопия и карелия, ориентированные в запад-северо-западном направлении в Кольском мегаблоке, в северо-западном — в Калевальском овале и субмеридионально — в Ладожском. Иногда геологически единые зоны разрывных нарушений на снимках представлены комбинацией фрагментов крупных линеаментов. Так, Кейвский разлом состоит из фрагментов трех крупных разломов (1а, 3, 16). В других случаях к одному линеаменту относятся разобщенные линейные структуры, например карельские прогибы Чирко-Кемский и Елмозерский в зоне Чирко-Кемско-Сегозерских разломов (22) и др. Обычно известные разрывные нарушения оказываются лишь фрагментами более крупных мегалинеаментов, реже полностью им соответствуют, например Порьиташский (10), Гимольский (23), Канозерская зона смятия (7) и др.

При пересечении с кольцевыми структурами линейные либо рассекают их, либо используют близкие по ориентировке фрагменты дуговых разломов как ослабленные зоны, с чем связано изгибание разломов и связанных с ними линейных прогибов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978a; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]. Структурообразующие разломы обычно отмечены магнитными и гравитационными положительными аномалиями. На карте региональных магнитных полей этим зонам отвечают минимумы магнитного поля — результат глубокой эндогенной переработки, возможного раздвигания магнитоактивных диоритовых блоков протогранитного фундамента, подъема поверхности изотермы Кюри в пределах проницаемых зон.

Системы секущих разломов северо-восточного простирания также фиксируются четко. Одня из них уже были известны, как, например, Урагубский разлом (2а); его югозападное продолжение (2б) наиболее четко прослеживается на РЛ-аэроснимках [Применение..., 1981]; другие разломы [Пограничный (24), Северо-Выгский (25) и др.] ранее не отмечались, на геологических картах им отвечают лишь небольшие фрагменты.

Впервые для Карело-Кольского региона показана мощная сеть ортогональных разломов. К субширотным разломам — Тольпвыдскому (3), Яурийскому (4), Центрально-Кольскому (5), Салланлатвинскому (6) и др. — приурочены узкие линейные прогибы, интрузии разного возраста, в том числе этапа платформенного магматизма, например Салланлатвинский разлом, к которому приурочены каледонские интрузии формации ультраосновных — щелочных пород: Вуориярвинская, Салланлатвинская, Ковдозерская и др. Почти через всю территорию щита прослеживаются субмерндиональные разломы: Западный (11), Главного габбрового хребта (12), Елетьозерско-Лексозерский (13), Имандра-Энгозерский (14), Сунско-Лехтинский (15), Медвежьегорский (16), Усть-Выгский (17), Илексинский (18), Онежско-Каргопольский (19) и др. Отрезки этих разломов контролируют интрузии габбро-анортозитов или формаций ультраосновных и основных пород, плутоны Гремяха-Вырмес, Елетьозеро, платформенный магматизм. Такие активные отрезки отражаются в магнитных и гравитационных полях. В глубинных разрезах субмеридиональным разломам отвечают.ступени в слоях Земли, обновленные на платформенном этапе. На продолжении субмеридиональных разломов находятся трансформные разломы северной части Атлантического рифта, так что возможно последнее обновление этой системы разломов в мезозое — кайнозое.

Хорошо видны крупные разломы, разделяющие мегаблоки: Кандалакшский (9) по границе Кольского и Карельского мегаблоков, Пяозерский (29), отделяющий Северную Карелию от Центральной и Южной, разломы Саво-Ладожской зоны (20, 21), ограничивающие Свекофеннский блок. Формирование разломов отвечает платформенному этапу развития, в них запечатлен суммарный эффект разных этавов развития региона, начиная от древнейших, когда ведущей была овальная делимость [Богданов, Воинов, Доливо-Добровольский, 1980].

При анализе дешифровочных и геофизических материалов выделен Кандалакшский раздвиг (27), по которому в конце карелия Кольский геоблок отодвинулся с вращением от Карельского, в результате чего от Калевальского овала отчленился Терский сегмент, разъединились беломорские комплексы карельского и кольского берегов Белого моря и т. п. [Богданов и др., 1976; Богданов и др., 1980; Bylinsky et al., 1977]. Кандалакшский раздвиг явился результатом развития Главного Беломорского разлома, обусловленного появлением крупного мантийного вала.

Линейные структуры лопия и карелия формировались на флангах свода как зоны растяжения. К концу карелия развитие мантийного свода закончилось раздвигом, заполнявшимся, по-видимому, океаническими базальтами, для которых характерны полосовые магнитные аномалии. Позже по оси Кандалакшского раздвига сформировался Онежско-Двинский авлакоген, заполненный красноцветами рифея. При вращении Кольского мегаблока произошло становление серин надвигов по границам жестких глыб, в частности надвигов Имандра-Варзугской и Печенгской зон, образование массивов шелочных гранитов по периферии Мурманского овала, но главные тектонические усилия реализовались вдоль южных флангов структур, сложенных породами гранулитовой фации (Сальные, Колвицкие, Кандалакшские тундры), где при давлении 8—14 кбар образовалась мощная зона тектонитов [Богданов и др., 1976]. Южные границы этой зоны прослеживаются по космоснимкам со спутников системы «Ландсэт». Более подробно эти материалы изложены в работах автора [Богданов и др., 1976; Богданов, Былинский и др., 1980; Bylinsky et al., 1977; и др.].

В советской части Балтийского щита находится юго-восточное окончание разломов Саво-Ладожской зоны (20, 21). Ее краевые разломы ограничивают иотнийский грабен Мухос в Финляндии и далее расходятся (напоминая в плане Кандалакшский раздвиг): северо-восточные (21) — касательно к Калевальскому гранитному овалу, юго-западные — к Южно-Финляндскому гнейсовому овалу. Ладожский овал разорван по этой зоне на две части. По-видимому, это также зона растяжения на оси мантийного свода (на что указывают данные региональной геофизики), но не закончившаяся раздвигом. В Швеции с ней коррелируется зона разломов, продолжение которой пространственно совпадает с трансформным разломом Нансена, так что возможно мезозойско-кайнозойское обновление Саво-Ладожской зоны. Использование Кандалакшского раздвига как тектонотипа позволило автору выдвинуть идею о сходном происхождении Днепровско-Донецкого, Пачелмского, Кировско-Кажимского и некоторых других крупных авлакогенов Русской плиты.

#### РУССКАЯ ПЛИТА

Основную роль в строении фундамента плит играют древние архейские массивы изометричной в плане формы и облекающие их ранне- и среднепротерозойские складчатые системы. Причем, по данным К. О. Кратца, А. Н. Берковского и др. [Основные..., 1979], площадное развитие среднепротерозойских отложений весьма незначительное, а бо́льшую часть нижнепротерозойских комплексов рассматриваемые авторы относят к верхнему архею. Такая точка зрения близко отражает основные черты строения советской части Балтийского щита.

Сформировавшаяся в начале протерозоя структура фундамента в значительной степени определила и строение осадочного чехла Русской плиты, а также оказала влияние на характер структурного плана в новейший этап. Благодаря этой глубокой унаследованности развития основные структурные элементы плиты проявляются в современных ландшафтах. Все это является той базой, которая позволяет использовать космические снимки при изучении особенностей строения различных структурных этажей Русской плиты. Прежде всего важной проблемой является трассирование на поверхности тех главнейших разрывных нарушений, которые устанавливаются преимущественно по геофизическим данным. Однако не все разломы фундамента, а тем более разломы чехла сопровождаются геофизическими аномалиями. В то же время проявление их в верхних горизонтах разреза в виде зон повышенной трещиноватости позволяет по ряду признаков проследить их при анализе фотоизображения земной поверхности. Для целей анализа использовались снимки, полученные со спутников систем «Метеор» и «ERTS», а для юго-восточных районов — снимки с орбитальной станции «Салют-4». Характеристика получаемых этими системами материалов приведена в ряде специальных монографий и статей [Космическая..., 1975; Кац и др., 1976; Гонин, 1980].

Методика работ с космическими снимками заключалась в выявлении по характеру фотоизображений различно ориентированных линейных и дугообразных элементов, а также аномальных зон и участков, в переносе отдешифрированных элементов на топооснову и последующем сопоставлении с упомянутыми выше геологическими и геофизическими картами для определения значимости выявленных элементов (рис. 80, см. вкл.). Это сопоставление показало, что сложное сочетание линейных, дугообразных и почти замкнутых кольцевых элементов, дешифрирующихся на космических снимках, является интегральной картиной, отражающей элементы различной «глубинности».

#### Линеаменты

Прежде всего система протяженных линеаментов отражает характер рельефа поверхности фундамента. Практически все грабены этой поверхности нашли отражение на снимках в виде отдельных протяженных линеаментов и их сближенных серий. Кроме того, во многих случаях видна связь конфигурации изогипс рельефа фундамента с ориентировкой линеаментов. Эта связь особенно четко проявляется в областях неглубокого залегания фундамента. Поскольку такие крупнейшие платформенные структуры, как Днепровско-Донецкий, Припятский, Пачелмский, Среднерусский, Кировско-Кажимский и другие авлакогены, соответствуют структуре рельефа фундамента, а также благодаря их унаследованному развитию и новейшей структуре поверхности все они четко дешифрируются на космических снимках.

Наряду с особенностями рельефа фундамента на снимках нашли отражение и некоторые элементы его внутренней структуры, в первую очередь разрывные нарушения. Об этом, в частности, свидетельствует пространственное совпадение элементов, выделяемых по геофизическим данным, и элементов, отдешифрированных по снимкам. В самом деле, магнитное поле Русской плиты обусловлено крутопадающими пласто- и столбообразными телами, верхние кромки которых совпадают с поверхностью фундамента. Источники аномалий силы тяжести, связанных с плотностными неоднородностями фундамента, также выходят на его поверхность [Основные..., 1979]. Это позволяет нам интерпретировать линеаменты, трассируемые в геофизических полях, как разломы фундамента. При этом толща осадочных пород играет роль своеобразного фильтра, обусловливающего проявление в верхних частях разреза только наиболее крупных и консервативных дизъюнктивных элементов фундамента. По-видимому, именно эти проникающие разломы определяют, проявление «клавишного», или штампового, механизма формирования платформенных структур чехла. При сравнении с опубликованными картами и схемами геологического строения фундамента [Тектоническая..., 1974; Гафаров, 1976; Древние..., 1977; Основные..., 1979], на которых, при всех различиях во взглядах авторов на возраст и детали строения отдельных комплексов, основные структурные элементы оконтуриваются более или менее однозначно, устанавливается, что большинство разломных ограничений архейских массивов и многие разломы как внутри массивов, так и в пределах окаймляющих их складчатых систем уверенно дешифрируются на снимках. Причем на использованных для анализа снимках низкого и среднего разрешения неотдешифрированными остались малопротяженные разломы, главным образом в районах с плохой дешифрируемостью, таких, как южные степные районы плиты, в которых развиты сильно измененные ландшафты, а также в районах, слабо обеспеченных материалами съемок (в частности, некоторые центральные районы). Вместе с тем при дешифрировании выявлено много линеаментов, которые существенно дополняют общий структурный рисунок. Один из критериев отнесения этих элементов к разломам уже отмечен выше. Не менее важным критерием может служить тот факт, что установленные при дешифрировании линеаменты как бы соединяют фрагменты закартированных разломов. При этом линеаменты не всегда фиксируются геофизическими данными. Однако

именно за счет такого объединения разрозненных разломов и их фрагментов и вырисовываются линейные структуры разломной природы, пересекающие всю плиту в разных направлениях. Ориентировка основных разломов в целом соответствует простиранию карельских и свекофеннских складчатых систем.

Наиболее четко на снимках выражена серия северо-западных линеаментов. Они, как правило, не только почти непрерывно прослеживаются на большие расстояния на плите, но и уходят за ее пределы, пересекая обрамляющие ее складчатые системы. Это видно на примере зоны сочленения плиты с Уральской складчатой системой [Стрельников, 1979]. Крупнейшими структурными элементами этого направления являются Днепровско-Донецкий и Пачелмский авлакогены, которые хорошо изучены геологическими и геофизическими методами. Они имеют форму клиньев, расходящихся на юго-восток. Авлакогены фиксируются в физических полях, под ними установлены резкое сокращение мощности консолидированной земной коры и подъем поверхности Мохоровичича [Беляевский, Борисов, 1974]. Для западной части Пачелмского авлакогена характерно наличие интенсивных полосовых магнитных аномалий, напоминающих аномалии Кандалакшского раздвига. Необходимо отметить, что хорошо дешифрируемая на снимках система линеаментов, трассирующих Пачелмский авлакоген, продолжается к юго-востоку, в пределы Прикаспийской впадины. Здесь же отмечается наличие узкой зоны поднятий поверхности Мохоровичича с полным выклиниванием в ее пределах «гранитного» слоя и с сокращением мощности «базальтового» слоя до 10 км [Беляевский, Борисов, 1974]. На окончаниях указанных структур выявляется система веерообразно расходящихся в северо-западном направлении разломов, с которыми пространственно связаны зоны умеренных и повышенных давлений гранулитовой фации метаморфизма [Основные..., 1979].

Указанные особенности структурного рисунка разрывных нарушений, данные о метаморфизме и геофизические характеристики глубинного строения весьма сходны с аналогичными параметрами, описанными для Кандалакшского раздвига. Это дает основание предположительно отнести рассматриваемые структуры (во всяком случае на ранних этапах их развития) к классу раздвигов. Возможно, развитие их также происходило с вращением отдельных блоков. Так, для совмещения Воронежского блока и Украинского щита, разделенных Днепровско-Донецким авлакогеном, надо повернуть один из блоков на 15°, как и для Кандалакшского раздвига. Северо-западные продолжения разломов, ограничивающих Пачелмский авлакоген, прослеживаются до побережья Финского залива (до района г. Таллина). В целом, таким образом, вырисовывается единая Таллинско-Пачелмская система линеаментов. Разломы на продолжении Днепровско-Донецкого авлакогена образуют более широкий веер. По крайней мере три наиболее крупных разлома тянутся от района слияния Припяти и Днепра соответственно до Риги, Клайпеды и Калининграда. Четвертую ветвь этого «веера» образует Припятский грабен. Протяженные линеаменты северо-западного простирания прослеживаются также от Ладожского озера до г. Горького, от Архангельска до Котласа. Последние, в частности, лежат на продолжении Кандалакшского раздвига. К этой же системе северо-западных линеаментов относятся и разломы, ограничивающие Тиманскую складчатую область и являющиеся граничными разломами Русской плиты.

Среди линеаментов северо-восточного простирания наиболее четко выражены ограничения Среднерусского авлакогена, которому в современном рельефе соответствует широкая протяженная депрессия. Кроме того, по снимкам трассируются и линеаменты, являющиеся юго-восточным продолжением разломов Среднерусского авлакогена. Они прослеживаются до районов Минска и Гомеля, где сочленяются с известными по геологогеофизическим данным разломами, определяющими ориентировку основных структур фундамента, в частности Минского архейского массива, а также ограничивающими с северо-запада Украинский щит.

Проведенная В. И. Макаровым [1978] на схеме масштаба 1:10 000 000 статистическая обработка данных по линеаментам показала, что северо-западные имеют преимущественное направление 315°, а северо-восточные дают два пика на розе-диаграмме — 25 — 45° и 75°. Сходные цифры были получены автором и при обработке схемы линеаментов северо-восточной части плиты с использованием когерентной оптической установки (обработку на установке проводила З. Г. Ефимова, ЛАЭМ НПО «Аэрогеология»): 300—315° для северо-западных и 30—50° для северо-восточных. Линеаменты с простиранием 75° часто меняют простирание на широтное (что хорошо подтверждается данными обработки на когерентно-оптической установке), образуя в целом близширотную серию. Наиболее протяженные линеаменты этого направления отдешифрированы в северной части плиты. Один из них прослеживается почти непрерывно от района Нарвы до Котласа, второй в виде отдельных фрагментов, лежащих иногда на продолжении один другого, иногда кулисообразно, а иногда и в виде серин сближенных параллельных линеаментов — от побережья Рижского залива до верховьев р. Камы. К числу широтных структурных элементов относятся Московский и Припятский грабены. На одной линии с последним находится и протяженный линеамент, прослеженный примерно от Пензы через Куйбышев до Стерлитамака. К нему, в частности, приурочена Жиѓулевская система дислокаций.

Близмеридиональные линеаменты четко просеживаются на снимках на значительные расстояния в пределах западной части плиты. Наиболее четкий из них тянется от Финского залива (от района г. Кохтла-Ярве) до среднего течения р. Днестра (район г. Хмельницкого). Второй, по характеру выраженности аналогичный описанному выше Рижско-Камскому широтному линеаменту, трассируется примерно вдоль меридиана 60° в. д. На северо-востоке плиты близмеридиональные линеаменты также многочисленны, с ними связано, в частности, формирование Кировско-Кажимского авлакогена, по которому раздвинут Вятско-Сыктывкарский гнейсовый овал. В центральной части изученной территории их выявлено меньше.

В целом Таллинско-Пачелмская система линеаментов делит всю Русскую плиту на две части, отличающиеся по степени выраженности разломов разного простирания. В северовосточной части плиты наиболее существенную роль в формировании структуры играют северо-западные и северо-восточные разломы, в юго-западной — северо-восточные и близмеридиональные. Постоянство ориентировки основных систем линеаментов, вероятно, объясняется напряжениями, связанными с проявлением ротационного режима Земли. Необходимым условием для реализации этих напряжений в виде разрывных нарушений является наличие жесткой, в современном понимании, земной коры. Такие условия возникли, очевидно, на рубеже архея и раннего протерозоя. В то же время расчеты ряда авторов [Люстих, 1962] показывают, что одних ротационных напряжений недостаточно для формирования крупных нарушений. Последние возникают только в тех местах, где векторы ротационных напряжений совпадают с векторами локальных напряжений, связанных с эндогенными процессами [Шерман, 1977]. Именно различие проявлений последних во времени и пространстве определяет различные соотношения между стеленью развития разломов разной ориентировки Русской плиты.

При анализе пространственного распределения систем крупнейших линеаментов выявляется закономерность, ранее отмеченная при дешифрировании космических снимков Казахстана и Урала [Стрельников, 1979; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1976], — наличие «шага» разломов: 400—500 км для северо-западных и 300—400 км для северо-восточных с последующим уменьшением его по мере снижения ранга линеаментов. Для ортогональной системы характерны расстояния между крупнейшими линеаментами 250—300 км. Указанные закономерности можно интерпретировать с позиций волнового распределения напряжений в земной коре [Плотников и др., 1969].

#### Кольцевые структуры

При дешифрировании космических снимков Русской плиты, помимо линейных, выявлено большое количество структур, для обозначения которых используются такие термины, как '«структуры центрального типа» [Соловьев, 1978], «концентрические структуры» [Лучицкий, Бондаренко, 1976; Шульц, 1974]. Размеры их в пределах плиты колеблются от 50—70 до 400—600 км в диаметре. При их анализе и типизации были использованы признаки, установленные для структур, развитых в обнаженной части Балтийского щита [Доливо-Добровольский, Стрельииков, 1976, 1978а].

Первый тип структур I порядка, выделяемый как «гранитные овалы», характеризуется тем, что системы линейных дислокаций и отвечающие им линейные системы магнитных пород при общем генеральном простирании обнаруживают дугообразные изгибы, согласные с отдешифрированными разломами, и как бы обтекают более жесткие ядра. Это можно рассматривать как свидетельство заложения кольцевых структур до линейных. При заложении последние используют близкие по простиранию элементы более древних кольцевых разломов. При встрече кольцевых и линейных разломов под углами, близкими к прямым, приспособления линейных структур к кольцевым не происходит. Этим структурам отвечают изометричные в плане гравитационные аномалии. В их пределах развиты древнейшие гранитоиды.

Второй тип кольцевых структур выделяется на основании более высокого совпадения плана отдешифрированных разломов и магнитных горизонтов фундамента. Для него характерно наличие целых систем дугообразных магнитных комплексов, конфокальных с отдешифрированными кольцевыми разломами, хотя и для этого типа также отмечается наличие более поздних секущих, частью приспосабливающихся линейных систем магнитных пород. Дугообразно изогнутые аномальные зоны отмечаются и в региональных магнитных полях. Все это, а также данные о составе слагающих кольцевые структуры пород позволяют рассматривать эти структуры вслед за Л. И. Салоном [1971] как гнейсовые овалы.

Указанные крупнейшие кольцевые структуры находят отражение и в гравитационном поле, что устанавливается при сравнении результатов дешифрировання с картой локальных гравитационных аномалий, составленной А. Д. Серовой, Е. Ф. Козловой и др. [Изучение..., 1971]. В их понимании понятие «локальная аномалия» отличается от общепринятого (аномалии, вызванные структурами осадочного чехла III и более высоких порядков) и отвечает особенностям строения и состава верхней части фундамента гранито-гнейсового слоя мощностью 10—12 км. В результате указанная гравиметрическая карта характеризует структуру фундамента платформы на уровне его поверхности. Крупнейшие кольцевые структуры в большинстве своем прослеживаются по системам дугообразных аномалий, конфокальных с отдешифрированными кольцевыми разломами, либо выделяются по общему рисунку аномалий.

Сопоставление со схемами геологического строения фундамента (Гафаров, 1976; Основные..., 1979] показывает, что крупнейшие кольцевые структуры пространственно совпадают с жесткими архейскими массивами. Причем некоторые кольцевые структуры как бы охватывают целиком или частично два-три массива, поэтому можно предполагать наличие до заложения раннепротерозойских складчатых линейных систем единых крупных ядер архейской консолидации. Так, в сдиную Прибалтийскую структуру объединяются Западно-Литовский и Даугавпилеский массивы, Вятско-Сыктывкарская структура объединяет Камский массив, северную часть Вятского и восточную часть Вычегодского. В то же время Беломорский массив как бы разделен Беломорским грабеном на две части, каждой из которых соответствует отдешифрированная по снимкам кольцевая структура (Вологодская и Пинежская). Система дугообразных разломов, часть из которых совпадает с показанными на геологических схемах, образует крупную (диаметром 450 км) структуру, в центральной части которой расположен Вышневолоцкий массив. Уфимская структура [Стрельников, 1979] делится на две почти равные части, соответствующие Камскому массиву и Калтасинской впадине. Эта структура четко прослеживается и в пределах миогеосинклинальной части Уральской складчатой области. Выявленные соотношения кольцевых структур и основных структур фундамента позволяют использовать данные дешифрирования для палеогеологических реконструкций и могут быть использованы при интерпретации геофизических данных при тектоническом районировании фундамента.

Кольцевые структуры более высоких порядков (150-200 км) располагаются как внутри структур l порядка (пространственно также тяготея к архейским массивам), так и за их пределами, в областях развития свекофеннских и карельских складчатых систем. Примером структур первого типа является Новгородская (Ижорская), располагающаяся к югу от Ленинграда. В центре ее находится крупный массив гранитов рапакиви, являющийся интрузией центрального типа. Интрузии этого типа завершают субплатформенный этап эндогенного развития фундамента. Белозерская, Вильнюсская и Западно-Белорусская структуры расположены в пределах архейско-протерозойских складчатых систем, отражая, вероятно, их внутреннюю структуру, сформировавшуюся на этапе древнейшего архейского нелинейного тектогенеза. Они соответствуют характерным для этих складчатых областей структурам реоморфизма. При этом Западно-Белорусская структура очень четко проявлена в рельефе фундамента и в геологическом строении дочетвертичных отложений. Припятская структура, располагаясь целиком в пределах развития свекофеннид, охватывает и Коростенский плутон гранитов рапакиви, чем сходна с Ижорской структурой. Она четко трассируется на космических снимках, в аномальном магнитном поле, на геологической карте дочетвертичной поверхности. Ее особенность заключается в том, что она объединяет два разных структурных элемента — Украинский щит (в пределах Коростенского плутона) и девонский Прилятский грабен. В целом же в юго-западной части платформы дешифрируется больщое количество разнопорядковых дугообразных элементов, преимущественно в пределах Украинского щита и Приазовского массива. Они соответствуют описанным в литературе гранитогнейсовым куполам и отдельным массивам гранитоидов, для которых характерны изометричные очертания.

Среди небольших по размерам (около 30-50 км) структур наибольший интерес представляет Ковернинская, расположенная в 70 км к северу от г. Горького. Она представляет собой ограниченную кольцевыми разломами, почти изометричную в плане кальдерообразную впадину фундамента с выступом в центральной части. Строение ее подробно описано С. Н. Тихомировым [1978]. Структура четко проявлена в современном ландшафте и уверенно распознается на снимках. Природа ее трактуется неоднозначно, Р. Р. Туманов [1973] относит Ковернинскую структуру к тектоно-магматическим. Л. В. Фирсов [1965] и В. Л. Масайтис [1973] рассматривают ее как метеоритный кратер. Оставляя окончательное решение проблемы генезиса этой структуры в стороне, отметим ее положение в региональной структуре. Ковернинская структура располагается на пересечении кольцевых разломов, ограничивающих Горьковскую структуру І порядка, рассматриваемую как гнейсовый овал, и протяженного восток-северо-восточного линейного разлома. Что касается других структур этого порядка (50—100 км), отдешифрированных в различных частях плиты, то природа их пока остается неясной. Для некоторых из них, например для Котласской (непосредственно к северу от г. Котласа), Тамбовской и ряда других, отмечается пространственное совпадение с положением крупных гранитоидных массивов в фундаменте. Возможно, эти структуры отвечают структурам гранитообразова ния и ультраметаморфизма, широко распространенным на территории Балтийского щита,

Следует остановиться также на структурах, выявленных в пределах Прикаспийской впадины. Все они преимущественно в виде сводов четко выражены в новейшей структуре и структуре платформенного чехла [Космофототектоническая..., 1978]. В их пределах в основном сконцентрированы соляные купола, закартированные при геологической съемке. Возможно, что их природа связана с процессами соляного диапиризма в широких масштабах.

Рассмотренные типы кольцевых структур, безусловно, не ограничивают перечень этого типа образований на территории Русской плиты. Если наиболее крупные по размерам структуры, без сомнения, отражают особенности строения фундамента, то большое число небольших структур вполне может быть связано с локальными структурами чехла. На карте они показаны как структуры неясного генезиса.

Как уже отмечалось ранее [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а], наблюдается унаследованное развитие ряда крупнейших структур в течение фанерозоя. Например, крупная Вологодская структура, расположенная между оз. Белым и р. Северной Двиной, четко отражается в рельефе фундамента. Во время формирования осадочного чехла влияние ее сказывалось в распределении областей поднятий и опусканий, что устанавливается при сопоставлении схемы отдешифрированных разломов и изопахит некоторых структурных этажей. В новейший этап структуре в целом соответствует область значительных движений. Припятская структура проявляется в современном структурном плане и на космических снимках, хотя в среднем и позднем палеозое отдельные ее части входили в состав разнородных структурных элементов. Тем не менее фрагменты докембрийского фундамента в центре Припятского грабена (Житковичский горст) с его спецификой состава метасоматических образований и редкометальным оруденением, типичным для прилегающих участков Укракнского щита, свидетельствуют о структурной общности этих частей единой Припятской структуры на ранних этапах развития региона.

Что касается возрастных взаимоотношений, выявленных при дешифрировании линейных систем между собой и с кольцевыми структурами, то за основу могут быть приняты соотношения, установленные для Балтийского щита, поскольку основные системы разломов имеют трансрегиональный характер, трассируясь сощита в пределы плиты. Как один из диагностических признаков характер соотношения липейных и кольцевых структур заложен в приведенной выше классификации последних. При анализе карты линеаментов и кольцевых структур прежде всего обращает на себя внимание соотношение раздвиговых зон (авлакогенов, грабенов) с крупнейшими кольцевыми структурами. Можно считать, что разломы, ограничивающие эти зоны, как правило, приспосабливаются к более древним кольцевым ограничениям кольцевых структур. Это хорошо видно на примере соотношения Вологодской и Тверской структур с северными ограничениями Среднерусского авлакогена. Дугообразные разломы на некоторых участках Днепровско-Донецкого авлакогена были закартированы при геологической съемке. Однако при дешифрировании космических снимков становится очевидным, что они являются лишь фрагментами кольцевых разломов, ограничивающих выделенную здесь Ворошиловградскую структуру, которая, помимо отражения в структуре фундамента, на что указывает анализ магнитного поля, вырисовывается в строении дочетвертичной поверхности. Интересно соотношение Припятской кольцевой структуры с прилегающими линейными структурами. С одной стороны, северо-западное окончание Днепровско-Донецкого авлакогена как бы огибает Припятскую структуру, в то время как Припятский грабен ее разрывает. Аналогичные соотношения имеет Вятско-Сыктывкарская структура со Среднерусским авлакогеном (соотношение приспособления) и Кировско-Кажимским грабеном (секущее положение последнего по отношению к структуре). К северо-восточным ограничениям последней приурочен и изгиб Тиманских структур в зоне сочленения с Уральской складчатой системой.

Еще более показательно сочленение Уфимской кольцевой структуры с геосинклинальными структурами Среднего и Южного Урала. Контур Уфимской структуры очень четко виден на снимках низкого разрешения, полученных со спутников системы «Метеор», в виде сплошной темной дугообразной линии. Этот дугообразный разлом пересекает структурные зоны западного склона Урала (многеосинклинальная область), на отдельных участках в районе Свердловска совпадая с дугообразными отрезками Главного Уральского глубинного разлома. К северо-восточной части этой структуры в фундаменте Русской плиты приурочен архейский Башкирский массив. Юго-западной половине отвечает Калтасинский прогиб, отделяющийся от Башкирского массива северо-западным разломом, также хорошо опознающимся на снимках. В пределах Урала к дугообразному ограничению этой структуры приурочена полоса наиболее древних для Урала среднепротерозойских геосинклинальных отложений, что свидетельствует о древности заложения разлома. Уже при предварительном анализе [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976] отмечалось, что контур Уфимской структуры трассируется также дугообразным расположением магнитных аномалий и что в пределах структуры отмечается повышенное гравитационное поле. Движения этого блока фундамента оказывали влияние на структурного плана Уральской складчатой системы формирование на протяжении всего фанерозоя. Более того, эти движения продолжаются и в настоящее время, на что указывает повышенная сейсмичность Среднего Урала. Зоны эпицентров наиболее сильных (5—6 баллов) землетрясений пространственно приурочены к контуру рассматриваемой структуры.

Указанные соотношения наиболее крупных линейных и кольцевых структур, а также примеры унаследованного развития последних свидетельствуют о большом влиянии древнего структурного плана, сформировавшегося в раннем протерозое, на развитие плиты в платформенный этап, а также на формирование структуры закладывающихся на ее краях складчатых систем.

Соотношение линейных структур (линеаментов) с кольцевыми структурами более высокого порядка, как видно на карте, неоднозначно. Наблюдаются случая пересечения линеаментами кольцевых структур без видимых смещений, но часты разрывы, обрезания, смещения отдельных частей кольцевых разломов. Последний вариант однозначно говорит о более молодом возрасте линейной структуры. Реже устанавливается пересечение линеаментами кольцевых структур без видимого нарушения их целостности; в этом случае, очевидно, можно было предполагать одновременное заложение обеих структур, либо считать какой-то из двух структурных элементов (в каждом конкретном случае исходя из геологической ситуации и степени выраженности на снимках) образованием, генерированным в чехле и представленным на поверхности зонами повышенной трещиноватости.

Таким образом, результаты дешифрирования космических снимков при значительном совпадении с известными данными о геологическом строении и структуре кристаллического фундамента и чехла Русской плиты выявляют и ряд новых структурных элементов, пока еще не имеющих достаточного геологического обоснования, я выдвигают новые проблемы, на решение которых и должно быть обращено внимание исследователей.

#### ЗАПАД ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Несмотря на значительные объемы геолого-геофизических исследований, обширные регионы западной части Восточно-Евпропейской платформы изучены все еще недостаточно.

Учитывая это, большой интерес представляет применение дистанционных методов геологических исследований, в частности дешифрование космических снимков. Были отдешифрированы многочисленные сканерные космические снимки со спутников системы «Метеор», относящиеся к различным временам года, материалы многозональной космической съемки с орбитальной станции «Салют-6», а также сканерные космические снимки со спутников «Ландсэт» (рис. 81). В процессе работы большое внимание было уделено исследованию структурно-геологической информативности различных типов снимков,



Рис. 81. Карта линеаментов н кольцевых структур запада Восточно-Европейской платформы

1, 2 — основные линеаменты;
1 — нижнекорового, верхнемантайного и 2 — верхнекорового заложения;
3 — дуговые линеаменты и кольцевые структуры;
4 — линеаменты ментные зоны глубанного заложения

особенностям отображения в ландшафте и на снимках различных геологических тел и структур. Проведение этой части исследований на примере хорошо изученных участков позволило сформулкровать дешифровочные признаки различных по размерам, морфологии и генезису структур, выявить снимки, оптимальные по масштабам и фототехническим характеристикам, для изучения каждой структуры. Это, в свою очередь, позволило обоснованно провести интерпретацию материалов дешифрирования и выделение по снимкам конкретных разломных и пликативных структур.

I

Анализ выделенных линейных элементов изображения земной поверхности показывает, что в той или иной степени по различным признакам дешифрируются практически все крупные структуры и системы разломов, известные в настоящее время в пределах западной части Восточно-Европейской платформы. Прежде всего хорошо прослеживается система разломов юго-восточного простирания, протягивающаяся от Балтийского до Черного моря. Совпадая с линией Тейсейра — Ториквиста, эта система протягивается через территорию Польши к Свентокшиским горам, являясь, по мнению большинства исследователей, юго-западным ограничением древней Восточно-Европейской платформы. Далее она прослеживается на юго-восток, проходит несколько юго-западнее городов Львов и Черновцы и доходит почти до Черного моря в районе Измаила.

Другая крупная система разломов, имеющая северо-восточное простирание, протягивается от Судетских гор в районе городов Герлиц и Легницы, пересекает Великопольскую низменность, а в районе городов Гданьск и Эльблонг выходит к побережью Балтийского моря. Далее она протягивается через Самбийский и Курземский полуострова, вновь выходит к Балтийскому морю в южной части Рижского залива и затем достигает центральной и северной частей Чудского озера. К северо-востоку от Чудского озера прослеживаются лишь отдельные разломы этого направления. Таким образом, названная система разломов протягивается более чем на 100 км в виде четырех-пяти линий на югозападе и двух-трех — на северо-востоке при общей ширине этой зоны 50—75 км. Наяболее хорошо изучены центральная и северо-восточная ее части, находящиеся в пределах СССР. Здесь эта система известна под названием Лиепайско-Псковской зоны разломов. С небольшими различиями она фиксируется на тектонических схемах практически всеми исследователями, занимающимися изучением тектоники этого региона.

Важное значение в развитии Восточно-Европейской платформы имеет система разломов, протягивающаяся с запад-северо-запада на восток-юго-восток. Она включает крупные зоны разломов, которые контролируют Сарматско-Туранский линеамент. По данным дешифрирования космических снимков. эта система разломов рассекает Среднеевропейскую плиту, протягиваясь от датского и нидерландского побережий Северного моря параллельно горам Визенгевирге, Гарц и Судеты. В районе городов Берлин и Познань система раздваивается: южная ветвь протягивается вдоль Судет к Свентокшиским горам, а северная — вдоль меридионального течения р. Вислы к верховьям р. Припяти и включает Южно-Припятскую зону разломов и субпараллельные ей разломы, пересекающие Украинский щит. Последние довольно хорошо согласуются с рельефом и внутренним строением щита, разделяя различные его блоки. Далее на юго-восток данная зона разломов контролирует южное ограничение Днепровско-Донецкой впадины. На всем ее протяжении выделяется довольно много оперяющих разломов, к которым приурочены многие тектонические границы, в частности южная граница Припятского прогиба. Их простирание может существенно отличаться от простирания всей зоны.

Почти параллельно этой зоне разломов в том же направлении прослеживается от побережья Балтийского моря еще одна зона разломов, которая пересекает затем Белорусскую антеклизу. Отдельные разломы этой зоны окаймляют с севера Брестско-Подлясскую впадину и Припятский прогиб. Далее зона протягивается на юго-восток, контролируя с севера западное ограничение Днелровско-Донецкой впадины. Как и предыдущая зона разломов, она включает значительное число оперяющих разломов, которые контролируют тектонические элементы.

Особенно хорошо на космических снимках видны места пересечения разломов рассмотренной системы с другими, например с принадлежащими к Лиепайско-Рижско-Псковской зоне. В этом случае в ландшафте им соответствуют существенные понижения и заболоченные участки, а также причудливые изгибы русел рек, что прекрасно фиксируется на космических снимках как по мозаике фотоизображения, так и по его тону. Вообще же разломы рассмотренной системы очень хорошо выражены в тех случаях, когда они разделяют или контролируют различные крупные тектонические элементы, например Днепровско-Донецкую впадину, Прилятский поогиб. Украинский шит. В тех случаях, когда разломы проходят внутри каких-нибудь структур или пересекают их, например Белорусскую антеклизу или Украинский щит, они выражены гораздо слабее: на космических снимках это обычно небольшое изменение мозаики фотоизображения, в ландшафте — небольшие уступы рельефа или русла небольших водотоков.

Следующей крупной системой разломов, пересекающих западную часть Восточно-Европейской платформы, является Готландско-Неманская. Разломы этой системы прослеживаются в акваториальной части Балтийской синеклизы [Богданов, 1971], а начиная от устья Немана фиксируются на суше. Протягиваясь на расстояние более 1000 км при ширине 30—50 км, разломы этой системы определяют внутреннюю структуру фундамента, что подтверждается также анализом гравитационных и магнитных аномалий.

Пересекая практически всю Балтийскую синеклизу, разломы Готландско-Неманской системы достигают и Белорусской антеклизы, однако активность их при этом существенно уменьшается, хотя они могут быть прослежены практически до северного ограничения Припятского прогиба. Далее они сливаются с северной ветвью предыдущей системы разломов. Омоложение разломов этой системы в новейшее время с тенденцией всей зоны к опусканию привело к тому, что они уверенно выделяются на космических снимках и в ландшафтс.

Северо-восточнее Готландско-Неманской системы разломов субпараллельно ей прослеживается Даугавская зона разломов. На суше она начинается от побережья Балтийского моря в районе г. Риги, идет вдоль нижнего течения р. Даугавы и ряда субпараллельных ей рек. В районе г. Полоцка и пос. Бешенковичи эта зона разломов протягивается далее на юго-восток, пересекает р. Днепр в районе г. Могилева и далее продолжается в сторону городов Горки, Сураж и Унеча. На северо-востоке отдельные дазломы этой зоны прослеживаются на Курземском полуострове между городами Юрмала и Вентспилс. Эта зона проявляется в виде трех—пяти субпараллельных разломов общей шириной 30—70 км на протяжении 700 км в пределах изученной территории.

Крупная система разломов пересекает Восточно-Европейскую платформу почти в меридиональном направлении с севера на юг — от Балтийского до Черного моря. Начинаясь от побережья Финского залива, она почти в меридиональном направлении проходит через Эстонию, доходит до Даугавской зоны разломов, после чего слегка отклоняется к юго-юго-западу, протягиваясь через Белорусскую антеклизу. В верхнем течении р. Припяти эта система пересекает Полесскую седловину и затем прослеживается к югу вдоль западного ограничения Украинского щита до побережья Черного моря в районе г. Измаила. Таким образом, ее длина составляет примерно 1500 км при ширине около 75 км; система включает обычно две-три линии разломов.

Отдельные зоны разломов, входящие в эту систему, довольно хорошо изучены на территории Белоруссии и Латвии. В Латвии к этой системе принадлежит несколько зон разломов: Прибалтийская, Смилтевская, Малиенская, Вилякская [Берзинь и др., 1974]. Наиболее крупной является Прибалтийская зона (ширина около 50 км, прослежена на глубину до 20 км), пересекающая Латвию и Литву почти в меридиональном направле-

нии вблизи побережья Балтийского моря. Остальные три зоны этой системы, хотя и имеют глубинное заложение, прослежены на гораздо меньшие глубины (до 4—6 км).

На территории Белоруссии к этой системе относится также Выжевско-Минский разлом [Айзберг, Гарецкий, 1974], причем здесь отмечается ряд разломов, оперяющих по отношению ко всей системе. Они имеют глубинное заложение и отличаются резким изменением глубины залегания поверхности Мохоровичича, полосой повышенных градиентов скоростей современных движений, отчетливым линейным разграничением областей разновозрастной переработки, различным характером аномалий магнитного и гравитационного полей. К юго-западу от Белоруссии Выжевско-Минский разлом уходит в область глубокого погружения фундамента в пределах Львовского палеозойского прогиба, что полностью подтверждается материалами дешифрирования космических снимков.

Очевндно, древнее заложение имеют и другие две системы разломов, пересекающие Восточно-Европейскую платформу в меридиональном направлении от побережья Балтийского моря до границы СССР с Польшей и затем прослеживающиеся, хотя и менее отчетливо, почти до г. Варшавы. Отдельные разломы этих систем отмечались на территории Литвы [Каплан, Сувейздис, 1970], а на территории Латвии к ним относятся Талсинская, Кандавская и другие зоны разломов [Берзинь и др., 1974].

Наконец, нужно упомянуть еще об одной системе глубинных разломов, выделяемых на западе Восточно-Европейской платформы при дешифрировании космических снимков. Это многочисленные разломы северо-восточного простирания, протягивающиеся от р. Вислы на юго-западе до р. Западной Двины на северо-востоке и уходящие далее на северо-восток, за пределы изученной площади. Отдельные разломы этой системы отмечались на территории Белоруссии [Айзберг, Гарецкий, 1974; Тектоника..., 1976]. Они чаще всего отделяют древние массивы фундамента (Новгородский, Полоцкий и др.) от складчатых систем (Валдайская, Полоцко-Талсинская и др.). На космических снимках они обычно прослеживаются на расстоянии в несколько сот километров при ширине 10—15 км, и только одна из них более протяженна. Начинаясь от рек Нарев и Бебжа на западе, она проходит затем по рекам Мяркис и Вилия, пересекает р. Западную Двину в районе г. Верхнедвинска и уходит далее к г. Великие Луки.

Кроме описанных крупных систем, в пределах запада Восточно-Европейской платформы отмечаются ряд зон разломов и отдельные разломы, имеющие меньшую протяженность, но часто играющие определяющую роль в развитии крупных геологических структур. К таким зонам, например, относится Куршско-Прегольская. Она имеет почти широтное направление и играет существенную роль в формировании локальных структур. Эта зона протягивается и в Балтийское море [Берзинь и др., 1977], появляясь затем на суше в пределах поднятия Лэба и доходя до Датско-Польской борозды.

По космическим снимкам возможно изучение и крупных пликативных структурных форм запада Восточно-Европейской платформы. Такие структуры (антеклизы, синеклизы, валообразные поднятия и др.) выявляются на снимках по изменению фототона и элементов мозаики изображения. Сам факт их выраженности в ландшафте и на снимках, очевидно, определяется несколькими причинами. Главнейшие из них связаны с унаследованным характером неотектонических движений, с генетической и морфологической приуроченностью крупных структур к главнейшим системам и зонам разломов, по которым происходили дифференцированные подвижки фундамента платформы. Кроме того, крупные структуры, являясь геологическими телами, обладают комплексом специфических геофизических, геохимических и других характеристик, влияющих на ландшафт и его отражение на космических снимках. Примевение космических снимков позволило получить определенные дополнения и уточнения о строеныи Белорусской антеклизы, Балтийской синеклизы, Оршанской впадины, Латвийской и Полесской седловин.

Анализ космических снимков дает возможность выделить как мелкие, связанные с соляными куполами, мульдами и астроблемами, так и крупные кольцевые и концентрические структуры, которые сосредоточены в четырех районах. Западная группа, состоящая из пяти таких структур, протягивается меридиональной полосой в районе Курземского полуострова и южнее него. Наиболее значительные по размерам и хорошо выраженные из них — Курземская и Нижненеманская концентрические структуры. Они фиксируются по двум — четырем контурам (по двум замкнутым и еще одному-двум незамкнутым). Три другие структуры имсют меньшие размеры и лишь один хорошо видимыи контур

Хорощо выраженная на космических снимках и в ландшафте Браславская концентрическая структура расположена на левобережье р. Западной Двины в районе Браславских озер. Она четко выделяется двумя центральными замкнутыми овалами и еще двумя-тремя незамкнутыми. Центральные овалы вытянуты, имеют эллипсовидную форму; диаметр внутреннего кольца 25—35 км, внешнего — 40—50 км. Кроме того, прослеживаются отдельные фрагменты овалов, имеющие диаметр 90—100 км.

Следующая группа концентрических структур, расположенная в западной части Белоруссии в верховьях рек Мухавец и Ясельды, состоит из трех структур, которые выделяются двумя-тремя контурами, и из фрагмента четвертой стурктуры. Эта цепочка концентрических форм протягивается в северо-западном направлении от г. Дрогичина до г. Пружаны. Структуры имеют в полеречнике 30 км по внутреннему овалу и около 50 км по наружному. Северо-западная структура этой группы — Пружанская — выделяется по двум овалам. Вторая структура — Березовская, расположенная юго-восточнее, выделяется тремя контурами, третья — Дрогичинская — двумя. Кроме того, намечается Ивановская кольцевая структура, у которой четко выделяется лишь ее северная часть, отражающаяся на снимках двумя полукольцами. Помимо основных двух-трех колец, в ландшафте приуроченных к руслам рек Нарев, Мухавец, Лесная и Ясельда, на снимках выделяются фрагменты еще нескольких колец, которые, очевидно, соответствуют отдельным уступам рельефа и поэтому проявляются на космических снимках не столь четко.

Две концентрические структуры — Микашевичская и Житковичская — выделены в южной части Белоруссии. На космических снимках они довольно четко намечаются тремя кольцами. Микашевичская структура имеет размеры по внутреннему контуру до 20 км в диаметре, по внешнему — около 40. Житковичская структура по внешнему кольцу имеет размер около 60 км, по внутреннему — около 20. Эти выступы довольно четко сопоставляются с Микашевичско-Житковичским выступом, а в ландшафте их фрагменты приурочены к руслам рек Припять. Лань, Случь, а также к закономерно ориентированным уступам и грядам рельефа.

Наконец, последняя группа кольцевых и концентрических структур протягивается цепочкой субширотного направления от р. Буг на западе до р. Днепр на востоке и расположена в северной части Украины, лишь частично заходя в пределы Белоруссии. Западная из этой группы структур — Свитязская — выделяется по фрагментам трехчетырех колец. Наиболее четко выраженный фрагмент кольца — закономерно орнентированный изгиб р. Буг. В центральной части структуры расположено оз. Свитязское. Кроме того, структура очерчивается рядом более мелких правых притоков Буга. Размеры структуры 30—35 км по внутреннему овалу и около 70 км по внешнему. Очень четко выражены и остальные структуры этой группы, расположенные восточнее. Прежде всего, к ним относится крупнейшая концентрическая структура Северо-Украинская, имеющая огромные размеры и очень четко выделяемая на космических снимках семью—пятью овалами. Днаметр внешних овалов превышает 225 км. Между Северо-Украинской и Свитязской структурами расположено еще четыре-пять структур, которые имеют меньшие размеры и менее четко выражены одним-двумя овалами. Размеры их от 25— 30 до 40—50 км.

Перечисленные структуры, очевидно, не охватывают всех кольцевых структур региона, поскольку их выделение затрудняют мощные четвертичные и более древние платформенные образования. Приуроченность выделенных структур к различным тектоническим элементам запада Восточно-Европейской платформы позволяет сделать вывод о том, что в целом они расположены на наиболее высоко приподнятых участках фундамента платформ. Так, южная группа структур приурочена к Украинскому щиту и к наименее глубокой части Волынской моноклинали, Микашевичская и Житковичская структуры — к Микашевичско-Житковичскому выступу фундамента, северная группа структур — к Полесской седловине и частично к Белорусской антеклизе. Группа структур на севере Украины, а также Микашевичская и Житковичская, Пружанская, Березовская и Дрогичинская структуры окаймляют Брестскую впадину и приурочены к Двинской ступени и Ивацевичскому погребенному выступу.

#### ЮГ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СКИФСКАЯ ПЛИТА

Исследуемая территория представляет собой область сочленения крупнейших структур земной коры, характеризующихся различной историей развития, — древней Восточно-Европейской платформы со Средиземноморским и Урало-Монгольским складчатыми поясами — и включает структуры с дорифейским возрастом фундамента в пределах Восточно-Европейской платформы и с рифейским — в пределах Скифской плиты [Кикина и др., 1980]. Мощность осадочного чехла колеблется от 20—25 км (Прикаспийская впадина) до его полного исчезновения (Украинский щит) Это, а также равнинный рельеф большей части территории определили необходимость применения специальной методики дешифрирования космических изображений [Порошин, 1978, Кикина, Порошин, 1980а, б]

При анализе использовались разномасштабные материалы космических съемок, включая телевизионные изображения, полученные со спутников системы «Метеор», черно-белые снимки с орбитальных станций «Салют-4» (основной материал) и «Салют-6», а также для отдельных районов многозональные снимки, полученные камерой МКФ-6 с орбитальной станции «Салют-6» Привлекались и наблюдения космонавтов В В Коваленка и А С Иванченкова, проводившиеся по программе дистанционного зондирования Земли

#### Линеаменты

Не повторяя опубликованных нами ранее данных о линеаментах рассматриваемой территории [Кикина, Порошин, 1980а, б], остановимся лишь на некоторых общих характеристиках и выводах

Линеаменты хорошо коррелируют с известными разломами и в значительной мере дополняют их рисунок [Кикина, Порошин, 1980а] Многие из них, имея большую протяженность, как бы продолжают их Характерно, что криволинейные разломы дешифрируются на космических снимках в виде линеаментов, смещенных друг относительно друга линеаментами других простираний Причем это относится и к региональным разломам, таким, как Манычский и Астраханский, которые ограничивают соответственно с юга и с севера вал Карпинского Дешифровочные признаки разломов или их отчетливость на космических изображениях данной области не зависят от геологической значимости, глубинности и времени заложения разломов Выраженность подавляющего большинства разломов в рельефе или цвете земной поверхности свидетельствует об активности на современном этапе всей их сети При анализе космических изображений не выявлены линеаменты с простираниями, не характерными для разломов Все это позволяет предполагать, что большинство линеаментов, выделенных при дешифрировании, имеет тектоническое происхождение При сопоставлении большая часть разломов мантийного и нижнекорового заложения совпала с линеаментами что свидетельствует о связи поверхностных и глубинных структур

Линеаменты распространены на изученной территории неодинаково как по плотности, так и по ориентировке (рис 82, 83) Повсеместно встречаются только меридиональные и широтные Из линеаментов других направлений северо-западные (300 и 315°) широко проявлены на Восточно-Европейской платформе и в прилегающих к ней с юга альпийских горных сооружениях Самое большое разнообразие в распределения обнаруживают линеаменты северо-восточных простираний По типу роз-диаграмм (см рис 83) устанавливается принципиальное сходство структур юга Восточно-Европейской платформы между собой и со структурами Горного Крыма н Большого Кавказа и своеобразие структур Скифской плиты Это дает возможность использовать характер распределения линеаментов для тектонического анализа [Кикина, Порошин, 19806] При сопоставлении отдельных блоков видно, что Прикаспийская впадина имеет много общих черт с Украинским щитом, Равнинный Крым — с Днепровско-Донецкой впадиной, Большой Кавказ — с Украинским щитом Но при этом территории с мощным осадочным чехлом в отличие от покрытых маломощным характеризуются меньшим общим количеством линеаментов при возрастании доли протяженных

Из анализа взаимоотношений конкретных разломов и линеаментов вытекает, что блоки Скифской плиты сдвинуты вдоль края Восточно-Европейской платформы к северозападу на 70—80 км [Кикина, Порошин, 1980а] О сдвиге свидетельствуют искривления разломов Скифской плиты вблизи границы с Восточно-Европейской платформой, некоторая перекошенность к северо-западу ортогональной решетки разломов и линеаментов Скифской плиты, смещения отдельных, особенно меридиональных, разломов и линеаментов, а также срыв и смещение кольцевых структур Возможен и поворот блоков Скифской плиты против часовой стрелки на 15—30° относительно Восточно-Европейской платформы, а Горного Крыма (вероятно, и Большого Кавказа) — на 15—30° по часовой стрелке относительно Скифской плиты, что устанавливается по угловому несовпадению максимумов на розах-диаграммах разломов и линеаментов внутри блоков Скифской плиты, а также максимумов линеаментов в соседних блоках указанных областей



Рис 82 Схема линеаментных зон 1 и 11 порядков

1 — осн линеаментных зон І порядка, 2 — линеаментные зоны ІІ порядка (КН — Криворожско Никопольская, ПА — Первомайско Армавирская, ЗК — Западно Каспийская, АК — Актюбинская, ЧЛ — Челкарская) 3 — полосы акомальной интенсивности фототона а — светлыс, б — темные



Рис 83 Схема тектонического районирования и простираний линеаментов Азово Каслийской области

I — границы а — платформенных и складчатых областей разного возраста, б — внутренние, II, III — днаграммы простиравий линеаментов (II) и разломов (III) 1 — сводная для всей территории, 2 — сводная для юга Восточно Европейской платформы, 3 — для Украинского щита, 4 — для Воронежской антеклизы, 5 — для Прихаспийской впадияы (а — по протяженности, 6 — по количеству в — отдельно для юго западной части) 6 — для Диепровско Донецкой впаднны, 7 — для Донецкого складчатого соору жения, 8 — для вала Карпинского, 9 — для Ростовского выступа, 10—14 — для Скифской плиты 10 — сводная 11 — для Азово Кубанской впадины, 12 — для Ставропольского поднятия, 13 — для Терско Кумской впаднны, 14 — для Равниеного Крыма, 15 — для Горного Крыма, 16 — для Большого Кавказа

При анализе плотности линеаментов выделяются зоны их сгущения линеаментные зоны 1 порядка (см рис 82), соответствующие зонам глубинных разломов Ширина этих зон обычно не превышает первых десятков километров Наиболее четкими являются меридиональные зоны

Сближенно расположенные зоны I порядка образуют линеаментные зоны II порядка, которые идентифицируются с древними геосинклинальными поясами (Криворожско-Никопольская, предположительно Первомайско-Армавирская и Западно-Каспийская) либо с краевыми швами платформенных и геосинклинальных областей (Актюбинская) Ширина линеаментных зон II порядка 100—150 км Они отвечают системам зон глубинных разломов и имеют значительную протяженность, выходя далеко за рамки рассматриваемой территории Так, вероятно, продолжение Криворожско-Никопольской зоны на севере структурно выражено в Оршанском (несколько смещенно расположенном к западу), а Западно-Каспийской зоны — в Казанско-Сергиевском авлакогенах Восточно-Европейской платформы.

Блоки, образованные меридиональными и широтными линеаментами, имеют прямоугольную форму с длинной широтной стороной. Размер элементарных блоков составляет примерно 50×75 км. Обращает на себя внимание равномерный шаг меридиональной системы линеаментов. Он близок к величине предполагаемого сдвига структур Скифской плиты вдоль края Восточно-Европейской платформы, в связи с чем сдвиг «замаскирован» и устанавливается с трудом.

Как показало сопоставление с геологическими данными, меридиональные и широтные линеаменты и их зоны соответствуют докембрийским структурам. Это может свидетельствовать о древнем (по крайней мере допалеозойском) возрасте первоначально единого фундамента всей исследуемой территории (включая, по всей вероятности, и облекающие горные области).

Прямоугольная форма небольших и более крупных блоков, ограниченных ортогональными линеаментами и их зонами, явная подчиненность линсаментов других простираний, сплюснутость кольцевых структур, выделенных по космическим изображениям, в меридиональном направлении — все это наряду с древним возрастом заложения и неоднократной активизацией отвечающих им геологических структур позволяет предположить в целом единообразность направления сжатия земной коры с докембрия по настоящее время и ориентировки выделенных блоков [Кикина, Порошин, 1980б]. Последнее подтверждается известными данными по кинематике разломов [Тяпкин, 1972; и др.] и историей их развития.

Особый интерес представляют полосы аномальной интенсивности фототона, ширина которых достигает 25 км. Эти образования, по-видимому, являются грабеноподобными структурами и имеют мантийное происхождение, о чем свидетельствует приуроченность к ням зон глубинных разломов, зон повышенного теплового потока, аномалий в рельефе поверхности Мохоровичича, интенсивных положительных магнитных акомалий, а также, что примечательно, месторождений черных металлов Украины и КМА. Для полос характерны увеличение степени дислоцированности, повышенная нефтегазоносность, меридиональное и широтное или близкие к ним простирания, соответствующие древнему структурному плану, а также приуроченность подавляющего большинства их (всех достаточно крупных и многих мелких) к линеаментным зонам I и II порядков. Все сказанное может свидетельствовать о большой глубинности полос. Их аномальный фототон, повидимому, связан с интенсивной гидротермальной проработкой, а светлых полос — с гематитизацией.

Основными выводами, полученными из геолого-геофизического анализа данных дешифрирования линейных структур и подтверждающими результаты ранее проведенных исследований в других районах [Порошин, 1981], являются: высокая мобильность земной коры и вместе с тем значительная автономность ее блоков; вероятность сложных горизонтальных перемещений мелхих блоков земной коры, по-видимому, происходящих закономерно (на расстояние, кратное шагу меридиональных и широтных систем сетки разломов, при «барьерной» роли структур этих направлений); независимость структурной значимости отдельно рассматриваемых линеаментов от их протяженности и степени выраженности '; тесная связь древних глубинных структур и линейных, отдешифрированных по космическим снимкам; образование основной сети линеаментов в значительной мере благодаря горизонтально приложенным силам, имеющим, по мнению авторов, ротационный характер.

#### Кольцевые структуры

К кольцевым отнесены структуры, имеющие центр симметрии. Геологическая природа и их генезис не ясны. Главным критерием геологической реальности существования структур является закономерное расположение геологических объектов относительно элементов их строения.

На изученной территории они имеют чрезвычайно широкое распространение; выделяются структуры I, II и III (планетарные) порядков, диаметрами соответственно до 100, 100—400, 1000—3000 км (рис. 84).

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Отмечено, что мелкие линеаменты могут смещать в ряде случаев крупные, вплоть до линеаментных зон.



Рис. 84. Схема кольцевых структур Азово-Каспийской области

1—8 — кольцевые структуры: 1 — купольные, 2 — типа впадин, 3 — концентрические, 4 - радиально-концентрические, 5 - радиально-лучевые, 6 — спиральные, 7 — типа шестигранников (КР — Коростенская, Ум — Уманская, Км — Каменская), 8 — большого диаметра; 9 — радиальные элементы строения кекоторых структур; 10—15 — аномалии геологического строения: 10 — оси региональных положительных магнитных акомалий, 11 — участки поднятий в «гранитном» слое, 12 — участки поднятий в «базальтовом»

слое, 13 — граница области отсутствия «гранитного» слоя, 14 — граница солянокупольной области, 15 — зоям сгущения изолиний плотности пород чехля; 16 — пояс повышенной полиметаллической и сурьмяно-ртутной минерализации.

Кольцевые структуры II порядка (цифры на схеме): 1 — Молдавская, II — Донецкая, III — Цимлянская, IV — Калмыцкая, V — Западно-Прикаспийская, VI — Восточно-Прикаспийская, VII — Ставропольская, VIII — Восточно-Калмыцкая.

На врезке — схема расположения планетарных кольцевых структур (ВЕ — Восточно-Европейская, МА — Малиазнатская) По особенностям строения (количеству концентров, наличию или отсутствию радиальных элементов, отчетливости границ и элементов внутреннего строения и т. д.) среди структур I порядка выделяются радиально-концентрические, концентрические, радиально-лучевые и условно, по аналогии с горными территориями [Порошин, 1978], купольные и типа впадин. Кроме этих, выделены структуры спирального и шестигранного строения [Кац, Рябухин, 1978].

Купольные структуры подчеркиваются изометричными светлыми аномалиями фототона. Границы их достаточно отчетливы. Диаметр обычно 30—40 км. Радиальные элементы не характерны, а если встречаются, то в основном соответствуют разломам верхнекорового заложения. Купольные структуры, как правило, пространственно приурочены к гранитоидам. Причем контуры гранитоидов на территориях с мощным чехлом несколько сдвинуты относительно контура структур. Это, вероятно, обусловлено тем, что на космических изображениях отражается иной геологический срез, чем полученный геолого-геофизическими методами. Тела ультраосновных и основных пород, положительные магнитные аномалии, точки минерализации, нефтегазоносные объекты располагаются, как правило, на границах или по периферии структур, в узлах пересечения границ структур радиальными элементами, элементами строения других структур, линеаментами, отвечающими глубинным разломам. Интересно отметить, что в области отсутствия «гранитного» слоя в Прикаспийской впадине купольные структуры приурочены к приподнятым участкам в «базальтовом» слое.

Наиболее интересными среди кольцевых структур 1 порядка являются широко распространенные радиально-концентрические, количество концептров в которых достигает шести, а раднальных элементов — семи. Простирания последних различны, среди них обычны меридиональные. Заложение их, как правило, глубинное, мантийное. Расстояние между концентрами чаще равное. Для структур характерно смещение реального центра (точки пересечения радиусов) относительно геометрического. Геологические объекты в пределах структур располагаются закономерно по отношению к элементам их строения. С радиально-концентрическими структурами часто пространственно связаны проявления ультраосновного, основного и шелочного магматизма. Причем многие из них зональны: в центре располагаются ультраосновные тела, которые к периферии сменяются основными и кислыми. К центрам и внутренним частям структур приурочены также аномалии повышенного теплового потока, а к периферии — интенсивные магнитные и гравитационные аномалии, соляные кулола, рудяые точки (железо, полиметаллы и др.), нефтегазоносные объекты.

При дешифрировании космических изображений выделено незначительное количество структур концентрических, радиально-лучевых и типа впадин, которые, по-видимому, представляют собой частные случаи радиально-концентрических структур и имеют с ними сходные геологические характеристики. Следует отметить, что наличие радиальных элементов, обычно меридиональных, у структур типа впадин, расположение их в узлах пересечения линеаментов, а также намечающаяся связь с мантийными образованиями не позволяют рассматривать эти структуры как метеоритные.

Значительный интерес представляют спиральные структуры. Диаметр их достигает 180 км, количество оборотов в спиралях от двух до четырех. Внешние обороты обычно расположены сближенно. Радиальные элементы, часто меридиональные и широтные, нередко имеют мантийное заложение. Спирали, закручивающиеся против часовой стрелки, типичны для Прикаспийской впадины, по часовой стрелке — для Украинского щита. Спиральность строения структур, по-видимому, обусловлена турбулентным характером перемещения в их пределах эндогенного вещества. К центрам спиральных структур приурочены масснвы ультраосновных и основных пород, интенсивные положительные магнитные и гравитационные аномалии, повышенный тепловой поток, а к «хвостам» структур – проявления кислого магматизма, положительные магнитные аномалии.

'В отдельную группу обособляются структуры шестигранного строения, выделенные при анализе линеаментов на Украинском щите. Пространственно они приурочены к массивам орогенных и посторогенных гранитов [Порошин, 1981]. Внутри шестигранников отмечены линеаменты, параллельные граням и образующие рисунок, напоминающий зональное строение кварца. Наиболее точно в шестигранные контуры вписываются Коростенский и Каменский (к юго-востоку от Кривого Рога) массивы гранитов. Характерно, что простирания граней Коростенского и Уманского шестигранников соответствуют простираниям плоскостей отдельности этих гранитов.

О глубине заложения структур 1 порядка можно судить по составу приуроченных к ним магматических тал, а также по глубинности радиальных разломов. Изучение по-

казало, что радиально-концентрические, концентрические, радиально-лучевые, спиральные структуры и, вероятно, структуры типа впадин по аналогии с горной частью Средней Азии являются мантийными, купольные — верхнекоровыми, шестигранники — нижнекоровыми. Структуры купольные и типа впадин обычно занимают подчиненное положение относительно радиально-концентрических и спиральных. Интересно также, что структуры мантийного происхождения, как правило, контролируются мантийными разломами, часто располагаясь в узлах ортогональной сети разломов, в то время как купольные такой связи не обнаруживают. Отмечено, что, чем выше порядок линейных структур, тем больше диаметр и сложнее строение кольцевых, к ним приуроченных.

Анализ структур і порядка показал, что наиболее перспективными на нефть и газ структурами являются радиально-концентрические, а в их пределах — периферийные участки радиальных элементов и концентров, а также узлы их пересечения с линеаментами и элементами строения других структур. Поисковый интерес представляют и крупные спиральные структуры, особенно их «хвостовые» части.

При дешифрировании космических изображении было выделено несколько структур П порядка, имеющих концентрическое и поясное строенис [Порошин, 1978]. В пределах этих структур отмечены радиальные элементы, в большинстве соответствующие глубинным (мантийным) разломам. Имеющиеся геологические материалы не позволяют, по мнению авторов, определенно охарактеризовать эти структуры. По-видимому, они являются мантийными, отражающими неоднородности состава или состояния мантии. Для структур характерно тяготение к их центральным частям проявлений ультраосновного и основного магматизма, к периферическим — в большей мере кислого. Отдельные структуры соответствуют областям поднятия «гранитного» слоя (Восточно-Калмыцкая). его отсутствия (Западно- и Восточно-Прикаснийская), областям наибольшего погружения фундамента (южная часть Донецкой, центральная часть Калмыцкой), солянокупольным областям (Западно- и Восточно-Прикаспийская). К центрам этих структур приурочены акомалии теплового потока, часто повышенного (Западно-Прикаспийская и Калмыцкая), реже пониженного (Ставропольская). Концентричность их строения подчеркивается зонами гравитационных аномалий и гравитационными ступенями (Цимлянская, Донецкая), системами магнитных аномалий (Молдавская, Донецкая), поясами повышенной полиметаллической и сурьмяно-ртутной минерализации (Донецкая), характером изменения плотности осадочных пород чехла (Западно- и Восточно-Прикаспийская). Наиболее активными являются периферические части, к которым тяготеют кольцевые структуры І порядка мантийного происхождения.

Глава 14

#### ЛИНЕЙНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ Крымско-кавказской области

В дешифрировании космических снимков и составлении карты линеаментов и кольцевых структур Крымско-Кавказского региона приняли участие Н. В. Лукина и В. Г. Трифонов (Геологический институт АН СССР), В. Д. Скарятин, М. Ю. Никитин и А. И. Гущин (Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова), Б. С. Сенин, Я. П. Маловицкий и М. Р. Пустильников (Союзморгео Мингазпрома) и работавший под Армянской ССР А. Т. Асланяна А. С. Караханян. Были руководством чл.-корр. АН использованы практически все имеющиеся космические изображения данной территории: мелкомасштабные, с уровнем генерализации 107 (спутники «Mereop-18», «Nimbus», «NOAA»), и крупномасштабные, с уровнем генерализании 10<sup>6</sup> (спутники «Метеор-29», «EPTS» — «Ландсэт», а также пилотируемые космические анпараты «Союз-6, «Союз-9», «Союз-12», «Союз-22», орбитальная станция «Салют-4»). При этом учитывались данные, полученные ранее при дешифрировании разномасштабных космических снимков [Дашкевич и др., 1968; Скарятин, 1970; Бызова и др., 1973; Сахатов, 1973, 1976; Трифонов и др., 1973; Брусничкина, Гусев, 1974; Расцветаев, 1974; Мартиросян, Сахаров, 1974; Ананьин, Трифонов, 1976; Кац и др., 1976, 1980, 1981; Копп, Расцветаев, 1976; Скарятин, Атанасян, 1976; Буш, Кац, 1978; Геологическое. . ., 1978; Трофимов, 1980, 1981; Караханян, 1981]. Кроме того, были использованы материалы дешифрирования космических изображений, любезно присланные сотрудниками центра «Геофизика» АН Азербайджанской ССР Э. С. Сулеймановым, И. А. Абдуллаевым, Р. А. Ахундовым и И. М. Мустафаевым.



Рис. 85. Карта динеаментов и кольцевых структур Крымско-Кавказского региона. Составили П. В. Лукина, А. С. Караханян, Б. В. Сенин, В. Д. Скарятин, В. Г. Трифонов при участии А. И. Гуцина, Я. П. Маловицкого, М. Ю. Никитина, М. Р. Пустильникова с использованием данных И. А. Абдуллаева, Р. А. Ахундова, Н. А. Брусничкиной, С. Л. Бызовой, Н. А. Гусева, Т. П. Ивановой, М. Л. Копла,

Н. Н. Курдина, С. В. Мартиросяна, Л. М. Расцветаева, В. З. Сахатова, Э. С. Сулейманова

1, 2 — линеаментные зоны (1) и линеаменты (2), проявившиеся на мелкомасштабных космических изображениях; 3 — линеаменты, проявившиеся на крупномасштабных космических изображениях; 4 — линеаменты в пределах акватории, выявленные структурногеоморфологическим методом; 5 — кольцевые структуры. Номера динеаментов см. в тексте Анализ результатов дешифрирования перечисленных выше разномасштабных материалов, сведенных на карту (рис. 85), позволил выявить крупные и протяженные <u>линеа</u>менты и линеаментные зоны, пересекающие целиком структуры Кавказа и Крыма (их можно назвать трансорогенными, или трансрегиональными<sup>1</sup>), а также густую сеть более мелких (локальных) образований, имеющих небольшую протяженность. Первые образуют как бы основной каркас региона и создают картину делимости его на крупные блоки, как будет показано ниже, не только в плане, но и в разрезе земной коры. Вторые имеют, по-видимому, незначительную глубину. Остановимся на первых.

#### Трансорогенные, или трансрегиональные, линеаменты и линеаментные зоны

Кавказ. Трансорогенные линеаменты и линеаментные зоны Кавказа имеют чрезвычайно разнообразную ориентировку. Тем не менее в их сложном пересечении удается увидеть весьма закономерную хартину, прежде всего отчетливо проследить линеаменты и линеаментные зоны кавказского простирания (субширотного, запад-северо-западного), затем «антикавказского» (северо-западного, северо-северо-западного, субмеридионального, северо-северо-восточного, северо-восточного и восток-северо-восточного). В сумме это составляет восемь структурных направлений, отличающихся друг от друга в среднем на 22°.

Линейные образования «кавказских» простираний представлены преимущественно протяженными линеаментами, дешифрируемыми как на мелкомасштабных, так и на крупномасштабных космических изображениях. Исключение составляют граница орогена с платформой, северный край древнего юрского ядра Малого Кавказа (Хопа-Агдамская линеаментная зона по А. С. Караханяну) и линия Карпинского (глубинный разлом в пределах Скифской плиты), проявившиеся на космических снимках как линеаментные зоны.

Примером субширотной линейной структуры Большого Кавказа является Орджоникидзевская линеаментная зона (см. рис. 85, 1), совпадающая с крупным надвигом, располагающимся вдоль сочленения Дагестанского «клина» с Терско-Каспийским краевым прогибом.

Наиболее протяженным линеаментом запад-северо-западного простирания является линеамент, выделенный В. Г. Трифоновым [Макаров, Трифонов, Щукин, 1974; Ананьин, Трифонов, 1976] на южном склоне Большого Каказа (2). Он совпадает с зоной Главного Кавказского глубийного разлома, разделяющего два блока с разной мощностью земной коры: приподнятый горный Восточно-Кавказский (с 50—60-километровой корой) и опущенный депрессионный Куринский (с 40—45-километровой корой). При этом наблюдается пологое надвигание приподнятого блока на опущенный. Этот шов отличается высокой сейсмической активностью.

Антикавказские трансорогенные дешифрируемые линейные образования, за исключением восток-северо-восточного, представлены на космических снимках разных масштабов преимущественно линеаментными зонами. Типичным примером такой структуры северо-западного простирания является линеаментная зона (3), которая протягивается вдоль Черноморского побережья и совпадает с глубинным тектоническим швом, располагающимся на границе орогена с глубоководной морской впадиной. Глубинные разрывы Кавказа этой ориентировки, помимо надвиговой составляющей, имеют, как правило, правосдвиговое смещение [Расцветаев, 1974].

Линеаментные зоны северо-северо-западного простирания широко развиты в пределах Западного Кавказа. Одна из них, например, протягивается вдоль Очамчире-Батумского побережья Черного моря и прослеживается далее по более чем 100-километровому отрезку долины р. Лабы (4). Другая зона, Ставропольско-Ксанинская (5), по В. Д. Скарятину, имеет кулисно расположенное продолжение в Куринской впадине и далее ограничивает Талышские горы, совпадая с Талышским разломом. В пределах Восточного Кавказа линеаментная зона северо-северо-восточного простирания отделяет Большой Кавказ от Северо-Каспийской впадины (6).

Субмериднональные линеаментные зоны Кавказа секут его с удивительно правильной равномерностью: они располагаются на расстояния 140—160 км друг от друга. Характерно, что линеаментные зоны северо-северо-западного и северо-восточного прости-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Они представляют собой элементы более высокого порядка, нежели суперлинеаменты, выделяемые Я. Г. Кацем и др. [1980], Н. С. Афанасьевой и др. [1980].

раний, как правило, смещают субмеридиональные. По-видимому, это свидетельствует о большей древности субмеридионального направления по сравнению с северо-северозападным и северо-восточным.

Одна из главных линеаментных зон Кавказа — Казбек-Севанская (7) протягивается в пределы платформы до Волгограда. Она разделяет области с резко различными мощностями мезозойско-кайнозойских отложений и делит Большой Кавказ на Западный и Восточный, различающиеся темпами алыпийских и новейших тектонических движений [Милановский,1968]. Эта зона является одной из самых глубинных и проходит по границе областей с мощностью земной коры 55 и 60 км [Милановский, 1968; Шолпо, 1978]. В пределах Малого Кавказа к ней приурочена цепочка вулканических аппаратов, активно проявившихся на новейшем этапе, что может свидетельствовать о наличии растяжения по описываемому шву. Северо-северо-восточное направление по результатам дешифрирования космических снимков в пределах Большого Кавказа проявлено слабо. Одна линеаментная зона прослежена в направлении Туапсе — Волгодонск (8), две отмечены в Дагестане (9, 10) [Скарятин, 1976].

Значительно ярче дешифрируется на космических изображениях разных масштабов главное антикавказское структурное направление — северо-восточное. Линеаментные зоны этого простирания в пределах Заладного Кавказа — Индокопасско-Усть-Лабинская (11), Сочинская (12), Эльбрусская (13) по Н. А. Брусничкиной и Н. А. Гусеву [1974] и Казбек-Цхинвальская (14) по Л. М. Расцветаеву [1974] — располагаются примерно на равных расстояниях друг от друга. Они совпадают с крупными флексурами и сбросовыми смещениями кристаллического фундамента и геоморфологически выражены, по данным Н. В. Лукиной, в виде ступеней в рельсфс с признаками левосдвиговых перемещений. Это глубинные швы земной коры, так как они отражены в конфигурации изолиний поверхности Мохоровичича, Конрада и остаточных изостатических аномалий [Артемьев, 1973]

В пределах Восточного Кавказа неоднократно описывалась крупная Пальмиро-Апшеронская (15) по В. З. Сахатову, или Сумгант-Араксинская по В. Г. Трифонову и другим, линеаментная зона, также отражающая резкое погружение кристаллического фундамента [Макаров, Трифонов, Щукин, 1974] и выраженная на поверхности флексурой и 200-метровой гипсометрической ступенью. Она совпадает с Нижнеараксинской зоной концентрации левосдвиговых деформаций по Л. М. Расцветаеву [1974].

Казбек-Цхинвальская линеаментная зона (14), частично отдешифрированная ранее Н. А. Брусничкиной и Н. А. Гусевым как Чорох-Куринско-Казбекский линеамент, совпадает с Казбек-Цхинвальским глубинным тектоническим швом Е.Е.Милановского [1968]. По данным Н. В. Лукиной и А. С. Караханяна, именно она, а не меридиональная, разделяет высоко приподнятый с обнажающимся палеозойским ядром Западный Кавказ и менее приподнятый с погруженным на 2 км палеозойским фундаментом Восточный Кавказ, образуя резкую продольную асимметрию Большого Кавказа. Это глубокая зона раздела земной коры, подтвержденная данными гравиметрии, по разные стороны от которой располагаются блоки, периодически опережающие друг друга по скоростям тектонических движений. В рельефе эта зона выражена, по данным Н. В. Лукивой, наиболее крупной (до 900 м) гипсометрической ступенью с признаками левосдвиговых перемещений до 60 км. О проявлении смещений этой направленности по Казбек-Цхинвальскому тектоническому шву писал также Л. М. Расцветаев [1974, 1977]. Характерно, что Казбек-Цхинвальская линеаментная зона разделяет весьма активный в сейсмическом отношении Восточный Кавказ и значительно менее активный Западный. Она и другие отдешифрированные трансорогенные линеаментные зоны северо-восточного простирания совпадают с тектоническими швами, которые служат экранами для землетрясений, разделяя блоки с повышенной их плотностью. Объяснение этому следует искать не только в современной тектонической подвижности крупных швов северо-восточного направления, но и в их глубинности, а также в кинематической характеристике.

Восток-северо-восточное структурное направление дешифрируется слабо, в основном на мелкомасштабных космических снимках. Тем не менее оно создает на карте отчетливую сеть линеаментов. Одним из наиболее протяженных является линеамент, прослеживающийся от Хашури до Махачкалы (16). Другой в пределах Большого Кавказа совпадает с Самурским разломом (17).

В пределах Малого Кавказа А. С. Караханяном дешифрируются линеаменты н линеаментные зоны тех же восьми простираний.

Среди крупных линеаментов кавказской ориентировки отмечается несколько наиболее важных, совпадающих на отдельных участках с зонами тектонических швов и глубинвых разломов и ограничивающих структурно-фациальные зоны. Это Риони-Куринский линеамент (18) запад-северо-западного простирания, прослеживающийся вдоль р. Риони и предгорий Малого Кавказа и отражающий узкую полосу относительного максимума силы тяжести, регистрируемую сейсмологическими исследованиями со станции «Земля». Он совпадает с Кировабадской зоной разломов и флексур. Следующая — Хопа-Агдамская линеаментная зона (19), совпадающая с выделяемым по геолого-геофизическим дапным региональным глубинным разломом. И наконец, это Присеванский и Северо-Севанский линеаменты (20), совпадающие с протяженными разломами глубокого заложения, подтвержденными комплексом геофизических данных и контролирующими линейное расположение многочисленных выходов ультраосновных пород.

На северо-западе Малого Қавказа отдешифрирована система широтных линеаментов. Они совпадают с сейсмически активными глубинными разломами, отделяющими Аджаро-Триалетскую складчатую зону от западной части Грузинской и Артвино-Болнисской глыб. Поти-Тбилисский линеамент (21) совпадает с нарушением надвигового характера.

Среди северо-западных линейных структур Малого Кавказа выделяется протяженная Приереванская линеаментная зона (22), совпадающая с выделенным А. Т. Асланяном Ереванским глубинным разломом, с амплитудой в районе Еревана до 5,5 км. Она характеризуется повышенной сейсмичностью. Севан-Зангезурский линеамент (23) этого же простирания совпадает с глубинным разломом и подтвержден геофизическими данными. На поверхности он выражен в виде мощного Шишкерт-Гератахского сброса.

Линеаментная зона северо-северо-западного простирания, протягивающаяся в пределах Малого Кавказа через Карское плоскогорье и Южно-Грузинское нагорье, прослеживается сюда из районов Приэльбрусья и уходит в Турцию (25). Аналогична ей зона 24.

Линеаментные зоны меридионального простирания дешифрируются в центральной части Малого Кавказа. Первая из них (26) параллельна известному Абул-Самсарскому разлому, но проходит несколько восточнее него. Отмечается совпадение линеаментной зоны с центрами вулканических излияний Джавахетского хребта и с полосой концентрации эпицентров землетрясений шириной до 15 км, что позволяет говорить о ее высокой активности. Вторая меридиональная линеаментная зона, Казбек-Севанская (7), описана выше. В пределах Малого Кавказа к западу от нее по линии гора Арарат — г. Снитак по данным сейсмологии проводится нарушение глубинного характера.

К линеаментным зонам северо-северо-восточного простирания относится прежде всего Ереван-Севанская (27). С ней совпадает выделяемый Э. Ш. Шихалибейли [1966] Иджевано-Казахский поперечный прогиб Малого Кавказа, представленный в современной структуре надразломным грабен-синклинорием. Разрывные нарушения по обоим берегам р. Агстев с амплитудой 500—1000 м придают синклинорию характер грабена. К этой же системе относятся Нахичевань-Шамхорская и Джульфа-Кировабадская линеаментные зоны (28, 29). Первая из них располагается на продолжении Шамхорско-Дагестанского поперечного поднятия (10), выраженного надразломными антиклиналями и обращенными синклиналями. В пределах Малого Кавказа с пей связаны вулканическая деятельность и внедрение плагиогранитных интрузий.

Линеаментные зоны северо-восточного простирания в пределах Малого Кавказа образуют вторую по значимости группу после линеаментов кавказской ориентировки. Они отчетливо проявляются на снимках всех уровней генерализации и совпадают по направлению с основными орогидрографическими единицами Тавра, с зонами концентрации глубинных сейсмодислокаций и левосдвиговых деформаций земной коры. К западу от описанной выше Казбек-Цхинвальской линеаментной зоны (14) А. С. Караханян выделяет Чорох-Дзирульскую группу линеаментов (30), протягивающихся из северо-восточной части Турции. Они обрамляют Грузинскую глыбу и Дзирульский кристаллический массив, отделяя их от Картлинской и Рионской впадин.

Среди линеаментов восток-северо-восточной ориентировки заслуживает внимания прежде всего крупный Арагацский линеамент (31), прослеживающийся от места слияния рек Дзегамчай и Кура через вершины вулканов Арагац, Артени и далее Бююк-Яглыджа и Аладаг (Турция). Приуроченность крупных и ряда мелких вулканов к зоне линеамента, по-видимому, свидетельствует о его глубинности. Барда-Октемберянский (32) линеамент того же простирания на участке Зод — Мартуни перекрыт молодыми лавами андезито-базальтового состава и, вероятно, контролирует линейное распределение вулканических аппаратов. Линеамент совпадает с глубинным разломом, выявленным ставцией «Земля», и служит прямым продолжением Мровдаг-Зодского поперечного разлома, выделяемого Э. Ш. Шихалибейли [1966]. Крым. На Крымском полуострове трансрегиональные линеаменты и линеаментные зоны имеют те же восемь простираний, что и на Кавказе. Между тем каждое из них играет уже иную роль, что, по-видимому, связано со спецификой тектонической структуры Крыма [Кац и др., 1981].

Основная масса трансрегнональных линеаментов имеет северо-восточное направление, подчиненное ориентировке западной части Крымских гор. Большинство линеаментов совпадает с известными разломами, нашедшими отражение на тектонических схемах Крымского полуострова [Геология СССР, 1969, т. 8]. Одним из примеров является хорошо дешифрируемая линеаментная зона (33). Геологические данные свидетельствуют в основном о надвиговом характере смещения по многим из них, геоморфологические выявляют левосдвиговую составляющую.

Восточная часть сочленения Крымских гор со Скифской плитой подчеркивается субширотным линеаментом (34), дешифрируемым на разномасштабных космических изображениях. Это Белогорская зона взбросо-сдвиговых деформаций по Л. М. Расцветаеву [1977]. Севернее параллельно ей располагается серия прерывистых линеаментов, выявляемых преимущественно на мелкомасштабных космических снимках. По-видимому, они также имеют тектоническую природу.

Северо-западные и субмеридиональные линеаменты являются поперечными по отношению к описанным двум системам. Первые вместе с северо-восточными в значительной мере определяют конфигурацию Крымского полуострова. В литературе они описаны как разрывы, образовавшиеся в результате сколовых напряжений. Вторые прослеживаются преимущественно на крупномасштабных космических изображениях. Центральный субмеридиональный линеамент (35) имеет структурное продолжение в пределах Русской плиты [Трофимов, 1980].

В восточной части Крыма наблюдается отчетливая система линеаментов северо-северо-восточного простирания, которое подчеркивается ориентировкой выходов древних толщ и морфологией локальных складок на Керченском полуострове. К линеаменту такой ориентировки (36), протягивающемуся от мыса Меганом к Феодосии, приурочены выходы вулканических пород Карадага, извергавшихся в юрский период.

Запад-северо-западную и северо-северо-восточную ориентировку имеют участки морского побережья от Симеиза до Алушты (37), представляющие собой отдельные отрезки подтвержденного геофизикой крупного тектонического шва, по которому произошло опускание части альпийского мегантиклинория Крымских гор [Геология СССР, 1969, т. 8].

Северо-северо-западное структурное направление представлено одним прерывистым линеаментом (38), который дешифрируется преимущественно на космических снимках вссх уровней генерализации. В отличие от него восток-северо-восточные линеаменты (39) дешифрируются практически только на крупномасштабных изображениях. Повидимому, разрывы, которые они отражают, имеют неглубокое заложение.

Как видно из карты, выделенные на космических снимках Крымско-Кавказского региона разнонаправленные линеаменты и линеаментные зоны довольно часто пересекаются. Среди общего количества точек пересечения, по данным А. С. Караханяна, встречаются узлы, характеризующиеся аномальным рисунком и фототоном изображения. На этих участках обычно пересекаются три и более разнонаправленных линеамента одного уровня естественной генерализации. При этом происходит как бы уничтожение признаков этих линеаментов, т. е. наблюдается своеобразная интерференция критериев дешифрирования. Эти точки, которые можно условно назвать «особыми», выделяются на аэровысотных снимках по наличию в их зоне большого количества разноориентированных разломов и трещин, по хаотичному нагромождению различных форм рельефа, скоплению вблизи них сорванных блоков оползней и ряду других факторов. Возможно, что «особая» точка представляет собой выражение на поверхности Земли внутрикоровых деформаций, развивающихся при сочленении линеаментов, соответствующих на глубине скрытым разломам. Пересечение линеаментов и линеаментных зон при этом происходит не в одной плоскости, а на разных уровнях земной коры, которая не только в плане, но и в разрезе характеризуется перекрестностью структур. Таким образом, перекрестный структурный план земной коры, подробно рассмотренный В. И. Макаровым и Л. И. Соловьевой [1976] на примере Тянь-Шаня и Туранской плиты, хорощо выражен и на территории Крымско-Кавказского региона.

Сравнительный анализ карты линеаментов и данных сейсмологии, по мнению А. С. Караханяна, В. И. Макарова, В. Г. Трифонова, Ю. К. Щукина, И. В. Ананьина [Макаров и др., 1974; Макаров, Трифонов, Щукин, 1974; Ананьин, Трифонов, 1976; Караханян,

[981], показывает, что большинство эпицентров известных сильных землетрясений на космических снимках распознается в виде мест сочленения линеаментов, в большинстве случаев --- мест пересечения систем продольных линеаментов с поперечными. Точки пересечения линеаментов, по-видимому, близки или даже идентичны сейсмоактивным дизъюнктивным узлам, выделяемым В. И. Кейлис-Бороком [Гельфанд и др., 1976], Е, Я. Ранцман [1979] и др. Это позволяет проводить целевое распознавание на космических снимках мест возможных землетрясений и выделение сейсмоактивных участков. Так, на территории Малого Кавказа по указанному выше принципу А. С. Караханян выделяет несколько точек и участков, характеризующихся высокой сейсмической активностью: Ереванский участок — на пересечении пяти линеаментных зон, из которых Приереванская зона и Гарни-Шамхорчайская сами обладают высокой сейсмичностью, и Шамхорский — также на пересечении пяти разнонаправленных линеаментов. Причем Гарни-Шамхорчайский линеамент как бы соединяет эти две точки между собой. Дилижанский участок на современном этале высокой сейсмичностью не отличается, но здесь чрезвычайно сильно развиты оползневые явления. Он также находится на пересечении пяти линеаментов и линеаментных зон. Параванский участок характеризуется особенно высокой сейсмичностью. Имеется и целый ряд других сейсмоактивных точек.

В то же время трансорогенные линеаментные зоны Кавказа северо-восточного простирания, совпадающие с глубокими тектоническими швами земной коры, как было показано выше, представляют собой «экраны» для землетрясений. По-видимому, это связано с тем, что сейсмогенные разломы на глубинах 5—20 км, которым, по данным Ю. К. Щукина [1973, 1977], соответствуют зоны высоких плотностей глубинных сейсмодислокаций, возникают в наиболее монолитных блоках литосферы, где напряжения горных пород могут достичь критических величин. На поверхности же они оказываются приуроченными к узлам пересечения менее глубоких разрывных нарушений.

#### Локальные линеаменты

Локальные линеаменты (малой протяженности) отдешифрированы Б. С. Сениным преимущественно на крупномасштабных космических снимках с хорошей разрешающей способностью («Салют-4» и «Метеор-29»). При всем кажущемся многообразии их простираний докальные линеаменты Кавказа, Крыма да и всего юга Европейской части СССР подчинены четырем главным направлениям: широтному и меридиональному (с отклонениями 2,5—5°) и двум диагональным — северо-западному (310—320°) и северо-восточному (40—50°). Достаточно отчетливы также промежуточные косоднагональные простирания — восток-северо-восточное (60—70°) и северо-северо-западное (330—345°).

Распределение локальных линеаментов на площади неравномерное. Обнаруживаются зоны их концентрации трех главных типов: 1) зоны, в которых линеаменты параллельны их простиранию; 2) зоны, ограниченные двумя главными линеаментами, внутри которых более короткие линеаменты ориентированы произвольно; 3) зоны, состоящие из коротких разноориентированных линеаментов, не ограниченные какими-то линиями.

Зоны концентрации локальных линеаментов имеют указанные выше ортогональную и диагональную системы ориентировки. Пересекаясь, они влияют одна на другую и имеют сложные взаимоотношения. Так, фрагменты меридиональных зон с севера на юг испытывают смещение (отступание) относительно широтных: правостороннее к западу от 42-го меридиана и левостороннее к востоку. Одновременно изменяется их ширина. Зоны концентрации локальных линеаментов северо-восточного простирания плавно сопрягаются с широтными зонами и прерывают меридиональные и северо-западные. Сопряженные зоны не образуют между собой углов больше 45°, что может указывать на возможность правосдвиговых перемещений вдоль широтных зон, особенно в полосе между 42 и 48° в. д. Зоны концентрации локальных линеаментов северо-западного простирания чаще всего сопряжены с меридиональными зонами, не образуя с ними, как правило, углов больше 45°, и прерывают широтные зоны. Это может свидетельствовать о правосдвиговых перемещений вдоль. Это может свидетельствовать о правосдвиговых перемещений вдоль широтных зон. Следовательно, равнодействующая правосдвиговых перемещений вдоль широтных зон. Следовательно, равнодействующая правосдвиговых перемещений вдоль широтных и меридиональных зон направлена на юго-восток.

Зоны концентрации локальных линеаментов группируются в пояса: меридиональные — в пределах 27—30, 31—32, 36—46 и 49—56° в. д., широтные — между 42 и 48° с. ш. При их пересечении наблюдается подчинение широтного направления меридиональному. Таким образом, фиксируется смена соподчинения меридионального и широтного планов при переходе к более крупным структурным единицам. Система поясов делит рассматриваемую территорию на районы, отличающиеся густотой и направлениями зон концентрации локальных линеаментов.

Западно-Черноморский район. Этот район соответствует глыбовому поднятию Добруджи, которое отделено от лежащего к северо-востоку Украинского шита Преддобруджинским прогибом. С положением последнего совпадает фрагмент Датско-Загросского линеамента (см. гл. 23).

Здесь преобладают протяженные линеаменты меридиональных и субширотных простираний, среди которых наиболее отчетливы первые. С ними связаны долины Прута и Дуная, а также Ямгухского лимана — меридионального «колека» Днестра, Когильницкого лимана — Придунайского побережья Черного моря. Широтные линеаменты концентрируются в полосах между Сулинским и Килийским гирлами Дуная, а также между широтами Одессы и Николаева — Кишинева. Среди диагональных преобладают протяженные линеаменты северо-западного простирания, например Алибей — Унгены (вдоль среднего течения р. Прут) и Сулина — Пашканы (Румыния). Линеаменты северо-восточного простирания развиты в виде коротких отрезков. В районе северозападного побережья Черного моря они образуют довольно мощную (до 25 км) линеаментную зону, пересекающую дельту Дуная и расширяющуюся в пределах Украннского щита до 50 км.

Южно-Украинский район. Последний разделен широтным поясом линеаментных зон на две части, одна из которых соответствует южному склону Украинского шита, а другая — Крымская — фрагменту Скифской плиты. Общей для всего района чертой является преобладание линеаментов северо-восточного простирания, которые имеют вид коротких отрезков и группируются в четыре линеаментные зоны шириной по 50— 100 км. Одна из них вытянута вдоль северо-западного побережья Черного моря, вторая вдоль линии Новоалексеевка (Тендровская) — Никополь, третья — по линии Севастополь—Мелитополь) — Гуляйполе, четвертая зона является восточной и юго-восточной границами района и проходит по линии Зонгулдак — Цимлянское водохранилище.

Линеаменты меридионального простирания в большей мере развиты в западной части района, концентрируясь вдоль меридианов 33 и 34° в две полосы. Последние прерываются широтным поясом линеаментных зон и представляют собой, вероятно, смещенные относительно него фрагменты единого меридионального пояса.

Линеаменты широтного простирания, кроме тех, которые сосредоточены в указанном широтном поясе, образуют линеаментные зоны вдоль параллелей 47° — Николаевскую и 44°30′ — Севастопольскую, которые препятствуют развитию меридиональных линеаментов, но сами деформируются линеаментами северо-западного простирания.

Чертами, отличающими крымскую часть района, являются несколько большая кажущаяся хаотичность в распределении линеаментов, появление не только отдельных линеаментов, но и линеаментных зон северо-западного простирания, таких как Ялтинско-Скадовская, Белогорско-Перекопская, относительно больший «вес» линеаментов широтных простираний.

Южно-Украинский район был выбран в качестве полигона для оценки сходимости результатов дешифрирования крупномасштабных космических снимков и изучения поля силы тяжести (в редукции Буге).

Оказалось, что одни и те же линеаменты в поле аномалий силы тяжести по простиранию выражаются различно: в виде либо градиентов, либо однотипных зональных изменений в морфологии поля, что указывает, по-видимому, на разную природу связи фрагментов одного и того же линеамента с геологической структурой.

Линеаменты, соответствующие градиентам силы тяжести, как правило, прекрасно дешифрируются по резкому изменению фототона, «фактуры» поверхности, появлению узких прямолинейных рвов, видимых в стереоскоп, и по другим признакам. Характерна их непрерывная прослеживаемость на больших расстояниях. Линеаменты, соответствуюшие зональным изменениям в морфологии поля силы тяжести, дешифрируются четко. Они не всегда могут быть прослежены непрерывно. Таким образом, устанавливается корреляционная связь между стеленью дешифрируемости линеамента на снимке и характером его отражения в гравитационном поле (в редукции Буге).

Западный Кавказ. Этот район разделяется широтным поясом линеаментных зон на две части: 1) Центральный и Северо-Западный Кавказ и 2) Ростово-Кубанское Предкавказье. Общей чертой района является широкое развитие линеаментов северовосточного простирания, особенно в северо-западной его половине. Нередко они совпадают с геоморфологически выраженными молодыми тектоническими швами, разделяющими ступени рельефа. В отличие от Южно-Украинского района эти линеаменты более протяженны и развернуты ближе к широтным румбам. Наибольшей концентрации линеаменты этого простирания достигают на линиях Севастополь—Темрюк—Черный Яр на р. Волге, Новороссийск—Черный Яр, Туапсе—Черный Яр, веерообразно расходясь в юго-западном направлении и сопрягаясь с Темрюк-Севанской и Датско-Загросской зонами линеаментов северо-западного простирания, подтверждая возможность правосдвиговых перемещений вдоль этих направлений. Вершина другого подобного «веера» размещена в районе Енотаевки, в нижнем течении Волги, откуда зоны линеаментов расходятся в направлении Туапсе, Сочи, Сухуми и Батуми. Они также дважды сопрягаются с системами северо-западного простирания.

Помимо указанных выше зон линеаментов северо-восточного простирания, в рассматриваемом районе развиты и другие, из которых отметим Ейско-Пятигорскую зону в районе Минераловодского выступа при ее сопряжения с широтными зонами линеаментов. На снимках со спутников серии «Метеор» эта зона читается в виде единого линеамента.

Из ортогональных линеаментов наиболее развиты субширотные. Максимальной концентрации эти линеаменты достигают в полосе между 42° и 43°30′ с. п., к которой приурочены выходы докембрия и палеозоя Центрального Кавказа. Несколько меньшей концентрации они достигают в полосе между 44 и 45° с. ш. Эта зона состоит из серии линеаментов, образующих правые кулисы; в этой же зоне западнее Керченского пролива они образуют левокулисную систему, в связи с чем создается эффект дугообразного изгибания зоны. Еще одну зону линеаментов следует отметить в полосе между 46 и 47° с. ш. Она сильно нарушена другими системами, однако на изображениях высоких уровней генерализации выглядит единой мощной зоной, что говорит о значительной ее глубинности.

Меридиональные линеаменты в пределах рассматриваемого района отличаются сравнительно небольшой длиной, которая редко превышает 80—100 км.

Северо-Западная часть Прикаспия. Район соответствует юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы и делится широтной линеаментной зоной (46, 47° с. ш.) на две части: из них северная принадлежит к Прикаспийской синеклизе, а южная — к юго-восточному окончанию Донбасса. Общей чертой района является заметное преобладание линеаментов и зон линеаментов субортогональных простираний.

В широтных зонах линеаментов с севера на юг намечается слабая тенденция увеличения степени концентрации в них линеаментов с одновременным сужением самих зон. Эта тенденция вообще характерна для центральной части всего региона. На юге территории, особенно в осевой зоне Главного Кавказского хребта между 42°30' и 44° с. ш., широтные зоны линеаментов наиболее узки и достигают наибольшей «концентрированности», выразительности на космических снимках, прослеживаемости по простиранию.

Меридиональные и субмеридиональные линеаменты наиболее развиты между 44 и 47° в. д., образуют узкий веер. Из района Гудермес — Хасавюрт они раскрываются на север, концентрируясь в пять зоп. Южнее указанного узла эти зоны собраны в одном поясе между 45 и 47° в. д. Субмеридиональные зоны примерно соответствуют положению так же ориентированных элементов рельефа фундамента западной части Прикаспийской синеклизы — Сарпинского прогиба и Баскунчакского выступа, лежащих на глубинах 18—8 км [Карта..., 1976].

Среди диагональных линеаментов и зон их концентрации чаще встречаются формы северо-восточного простирания. Северо-западные простирания заметнее выражены восточнее долины Волги. Основное различие между северной и южной частями района заключается в преобладании субмеридиональных линеаментов, в их большой сосредоточенности и соответственно лучшей дешифрируемости в южной части района.

Малый Кавказ. В западной части этого района, наиболее охарактеризованного космическими снимками, отмечается чрезвычайно широкое развитие линеаментов северо-восточного простирания, напоминающее картину их развития на Северо-Западном Кавказе. Это сходство дополняется чередованием отдельных протяженных линеаментов длиной не более 50—70 км и отражает, по-видимому, определенное сходство (однотилность) условий образования этой системы.

Линеаменты северо-западного простирания, развитые менее широко, образуют чаще всего протяженные (более 250 км) и узкие линеаментные зоны. Среди них следует отметить зону Севан—Махарадзе, которая рассредоточена в виде узкого веера в направлении на северо-запад, зону Мингечаур—Гори, частично сопряженную с широтной зоной 42° с. ш., мощную линеаментную зону вдоль Еревано-Ордубадского отрезка долины Аракса. В полосе между 45 и 46° в. д. наблюдается сгущение линеаментов меридионального простирания, особенно интенсивное севернее оз. Севан. Характерная особенность этого района — слабое развитие широтных линеаментов и зон их концентрации. Можно отметить лишь одну очень четкую зону Шамхор—Ленинакан, которая прослеживается далее на запад до Трабзона.

Характерно, что практически все линеаменты и линезментные зоны, показанные на карте дешифрирования космических изображений, продолжаются в структурах Черного, Каспийского и Азовского морей. Они были выявлены Б. В. Сениным методом структуриогеоморфологического анализа рельефа диа в целях прогнозирования его новейших разломных образований.

В заключение отметим, что зоны концентрации локальных линеаментов и их пояса находят отражение в региональном гравитационном поле. Так, субщиротному поясу соответствуют широтно ориентированные фрагменты зон градиентов между региональными аномалиями I порядка, оси региональных аномалий II порядка и их фрагменты, а также цепи локальных положительных и отрицательных гравитационных аномалий.

Западной границе мериднонального пояса, совпадающего с Транскавказским субмеридиональным поднятием, соответствует правая горизонтальная флексура, образуемая всеми поясами региональных аномалий I порядка (между 42 и 44° в. д.). Здесь наблюдается также изменение простираний осей региональных аномалий II порядка и локальных положительных аномалий силы тяжести. Вдоль восточной границы пояса (между 48 и 50° в. д.) происходит разрыв региональных гравитационных аномалий I и II порядков и стыковка их по простиранию с аномалиями противоположного знака. В ряде случаев обнаруживается их правосторонний флексурообразный изгиб. В целом ширина пояса, язмеренная между ограничивающими его линеаментными зонами, оказывается несколько меньшей, чем его ширина, отраженная в региональном гравитационном поле. Это может указывать на то, что плоскости, ограничивающие Трансхавказский пояс, если таковые существуют, падают в стороны от него по типу сбросов.

Высокая степень корреляции между локальными линеаментами, зонами их концентрации и элементами гравитационного поля Земли свидетельствует о тектонической природе дешифрируемых на крупномасштабных космических снимках линейных объектов. Многие из них концентрируются вдоль линейных геологических структур разных порядков или совпадают с границами геологических тел разных рангов. Их расположение может отражать и структурные элементы погруженных горизонтов (например, кристаллического фундамента).

#### Кольцевые структуры

Одним из наиболее неожиданных результатов дешифрирования космических снимков являются кольцевые структуры (см. рис. 85), под которыми понимаются образования, имеющие в плане более или менее округлую или кольцевую форму. Самые крупные из них достигают в диаметре около 100 км, например Нижнесамурская (40) и др. Чаще встречаются более мелкие -- 10--60 км в поперечнике. Самые мелкие имеют размер около 3—6 км, их много в пределах Западного Кавказа. Масштаб карты линеаментов в кольцевых структур не позволяет показать «кольца» менее 10--15 км в диаметре.

Кольцевые структуры Предкавказья — две Ставропольские, Серафимовская, Комсомольская (41, 42, 43) -- располагаются на одной субширотной прямой.

На Северном Кавказе выделены Тырныаузская, Среднетерекская и Нижнесулакская кольцевые структуры (44, 45, 46), также как бы лежащие на одной субширотной линии.

В пределах Большого Кавказа кольцевых структур значительно больше. Три из них располагаются в междуречье Ингури — Риони. Ряд крупных структур — Цхинвальская, Тебулосмтанская и Аргунская (47, 48, 49) — образуют как бы ценочку, нанизанную на Хашури-Махачкалинский линеамент (16) восток-северо-восточного простирания, косо секущий весь Большой Кавказ. Вместе с двумя кольцевыми структурами Малого Кавказа Триалстской и Аджарской (51), описание которых будет дано ниже, и Нижнесамурской кольцевой структурой Северного Кавказа (40) они образуют плавную дугу, обращенную выпуклостью к востоку. Природа этой гигантской дуги пока остается не выясненной.

Многие исследователи (В. Д. Скарятин, С. В. Атанасян, В. А. Буш и др.) большое внимание уделяли изучению Самурской кольцевой структуры. Северная часть ее совпадает с отрицательной аномалией силы тяжести, так что, по-видимому, происхождение Самурской структуры связано с эндогенными процессами.

Кольцевые структуры Малого Кавказа в значительной мере обусловлены многочисленными вулканическими постройками этого региона. Среди наиболее крупных кольцевых образований, дешифрируемых на территории Закавказья, А. С. Караханян выделяет Чилдырскую структуру (52). Она четко прослеживается по светлому фототону на снимках всех уровней генерализации в виде валообразного поднятия, сложенного продуктами неоген-четвертичного вулканизма. По-видимому, она представляет собой единую очень крупную вулкано-тектоническую депрессию с центром в районе оз. Чилдыр и вулкана Кысырдаг. За пределами валообразного поднятия и района распространения лавовых потоков структура оконтуривается внешним кольцом большого радиуса в виде хрупных дугообразных разрывов.

Следующая крупная структура вулканического происхождения — вулкан Арагац (53). Он также дешифрируется как центральное правильное куполовидное поднятие, окаймленное зоной дугооборазных разрывов, на которой располагаются вулканы меньших размеров — Араилер, Артени и др.

Областью молодого вулканизма, выделяемой по характерным круговым образованням, является и Гегамское нагорье. Дешифрируемое в виде ряда небольших круговых образований, вытянутых вдоль линейного разрывного нарушения, оно по особенностям своего строения и внешнему облику подобно Джавахетскому хребту.

В районе Варденисского хребта распознается несколько вулканических куполов, вытянутых вдоль трассы Барда-Октемберянского линеамента (32). Особенно хорошо заметен массив вулкана Армаган, выделяющийся на космических снимках в виде четких кондентрических колец разного фототона, возможно соответствующих различным этапам его вулканической деятельности.

Следующий тип кольцевых образований Малого Кавказа представляет овально вытянутая структура Дзирульского массива (50) с выходами домезозойских метаморфических пород и гранитоидов. Дзирульская структура выделяется на космических симмках в виде локального кольцевого поднятия, ограниченного со всех сторон линейными и дугообразными нарушениями. Плутонические кольцевые структуры регистрируются также и в других районах.

Хорошо выделяется в виде изомстрического купола поднятие Волчьих Ворот, в котором палеозойское основание приподнято на 400 м над аккумулятивной равниной Аракса.

Таким образом, наиболее уверенно и однозначно дешифрируются образования молодого неоген-четвертичного вулканизма. Выявляются крупные округлые депрессии, которые предположительно можно отнести к промежуточным магматическим очагам и местам нахождения палеовулканов. Кроме перечисленных, на космических снимках дешифрируются кольцевые образования неясного пока происхождения, как, например, окаймляющее оз. Севан и др.

Действительно, кольцевые структуры, если это не вулканы, труднее отождествлять с известными геологическими объектами. Далеко не всегда им соответствуют аномалин геофизических полей. В. Д. Скарятин склонен считать характерной особенностью расположения кольцевых структур их приуроченность к линеаментам и узлам их пересечения. Однако нужно сказать, что это все-таки не повсеместное явление. Э. С. Сулейманов, И. А. Абдуллаев, Р. А. Ахундов, И. М. Мустафаев на территории Азербайджана и Армении отмечают смещение кольцевых структур линеаментами и линеаментными зонами, на основании чего они делают вывод о том, что первые являются более древними структурными образованиями.

Безусловный интерес представляет собой тот факт, что с кольцевыми структурами связаны месторождения многих полезных ископаемых. Так, по данным Э. С. Сулейманова, И. А. Абдуллаева, Р. А. Ахундова и И. М. Мустафаева, к кольцевой структуре с центром в оз. Севан приурочены Кедабекское медно-порфировое, Дашкесанское железорудное месторождения. С некоторыми кольцевыми структурами Предкавказья совпадают месторождения нефти и газа [Скарятин, 1976].

Выделяемые на космических изображениях трансорогенные н локальные линеаменты и линеаментные зоны, кольцевые и дугообразные объекты создают сложную систему разноориентированных образований. Многие из иях нашли свое геологическое выражение в простирании глубипных швов, разделяющих крупные блоки литосферы [Трифонов и др., 1973; Макаров, Трифонов, Щукии, 1974; Макаров, Скобелев и др., 1974; Геологическое..., 1978], ряда разрывных нарушений, складчатых структур и других тектонических элементов. При этом, пересекаясь, они не исчезают, а продолжаются в том же направлении, часто отождествляются с иными по возрасту структурами или структурами иного структурного этажа или совпадают с тектопическими элементами разной глубины заложения. Таким образом, для дешифрируемых объектов характерна определенная
«транзитность» по отношению к геологическим структурам современного среза, обусловленная дисгармонией строения коры, ее перекрестным структурным планом, а также, по-видимому, принадлежностью многих из них не только к данному региону, но и к системам более высокого, возможно планетарного ранга.

Система взаимопересскающихся линеаментов и линеаментных зон Крымско-Кавказского региона представляет собой результат сложной многоактной истории движений по разрывам разных направлений. В современном поле субмеридионального тангенциального сжатия развиваются субмеридиональные раздвиги, субширотные надвиги, северозападные правосторонние и северо-восточные левосторонние сдвиги (Милановский, 1968; Расцветаев, 1973, 1977; Трифонов, 1976б, 1977, 1980; Проблемы..., 1980]. По-виднмому, запад-северо-западные (чаще надвиги), северо-северо-восточные (возможно, раздвиги), северо-северо-западные и восток-северо-восточные диагональные (скорее всего, сколовые) нарушения представляют собой систему, обусловленную более древним мезозойским или палеозойским (?) полем напряжений. Характерно, что зоны сжатия оказались выраженными на космических изображениях преимущественно линеаментами, а зоны растяжения — линеаментными зонами.

В то же время, возникнув в одном поле тектонических напряжений, один и тот же разрыв может использоваться для разрядки другого поля напряжений, и первоначально сколовая трещина, образовавшаяся как сдвиг, в дальнейшем может стать трещиной растяжения и т. п. Следы таких многоактных движений по трещинам с образованием сложных зеркал скольжения то в вертикальном, то в горизонтальном направлении приходится наблюдать довольно часто. Вероятно, это следствие меняющихся в истории развития тектонических полей напряжений. Например, по данным Н. В. Лукиной, новейшие субширотные надвиги на Большом Кавказе имеют также левосдвиговую составляющую, а в Крыму — правосдвиговую; субмеридиональные раздвиги на Кавказе носят следы правостороннего смещения, а в Крыму — левостороннего. Правосторонние сдвиги северо-западного простирания характеризуются на Кавказе прежде всего надвиганием, а в Крыму носят черты растяжения; северо-восточные левосторонние сдвиги на Кавказе представляют собой флексуры, ступени, сбросы и зоны интенсивной трещиноватости, а в Крыму — надвиги или в крайнем случае вертикальные разрывы.

Двойной характер движений по тектоническим разрывам Крыма и Кавказа позволил Н. В. Лукиной прийти к выводу о происшедшей переориентации новейшего поля напряжений. Сначала Большой Кавказ, видимо, испытывал давление с юго-запада, а Крымский полуостров — с юго-востока. Затем (когда точно, сейчас сказать пока не представляется возможным; по некоторым данным, в среднем плиоцене) ориентировка тангенциального сжатия сменилась субмеридиональной. Вот тогда-то северо-западные надвиги Кавказа и раздвиги Крыма приобрели правосдвиговую составляющую, а северо-восточные раздвиги Кавказа и надвиги Крыма — левосдвиговую; субширотные левосторонние сдвиги Кавказа и правосторонние — Крыма трансформировались в надвиги, а субмеридиональные правосторонние сколы Кавказа и левосторонние сколы Крыма превратились в зоны растяжения.

Разгадку изменения новейшего поля напряжений во времени для Большого Кавказа и Крыма следует искать в истории движений Аравийской плиты и раздвига Красного моря.

В этих условиях становится понятной приуроченность районов высокой сейсмической активности Кавказа к тектоническим разрывам кавказской, субширотной и северозападной орнентировок, представляющим собой структуры надвигания на более раннем и более позднем этапах новейшего развития. Напротив, трансорогенные северо-восточные и субмеридиональные тектонические нарушения, представляющие собой зоны растяжения, служат «экранами» для землетрясений.

# ЛИНЕЙНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ УРАЛА

Урал — одна из наиболее хорошо изученных складчатых систем с ярко выраженной линейностью в расположении основных структурных зон, границами которых служат протяженные разломы глубокого заложения и длительного развития. Линейность структурного плана находит четкое отражение в магнитных и гравитационных полях. Существенным элементом структуры Урала является система надвигов.

При общей меридиональной ориентировке всей системы на Полярном и Среднем Урале наблюдается дугообразный изгиб всех палеозойских структур к востоку. Кроме того, по геологическим и геофизическим данным установлено, что общая линейная зональность меридионального направления осложнена структурными направлениями, имеющими секущее по отношению к Уралу простирание. Выделяются группы северозападных, субширотных и северо-восточных структур, причем среди исследователей нет единого мнения об их положении и ориентировке. Эти доперечные структуры представлены разрывными нарушениями, поперечными поднятиями и прогибами, шовными антиклиналями, зонами широтных воздыманий и погружений шарниров продольных складок. Они характеризуются сменой фаций отдельных толщ и свит, изменениями глубины размывов, присутствием осадочно-вулканогенных, интрузивных и многих рудных формаций. В геофизических полях эти поперечные зоны выделяются по субширотным локальным магнитным и гравитационным аномалиям. Они установлены как в краевых прогибах, так и в пределах мно- и эвгеосинклинальных зон и прослеживаются в нескольких структурных этажах, в том числе в структурах кристаллического основания и отложениях палеозойского и неоген-четвертичного комплексов. Ряд протяженных крупных структур северо-западного и широтного направлений протягивается далеко за пределы Урала — на Русскую плиту, в Казахстан и на Западно-Сибирскую плиту. Проявление поперечных зон в разных структурных этажах свидетельствует о длительности их развития и глубинном заложения. Природа этих поперечных структур связывается с гетерогенностью субстрата, на котором заложилась Уральская геосинклиналь [Конднайн, Голуб, 1968; О. А. Кондиайн, А. Г. Кондиайн, 1947]. Многие исследователи связывают с поперечной зональностью металлогеническую специализацию некоторых районов Урала [Кондиайн, Голуб, 1968; Ананьева и др., 1971].

Наряду с изучением линейных структур в последние годы в пределах Урала начали выявлять кольцевые структуры. Так, в результате структурно-геоморфологического анализа на севере Урала установлено наличие кольцевых морфоструктур разных порядков до 50 км и более в поперечнике [Чижова, 1973, 1975]. При современном анализе результатов интерпретации геофизических данных и материалов радиолокационной съемки [Петров и др., 1971] установлен вулкано-тектонический генезис Карской структуры, относимой рядом исследователей к структурам метеоритного генезиса, так называемым астроблемам [Масайтис, 1973; Масайтис и др., 1975].

Многие особенности структурного плана Урала, сформировавшиеся в течение длительной и сложной истории, находят отражение в новейшей тектонике и определяют специфику рельефа и распространение ландшафтных комплексов в целом.

При изучения тектоники Урала были использованы телевизионные космические снимки со спутников «Метеор-5, -10, -13, -16, -18», а также с американских спутников серии «ESSA». Всего было изучено более 20 снимков, сделанных в разное время, главным образом в зимний сезон, часть снимков получена в осеннее и весеннее время. Снимки со слутников серия «Метеор» (исходный масштаб 1:7 500 000 --1:8 000 000) увеличивались в 3 раза, снимки с «Метеора-18» – в 2 раза. После деплифрирования линеаментов последние переносились на топооснову масштаба 1 : 2 500 000 с помощью прибора УТП-1. При этом оценивалась выраженность тех или иных отдешифрированных элементов в рельефе и гидросети. Это же давало возможность в какой-то степени оценить и ранг выделенных элементов по их влиянию на формирование рельефа.

Следующим этапом было сопоставление схем линеаментов, составленных по отдельным скимкам, и сведение результатов дешифрирования в одну схему. На этом этапе важно было выделить элементы, общие для всех снимков, и точно нанести их на топооснову.

После составления сводной схемы осуществлялось сопоставление данных, полученных при дешифрировании, с геологическими и геофизическими картами и схемами в целях определения геологической значимости выделенных линеаментов и их роли в формировании структурного плана.

Результатом работ явилась схема геологического строення (рис. 86, см. вкл.), основное содержание которой составляют разломы, выделенные при дешифрировании. Границы распространения отдельных формационных комплексов и массивов интрузивных пород показаны в соответствии с использованными геологическими картами, поскольку сами комплексы не выделяются на телевизионных снимках в силу их низкого разрешения и мелкого масштаба.

Анализ разломной тектоники, выявленной по результатам дешифрирования космических снимков, показывает определенные закономерности распределения крупнейших разломов. Выделяются две основные группы разломов — линейные и кольцевые, которые, в свою очередь, можно подразделить на несколько рангов в зависимости от их выраженности на снимках и роли в формировании главнейших структур региона. При этом основное количество кольцевых разломов установлено в пределах Восточного склона Урала и Зауралья.

## Линейные разломы

По ориентировке разломы группируются в четыре серии, объединяемые в две системы (ортогональную, т. е. широтно-меридиональную, и диагональную — северо-запад — северо-восточную).

По четкости выраженности разломов различной ориентировки Урал делится на четыре части.

В самой северной части, на Приполярном и Полярном Урале (к северу от 64°), преобладают разломы диагональной системы, из них северо-восточные (20—50°), определяющие простирание уральских структур, дешифрируются наиболее уверенно. Характерны волнистые, а иногда и дугообразные очертания разломов. Расстояние между наиболее крупными разломами 165—200 км. Северо-западные разломы имеют ориентировку 320— 330°, а наиболее крупные из них отстоят один от другого на 175—180 км. Из ортогональной системы четко дешифрируются лишь субширотные разломы, имеющие простирание 70—75°. Отдельные фрагменты разломов меридиональной серии дешифрируются в районе Войкаро-Сынинского массива гипербазитов.

Наиболее четко разломы всех серий выражены на Северном Урале (64—58° с. ш.). К серии меридиональных разломов относятся глубинные разломы, ограничивающие как Уральскую систему в целом, так и отдельные структурные зоны. Эти разломы имеют волнистую или гирляндовидную, реже четко прямолинейную форму. Расстояние между наиболее крупными из них 175—200 км. Кроме того, намечается периодичность с шагом 50—75 км. В Зауралье меридиональные разломы выражены на снимках значительно хуже, чем в обнаженной части Урала. Серия поперечных субширотных и восток-северовосточных разломов, так же как и в северной части, имеет простирание 70—90°. Онн объединяются в несколько зон, отстоящих одна от другой на 150—200 км. Внутри этих зон намечается ритмичность II порядка, равная 25—30 км. Некоторые из субширотных разломов имеют трансрегиональный характер и прослеживаются как на Русской плите, так и в Западной Сибири.

Серия разломов северо-западного простирання, как и меридионального, дешифрируется очень четко. Эти разломы, как правило, прямолинейны или слабоволнисты, имеют значительную протяженность. На западе, в Тимано-Печорской области, с крупнейшими из них связано формирование таких положительных структур платформенного чехла, как Печоро-Кожвинский, Колвинский мегавалы и др. В пределах собственно Урала эти разломы ограничивают ряд поперечных поднятий и в значительной степени определяют специфику структурного плана. Расстояние между крупнейшими линеаментами этого простирания 300—320 км. Ритмичность разломов II порядка внутри поперечных блоков 50—75 км. Некоторые из крупных северо-западных разломов в пределах восточного склона и Зауралья дугообразно отклоняются к юго-востоку, приобретая субмеридиональную ориентировку, нередко сочленяясь с разломами меридиональной серии. Разломы собственно северо-восточной серии выражены фрагментарно в пределах осевой зоны Урала и в Зауралье.

На Среднем и в северной части Южного Урала (53—58° с. ш.) наблюдаются отклонения меридиональной серии от присущей им ориентировки и дугообразный изгиб их к востоку, а также нарушение периодичности распределения разломов и их сгущение. Здесь наиболее четко выражены разломы субширотной ориентировки, имеющие слабовыпуклую форму с изгибом к северу в северной части и к югу — в южной. Расстояние между ними 150—200 км. Разломы северо-западной серии делятся на две группы. Наиболее крупные, Результатом работ явилась схема геологического строения (рис. 86, см. вкл.), основное содержание которой составляют разломы, выделенные при дешифрирования. Границы распространения отдельных формационных комплексов и массивов интрузивных пород показаны в соответствии с использованными геологическими картами, поскольку сами комплексы не выделяются на телевизионных снимках в силу их низкого разрешения и мелкого масштаба.

Анализ разломной тектоники, выявленной по результатам дешифрирования космических снимков, показывает определенные закономерности распределения крупнейших разломов. Выделяются две основные группы разломов — линейные и кольцевые, которые, в свою очередь, можно подразделить на несколько рангов в зависимости от их выраженности на снимках и роли в формировании главнейших структур региона. При этом основное количество кольцевых разломов установлено в пределах Восточного склона Урала и Зауралья.

## Линейные разломы

По ориентировке разломы группируются в четыре серии, объединяемые в две системы (ортогональную, т е. широтно-меридиональную, и диагональную — северо-запад — северо-восточную).

По четкости выраженности разломов различной ориентировки Урал делится на четыре части.

В самой северной части, на Приполярном и Полярном Урале (к северу от 64°), преобладают разломы диагональной системы, из них северо-восточные (20—50°), определяющие простирание уральских структур, дешифрируются наиболее уверенно. Характерны волнистые, а иногда и дугообразные очертания разломов. Расстояние между наиболее крупными разломами 165—200 км. Северо-западные разломы имеют ориентировку 320— 330°, а наиболее крупные из них отстоят один от другого на 175—180 км. Из ортогональной системы четко дешифрируются лишь субширотные разломы, имеющие простирание 70—75°. Отдельные фрагменты разломов меридиональной серии дешифрируются в районе Войкаро-Сынинского массива гипербазитов.

Наиболее четко разломы всех серий выражены на Северном Урале (64—58° с. ш.). К серии меридиональных разломов относятся глубинные разломы, ограничивающие как Уральскую систему в целом, так и отдельные структурные зоны. Эти разломы имеют волнистую или гирляндовидную, реже четко прямолинейную форму. Расстояние между наиболее крупными из них 175—200 км. Кроме того, намечается периодичность с шагом 50—75 км. В Зауралье меридиональные разломы выражены на снимках значительно хуже, чем в обнаженной части Урала. Серия поперечных субширотных и восток-северовосточных разломов, так жс как и в северной части, имеет простирание 70—90°. Онн объединяются в несколько зон, отстоящих одна от другой на 150—200 км. Внутри этих зон намечается ритмичность II порядка, равная 25—30 км. Некоторые из субширотных разломов имеют трансрегиональный характер и прослеживаются как на Русской плите, так и в Западной Сибири.

Серия разломов северо-западного простиравня, как и меридионального, дешифрируется очень четко. Эти разломы, как правило, прямолинейны или слабоволнисты, имеют значительную протяженность. На западе, в Тимано-Печорской области, с крупнейшими из них связано формирование таких положительных структур платформенного чехла, как Печоро-Кожвинский, Колвинский мегавалы и др. В пределах собственно Урала эти разломы ограничивают ряд поперечных поднятий и в значительной степени определяют специфику структурного плана. Расстояние между крупнейшими линеаментами этого простирания 300—320 км. Ритмичность разломов II порядка внутри поперечных блоков 50—75 км. Некоторые из крупных северо-западных разломов в пределах восточного склона и Зауралья дугообразно отклоняются к юго-востоку, приобретая субмеридиональную ориентировку, нередко сочленяясь с разломами меридиональной серии. Разломы собственно северо-восточной серии выражены фрагментарно в пределах осевой зоны Урала и в Зауралье.

На Среднем и в северной части Южного Урала (53—58° с. ш.) наблюдаются отклонения меридиональной серии от присущей им ориентировки и дугообразный изгиб их к востоку, а также нарушение периодичности распределения разломов и их сгущение. Здесь наиболее четко выражены разломы субширотной ориентировки, имеющие слабовыпуклую форму с изгибом к северу в северной части и к югу — в южной. Расстояние между ними 150—200 км. Разломы северо-западной серии делятся на две группы. Наиболее крупные, отдешифрированные в южной части рассматриваемого отрезка Урала, имеют то же простирание (320—330°), что и на Северном Урале. Более мелкие разломы, развитые преимущественно только в пределах обнаженной части Урала, имеют простирание 340— 350°, являясь как бы разломами оперения по отношению к дугообразно изогнутым крупным разломам меридиональной серии. Здесь же отдешифрирован ряд разломов северовосточного простирания (30—40°), по своей природе, очевидно, аналогичных разломам северо-западной ориентировки с простиранием 340—350°.

Наконец, в пределах изученной части Южного Урала большинство разломов меридиональной серии имеет слабоволнистые очертания или дугообразно изогнуты к западу. Четкой периодичности в их распределении не наблюдается. Субширотные разломы дешифрируются фрагментарно и, как правило, при движении к западу приобретают северовосточную ориентировку. Собственно северо-восточные разломы выявлены лишь в самой южной части изученной территории в целом. Северо-западные разломы с простиранием 340—350° отдешифрированы в пределах обнаженного Урала. Наиболее крупные из них имеют периодичность около 75 км.

Если проанализировать общий план разломной тектоники, то обращает на себя внимание следующее: 1) наиболее четко дешифрируются крупнейшие меридиональные и северо-западные разломы, причем последние в пределах собственно уральских структур, как правило, дешифрируются как серия сближенных отдельных разломов, иногда несколько смещенных относительно основной линии разлома; 2) разломы субширотной ориентировки в целом выражены неотчетливо, но прослеживаются на значительные расстояния, особенно на Среднем и на севере Южного Урала; 3) наиболее четкую постоянную периодичность имеют крупнейшие разломы северо-западной ориентировки. В дополнение к сказанному о выраженности их в пределах Русской илиты можно отметить, что некоторые из них прослеживаются через всю платформу.

В большинстве своем они соответствуют зонам глубинных разломов, выделенных по геофизическим данным [Огаринов, 1974], и являются морфологическим выражением последних. Разломы II порядка этой серии имеют выдержанную периодичность только в пределах Северного Урала.

#### Поперечные структурные элементы

Средн линейных разломов наиболее интересным объектом являются поперечные по отношению к генеральному, меридиональному, простиранию структурные элементы. Их наличие, как уже отмечалось выше, подтверждается палеотектоническими построениями и геофизическими данными. Однако ни на одной геологической и тектонической карте эти структуры полностью не отражены. Тем не менее, как показывает анализ телевизионных снимков, именно поперечные зоны определяют в значительной степени специфику структурного плана Урала.

Северо-западная зональность. Наиболее четко, особенно на Северном Урале, прослеживаются на снимках зоны северо-западного простирания. Самой северной из отдешифрированных по снимкам является Собская зона разломов, с которой связано поднятие гряды Чернова, а в пределах Центрально-Уральской структурно-фациальной зоны — Собское поперечное поднятие. Далее к востоку эта зона разломов фрагментарно прослеживается в Западной Сибири.

Следующая к югу Усинская зона протягивается от устья р. Адзьвы к юго-востоку. К этому линеаменту приурочен спрямленный отрезок долины р. Усы. Далее он пересекает Уральский хребет в районе верховьев рек Хулга и Мокрая Сынь и протягивается на юговосток, определяя направление долины р. Оби от района г. Игрима до устья Иртыша. И. С. Огаринов [1974] выделяет эту зону по геофизическим данным как Березовскую зону глубинных разломов. В пределах Урала этот линеамент является северной границей Ляпинского антиклинория, в эвгеосинклинальной части — границей Войкарского и Хулгинского синклинория, в эвгеосинклинальной части — границей Войкарского и Хулгинского синклинориев, отличающихся по строению, фациальному составу и мощности отложений, а в пределах Восточно-Уральского поднятия — юго-западной границей жесткого Обского массива. В поле силы тяжести этот линеамент выделяется по изгибу и смещению осей аномалий, по зонам пониженных значений поля. В ряде случаев к этому линеаменту приурочены линейные вытянутые интенсивные положительные магнитные аномалии.

На северо-западном продолжении этого линеамента, в пределах Большеземельской области, расположена зона узких поднятий и прогибов в чехле (Верхняковский вал, Песяковская депрессия, Варандейский вал). Система разломов, ограничивающих эти структуры, является отражением в платформенном чехле разломов фундамента платформенной стадии развития. На снимках эти разломы выявляются как серия протяженных линеаментов.

Печорский линеамент протягивается от г. Печоры на юго-восток, пересекает Урал примерно на широте 64° и далее прослеживается в пределах Западной Сибири по северовосточной окраине Северо-Сосьвинских увалов, по долинам рек Волья, Хулга и Малая Сосьва, где характеризуется волнистой формой, причем изгибы приурочены к кольцевым структурам. В физических полях этот линеамент выделяется по резкому изменению строения и направления зональных аномалий гравитационного поля с северо-западного на северо-восточное. В аномальном магнитном поле он выделяется полосой сгущенных аномалий. Этот линеамент совпадает с разломами, ограничивающими с севера Печорскую гряду и выраженными резким уступом рельефа фундамента. К месту пересечения этим линеаментом структур Урала приуроченно резкое сужение Центрально-Уральского поднятия, выклинивание ряда горизонтов ордовика и силура в пределах зоны западноуральской складчатости. В погребенной части Урала Печорский линеамент также хорошо выражен в рельефе палеозойского фундамента. Юго-восточное его окончание совпадает с уступом, обращенным в сторону Западно-Сибирской низменности.

Подчеремский линеамент выражен на снимках менее отчетливо и преимущественно только в пределах западного склона. Он прослеживается по долине р. Подчерье на западном склоне и по долине р. Нейс на восточном. В пределах осевой зоны Урала этот линеамент разделяет горные массивы Тельпос-из и Кожим-из. В структурном отношении Подчеремский линеамент ограничивает с севера Тиманское поднятие. К месту пересечения линеамента с Центрально-Уральским поднятием приурочен Маньхамбинский массив гранитоидов. На продолжении линеамента в Большеземельской области располагается ряд разломов, связанных с южным ограничением Печорской гряды. В чехле Западно-Сибирской плиты к этому линеаменту приурочены южное окончание Маньинского вала и ряд локальных структур.

Печорский и Подчеремский линеаменты в целом являются отражением на поверхности Печорской зоны глубинных разломов [Огаринов, 1974].

Следующий к югу Северо-Сосьвинско-Кондинский крупный поперечный линеамент северо-западного простирания особенно четко выражен на снимках в пределах Западной Сибири, являясь границей различных ландшафтных зон. В Предуралье он трассируется на местности ориентированными в северо-западном направлении грядами южного окончания возвышенности Ыджид-Парма, поперечными долинами в осевой зоне Урала в районе верховьев Печоры, Малой и Северной Сосьвы. В пределах Западной Сибири этот линеамент является южной границей Северо-Сосьвинской возвышенности, к нему же приурочен прямолинейный отрезок северо-западного простирания верховьев р. Конды. К месту пересечения этим линеаментом осевой зоны Урала приурочено незначительное сужение структур Центрально-Уральского поднятия. В Зауралье с ним связан уступ рельефа фундамента, ограничивающий с севера Палымский выступ и Туринскую моноклиналь, а также ряд локальных структур чехла.

Южнее выделяется серия северо-западных линеаментов, различно выраженных на снимках, более четко — в осевой зоне Урала и в Зауралье. С ними связаны отдельные ундуляции шарниров структур меридионального направления, в результате чего происходит выклинивание ряда формационных зон и небольших структур. Частично фрагменты этих линеаментов совпадают с ранее закартированными разломами.

Эта зона линеаментов очень четко выражена в магнитном поле, являясь границей различных типов полей. К северу от нее более четко выражена меридиональная ориентировка линейных аномалий, к югу — широко развиты изометричные в плане аномалии. Наиболее протяженным и важнейшим по значению в формировании структурного плана является северный из рассматриваемых линеаментов — Северо-Тимано-Кондинский. Он прослеживается от побережья Карского моря через верховья р. Печоры и вдоль р. Конды в Западной Сибири. В современной структуре Большеземельской области он служит северной границей Тиманского кряжа как орографической единицы. В пределах Урала этот линеамент трассируется по поперечным долинам. В Западной Сибири он выражен в рельефе фундамента и хорошо согласуется с формой, направлением и интенсивностью аномалий магнитного поля.

Полюдово-Верхотуринский линеамент отчетливо трассируется по элементам рельефа и гидросети как в пределах Урала, так и в прилегающих регионах, являясь границей Среднего и Северного Урала. В структуре Урала он является юго-восточным ограничением поднятия Полюдова кряжа. В пределах осевой зоны проявляется по изменению фациального состава и мощности палеозойских отложений. Полюдово-Верхнетуринский линеамент соответствует Серовской зоне глубинных разломов, выделяемой И. С. Огариновым [1974]. По геофизическим данным, эта зона протягивается далеко за пределы Урала, до Кольского полуострова на западе, и прослеживается в Западной Сибири. Она выделяется по характеру зональных аномалий поля сялы тяжести и отображается полосой сгущенных изоаномал между повышенными на юге и пониженными на севере значениями поля, а также по смене меридионального направления осей геомагнитного поля северо-западным, по полосе сгущенных изолиний поля и по четким линейно вытянутым аномалиям большой интенсивности северо-западного простирания. Эта зона в пределах Урала является непосредственным продолжением Западно-Тиманского шва. В Западно-Уральской зоне Полюдово-Верхотуринский линеамент проявляется в виде поперечного поднятия Полюдова кряжа. В пределах Восточно-Уральского поднятия он разделяет Верхотуринский гнейсо-мигматитовый купол.

Наиболее значительным поперечным линеаментом в пределах Южного Урала является зона разломов, пересекающая Урал примерно по линии Юрюзань— Тронцк— Кустанай. Она является юго-восточным окончанием одного из крупнейших линеаментов Европейской части СССР, протягивающихся от Кандалакшского залива через всю Русскую плиту (Златоустовская зона глубинных разломов по И. С. Огаринову [1974]).

Широтная зональность. Наличие широтных зон, пересекающих уральские структуры, известно давно [Шатский, 1948; Червяковский и др., 1966; О. А. Кондиайн, А. Г. Кондиайн, 1971]. Результаты дешифрирования космических снимков полностью подтвердили данные предыдущих исследований и позволили уточнить положение широтных структурных элементов. Наиболее четко на снимках дешифрируются субширотные структуры (простирание 90° или 70—80°) на Среднем и Северном Урале. Характерной особенностью является фрагментарность выраженности разломов этого простирания, т. е. дешифрируются сближенные отрезки, которые можно соединить в одну линию. Лишь некоторые разломы трассируются на большое расстояние.

На Приполярном Урале наиболее значительным является субширотный линеамент, протягивающийся от устья р. Большая Вяткина (правый приток р. Печоры между г. Печорой и пос. Усть-Уса) через верховья рек Большая Инта, Харута и подходящий к Оби в районе оз. Шурышкинский Сор. Этот линеамент ограничивает с севера Ляпинскую кольцевую структуру, а с юга гипербазитовый Войкаро-Сынинский массив. Некоторые его фрагменты совпадают с уже закартированными разломами. Южнее выделяется серия сближенных линеаментов, прослеживающихся примерно от устья р. Щугор через верховья рек Большой и Малый Патак к северу от долины р. Хулги по подножию гор, субширотному отрезку долины р. Сыни (приток Оби) и далее на восток вдоль р. Куповат. Этот линеамент ограничивает с юга Ляпинскую кольцевую структуру. Эти два линеамента (назовем их Интинским и Патоко-Хулгинским) как бы определяют начальный изгиб уральских структур с меридионального на северо-восточной. При двяжении на запад они отклоняются к юго-западу.

Следующая к югу группа субширотных разломов выделяется на Северном Урале в верховьях рек Илыч и Печора на западном склоне и рек Няйс и Северная Сосьва на восточном. В палеозойской структуре Западной и Центральной зон Урала эти разломы не находят четкого выражения. В Восточной структурной зоне они ограничивают с юга Урало-Обскую кольцевую структуру, фрагментарно совпадая с закартированными разломами фундамента Западно-Сибирской плиты. Более определенное влияние эти разломы оказывают на новейшую структуру Урала. Именно с ними связано смещение водораздельной оси орографически выраженного Урала.

Очень крупный линеамент дешифрируется в южной части Северного Урала. Он четко прослеживается примерно от Красновишерска через Ивдель и далее на восток по южному окончанию Северо-Сосьвинской возвышенности. В отличие от описанных этот линеамент имеет более северо-восточную ориентировку (60—70°). Он совпадает в целом с выделенным по геолого-геофизическим данным Исовским широтным разломом [Червяковский и др., 1966] и играет существенную роль в формирования общей структуры Урала, являясь северной границей Кваркушинского антиклинория. В месте пересечения им Западно-Уральской зоны наблюдается выклинивание нижней терригенной части второго структурного комплекса. С этим линеаментом связано смещение осей структур Центрально-Уральского поднятия, а в Зауралье — расширение Тагило-Магнитогорского прогиба. На снимках зона описываемого линеамента выражается несколько осветленным тоном. Этот линеамент фрагментарно находит отражение в рельефе фундамента и в магнитных полях. На границе Северного и Среднего Урала от г. Перми на западе через Красноуральск и далее далеко на восток, в пределы Западной Сибири, выделяется серия протяженных, четко выраженных на снимках линеаментов. При дещифрировании снимков Русской плиты эти линеаменты также четко прослеживаются на огромное расстояние. Эта серия объединяет Нижнетагильскую, Верхнесалдинскую и Кушвинско-Благодатскую поперечные структуры [Червяковский и др., 1966]. Большая часть линеаментов, отдещифрированных на снимках, пространственно совпадает с разломами фундамента, установлечныя на снимках, пространственно совпадает с разломами фундамента, установлечныя по геолого-геофизическим данным [Геология СССР, 1964]. К месту пересечения этими линеаментами западноуральских структур приурочено изменение простирания последних с меридионального на северо-западное. В Зауралье эти линеаменты частично совпадают с разломами фундамента, выделенными по геофизическим данным [Геологическое..., 1971]. В новейшей структуре описываемая зона линеаментов является кожной границей Северного Урала.

Следующий к югу выделенный при дешифрировании линеамент совпадает со Свердловской широтной зоной [Червяковский и др., 1966]. В Приуралье этот линеамент является северной границей Башкирского массива. В пределах Западно-Уральской зоны он устанавливается по субширотно ориентированным гравитационным и магнитным аномалиям.

Самым южным из отдешифрированных линеаментов является Башкирский. Он дугообразно изогнут к югу и протягивается от г. Аши на западе до Челябинска на востоке, пересекая северную часть Башкирского антиклинория. В районе г. Чебаркуль к нему приурочен ряд гранитоидных массивов. Здесь же он ограничивает с юга Ильменскую антиклиналь.

Изложенные выше данные о системах разрывных нарушений, их роли в формировании налеозойского и новейшего структурного плана позволяют сделать некоторые выводы о возрасте разломов различной ориентировки.

Большинство исследователей рассматривают систему широтных разломов как наиболее древнюю. Очевидно, это справедливо для тех разломов, которые прослеживаются в пределах Русской плиты и играют существенную роль в формировании как структурного плана платформы, так и герцинского структурного плана Урала. Из описанных выше это (с севера на юг) Интинский, Патоко-Хулгинский, Красновищерско-Ивдельский, Пермско-Красноуральский, Свердловский и Челябинский разломы. Мелкие широтные структурные элементы, как отмечают О. А. Кондиайн и А. Г. Кондиайн [1971], могли возникнуть на поздних стадиях развития Уральской геосицклинали.

Группа северо-западных разломов также имеет древнее заложение. С ними связано формирование тиманских структур. Эти разломы играют наиболее существенную роль в формировании поперсчной зональности Уральской геосинклинали.

При сравнении системы поперечных линеаментов со схемой поперечной зональности, составленной О. А. Кондиайн и А. Г. Кондиайн [1971] для палеозойского этапа развития Уральской меридиональности геосинклинали, обнаруживается поразительное совпадение границ зон с наиболее протяженными линеаментами, отдешифрированными на снимках. Это свидетельствует об исключительной консервативности поперечных структурных элементов, заложившихся до образования Уральской геосинклинали, которые определяли формирование структур в палеозое и активно живут в новейший этап, на что указывает отражение в ландшафтах как границ этих зон, так и самих зон. При этом тектоника играла не только активную, но и пассивную роль в создании рельефа. Древние тектонические швы, не активизировавшиеся в тектонический этап, зоны трещиноватости и кливажа оказывали влияние на развитие гидроссти в ходе денудационных процессов на Урале [Калецкая и др., 1974].

На космических изображениях горной части Урала можно выделить четыре зоны (с севера на юг). Для северной (до 64° с. ш.) характерен однородный рисунок рельефа в пределах осевой зоны и относительно ровный гомогенный рисунок прилегающих к Уралу частей низменности. Характерно широкое развитие здесь крупных и мелких кольцевых структур.

Вторая зона охватывает весь Северный Урал до массива горы Тельпос-из (в верховьях р. Щугор). На фотоизображении, помимо меридиональных, очень четко выражены северо-западные и субширотные направления. В пределах осевой зоны Урала рельеф сильно расчленен.

Третья зона, охватывающая весь Средний Урал, отличается слабой выраженностью меридиональных структурных элементов и широким развитием субширотных, дугообразных и кольцевых элементов. Особенности рельефа на снимках выражены очень слабо. Самая южная зона соответствует северной части Южного Урала. Здесь четко выражен полосчатый рисунок, отражающий простирание основных структур Башкирского аптиклинория.

При сравнении расчленения Урала на снимках и палеотектонических схемах О. А. Кондиайн и А. Г. Конднайн [1971, 1974] выясняется следующее. Северная зона соответствует выделяемому этими исследователями Тобольско-Большеземельскому массиву, существовавшему до заложения Уральской геосинклинали. Вторая зона охватывает область развития тиманской ветви байкалид, протягивающихся через весь Урал и продолжающихся в Западную Сибирь. Третья зона совпадает с выступом Русской влиты. Южная зона располагается в области распространения башкирской ветви байкалид.

Если принять эту схему, становятся понятными и особенности рисунка изображения, отражающего новейшую структуру региона, представляющую собой интегрированную картину, в которой запечатлена сложная длительная история развития Урала. Более стабильные жесткие участки субстрата (Тобольско-Большеземельский массив, выступ Русской плиты) в течение всех тектонических эпох развития Урала меньше подвергались переработке, и на снимках в какой-то степени проявляется внутренияя структура этих участков фундамента Уральской геосинклинали. Четкая северо-западная зональность Тиманского участка говорит о том, что структурные зоны Тиманской геосинклинали, ограниченные долгоживущими разломами, являлись гетерогенными блоками, которые характеризовались дифференцированными движениями в течение длительного времени и продолжают движение и в новейшее время, определяя особенности распределения ландшафтных зон.

Указанное деление Урала на четыре части соответствует блоковому строению земной коры, устанавливаемому по геофизическим данным [Червяковский и др., 1966]. Стабильные участки (Северная и Среднеуральская зоны) соответствуют блокам с увеличенной мощностью земной коры (до 45 км). Тиманский и Башкирский участки характеризуются несколько пониженной мощностью (около 40 км). Новейшие движения, подчиняясь в общем структурному плану, сформировавшемуся еще до заложения Уральской геосинклинали, имеют интенсивность, различную для отдельных блоков. Максимальная интенсивность характериа для Северного блока. В его пределах сформировался альпинотипный рельеф с максимальными абсолютными высотами рельефа (1600—1800 м). Тиманский блок характеризуется умеренной интенсивность новейших движений, Башкирский блок — слабой. Минимальная интенсивность новейших движений присуща Свердловскому (Среднеуральскому) блоку.

# Кольцевые структуры

Своеобразными структурными элементами Урала являются кольцевые структуры большого диаметра. Их широкое развитие было установлено при дешифрировании снимков и последующем анализе геолого-геофизических материалов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976]. При этом наметилось несколько типов структур. Структуры первого типа связаны с древнейщими структурами фундамента Русской плиты. Они в значительной степени определили изгибы уральских структур на Полярном и Среднем Урале. Наиболее крупной из них является Уфимская 1. Очень хорошо в виде сплошной темной дугообразной линии виден разлом, ограничивающий этот блок с востока. Он пересекает все структурные зоны Урала, на отдельных участках в районе Свердловска совпадая с дугообразными отрезками Главного Уральского глубинного разлома. Западное ограничение описываемой кольцевой структуры дешифрируется значительно хуже. В фундаменте Русской плиты к ней приурочен архейско-раннепротерозойский Башкирский массив. В пределах Урала с ее дугообразным ограничением совпадает полоса среднепротерозойских, наиболее древних для Урала геосинклинальных отложений, что свидетельствует о древности заложения разлома. Контур Уфимской кольцевой структуры отмечается дугообразным расположением магнитных аномалий, в его пределах наблюдается повышенное гравитационное поле. Движения этого блока фундамента оказывали влияние на формирование структурного плана Урала на протяжении всего фанерозоя. Более того, эти движения продолжаются и в настоящее время, на что указы-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> В предыдущей работе [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976] эта структура названа Свердловской. Повторное дешифрирование, перенос результатов на топооснову с помощью УТП-3 и сопоставление с последними геологическими и геофизическими картами позволили более точно установить ее границы и внутреннее строение.

вает повышенная сейсмичность Среднего Урала. Зоны эпицентров наиболее сильных землетрясений (5—6 баллов) пространственно приурочены к контуру рассматриваемой структуры.

Крупная кольцевая структура выделяется также в районе сочленения Урала и Тимана (Вятско-Сыктывкарская). С запада она срезана субмеридиональным разломом. В пределах этой структуры дешифрируется серия концентрических разломов. В фундаменте Русской плиты ей соответствует Камский массив, по возрасту и составу аналогичный Башкирскому. Таким образом, Вятско-Сыктывкарская структура также может рассматриваться как структура первого типа.

В пределах Южного Тимана и в районе р. Печоры вырисовываются две небольщие кольцевые структуры. Это куполообразные поднятия в чехле, связанные с выступами в рельефе фундамента. Разломы, ограничивающие эти структуры, возникли в платформенный этап.

Интересными структурами Центрально-Уральского поднятия являются расположенный на Приполярном Урале Ляпинский антиклинорий и выступающий в его пределах Хобеизский массив со складчатым основанием допротерозойского возраста. Характерная особенность внутренней структуры этого массива — куполовидное концентрически-зональное строение. Простирание структур фундамента массива подчеркивается дугообразным расположением мелких тел гранитоидов и системой кольцевых и дугообразных разломов. Залегающие на массиве верхнепротерозойские и нижнепалеозойские отложения имеют очень пологие углы падения и незначительную мощность. По мере удаления от массива их мощность и степень дислоцированности возрастают.

Хобеизский массив расположен в центральной части крупной Ляпинской кольцевой структуры, отчетливо дешифрирующейся на снимках. В магнитном поле эта структура выделяется ровным отрицательным полем с кольцевым расположением осей локальных аномалий, связанных с интрузивными телами и кольцевыми разломами. В пределах Ляпинской кольцевой структуры (на ее периферии в бассейне р. Балбан-ю восточной) выделяется небольшая кольцевая структура, связанная, очевидно, с невскрытым гранитоидным массивом. По периферии этой структуры II порядка местами выходят терригенные отложения ордовика, обрамляющие локальное поднятие.

Природу Ляпинской кольцевой структуры можно объяснить наличием на глубине овального блока древних пород, частью которого является выведенный на поверхность Хобеизский массив. Этот блок в период развития Уральской геосинклинали служил срединным массивом, к овальным ограничениям которого приспосабливались как разломы, разграничивающие отдельные структурные зоны Урала, так и структуры герцинид.

Больший интерес представляют структуры, развитые в пределах Восточно-Уральского поднятия. Самой северной из них является крупная Урало-Обская структура<sup>1</sup>. Она несколько вытянута в северо-восточном направлении и по длинной оси достигает в поперечнике 500 км. По тону изображения дешифрируется внешнее, более светлое кольцо и внутреннее, характеризующееся темным тоном. Внутри этой крупной структуры и на ее периферии выделяется несколько мелких кольцевых структур, причем наибольшее количество их сосредоточено в центральной части Урало-Обской структуры. Здесь широко развиты нижне- и среднепалеозойские эффузивы, образующие структуры, которые облекают блоки, сложенные амфиболитами, сланцами и гнейсами. В пределах выделенной по снимкам Урало-Обской кольцевой структуры установлено большое количество гранитоидов различного возраста (от позднепротерозойских до позднепалеозойских). Основная масса их относится к гранитовой формации [Погорелов, 1971]. При сравнении схемы распространения массивов гранитоидов с выделенными мелкими кольцевыми структурами устанавливается закономерная приуроченность наиболее крупных массивов к центрам кольцевых структур II порядка. Более мелкие массивы обычно располагаются по периферии, нередко ориентируясь по кольцевым ограничениям структур. Кольцевые разломы, ограничивающие Урало-Обскую структуру, а также пересекающие ее прямолинейные разломы находят отражение в магнитном поле. Часть кольцевых разломов трассируется интенсивными дугообразными аномалиями. Наиболее четко выделяются пересекающие структуру субширотные разломы по изгибам изоаномал напряженности магнитного поля в широтном направлении, по смещению осей аномалий; иногда они сопровождаются небольшими интенсивными положительными аномалиями. По тем же признакам, но с разной степенью выраженности в магнитном поле выявля-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Название более правильное, чем Полярно-Уральская (Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976), по ее географическому положению между Уралом и р. Обью.

ются разломы и других направлений. Урало-Обская структура находит также отражение в рельефе палеозойского фундамента Северо-Западной Сибири. Ей соответствует выступ, южная граница которого проходит вдоль долины р. Северной Сосьвы и далее — вдоль субширотного отрезка р. Оби. К этой границе приурочены гипербазиты. К югу от нее резко сужается полоса вулканогенных отложений силура — нижнего девона.

В осадочном чехле Урало-Обской структуре соответствуют средняя и северная части Северо-Сосьвинского свода, причем кольцевым структурам II порядка соответствуют и платформенные структуры более высоких порядков. Часть из них также совпадает пространственно с массивами гранитоидов в фундаменте. В современном рельефе кольцевые структуры II порядка выражены локальными поднятиями и по ним дешифрируются на снимках.

Расположенная южнее небольшая Северо-Сосьвинская кольцевая структура, как бы объединяющая несколько более мелких кольцевых структур, к центру которых тяготеют гранитоидные массивы, соответствует локальному выступу фундамента. Вокруг гранитов развиты нижнепалеозойские (возможно, более древние) отложения. Таким образом, это в целом антиклинальное поднятие.

В отложениях чехла Северо-Сосьвинской структуре соответствует южная часть Северо-Сосьвинской гряды. Ограничивающий эту гряду с юга уступ линеамента разделяет области с разным рисунком изображения.

К югу от этого линеамента также отдешифрировано несколько крупных кольцевых структур. Наиболее четко на снимке выделяется крупная Верхотурская <sup>1</sup> кольцевая структура бассейнов рек Сосьвы и Лозьвы. Если исходить из существующей схемы тектонического районирования [Геология СССР, 1969, т 12], то в пределы этой структуры попадают южная часть Сартыньинского мегантиклинория, Тальминский седловинный мегасинклинорий, Верхотурский и Сосьвинский антиклинории. Своими краевыми частями кольцевая структура захватывает участок Восточно-Уральского прогиба. Основную роль в строении этой структуры играют крупные массивы гранитондов варисцийской гранитовой формации (Верхотурский и др.).

Породы, вмещающие гранитоидные интрузии, представлены преимущественно парасланцами и гнейсами ордовикско-раннесилурийского и более древнего возраста. Западная граница Верхотурской структуры совпадает с серией глубинных разломов, иногда несколько дугообразных, ограничивающих с востока Тагило-Магнитогорский прогиб. Ширина последнего в этом месте сокращается, а выполняющие его отложения надвинуты на структуры Центрально-Уральского поднятия. Структуры Восточно-Уральского прогиба также облекают Верхотурскую структуру согласно ее кольцевым ограничениям. Таким образом, Верхотурская кольцевая структура имеет древнее заложение, и при развитии Уральской геосинклинали разломы, ограничивавшие ее, влияли как на простирание вновь возникавших линейных структур, так и на распределение формаций.

Расположенная южнее небольшая кольцевая структура соответствует Салдинскому гранито-гнейсовому куполу. Далее к югу в районе Свердловска четко выделяется вторая крупная кольцевая структура — Свердловская, которая включает Верхисетский антиклинорий, Сосьвинско-Коневский антиклинорий, Сысертско-Ильменогорский антиклинорий и разделяющие их синклинорные структуры. При этом Сысертско-Ильменогорский гранито-гнейсовый купол, так же как и Салдинский, представляет собой структуру П порядка по отношению к более крупным структурам. Как и в случае с Верхотурской кольцевой структурой, в пределах Свердловской наибольшее распространение имеют гранитоиды — крупные Верхисетский, Адуйский и Мурзинский массивы, а также большое количество мелких гранитоидных тел. При этом крупные гранитоидные массивы при общем меридиональном простирании несколько дугообразно изогнуты согласно кольцевым ограничениям Свердловской структуры. В целом строение крупных массивов концентрически-зональное: по периферии развиты гранитоиды повышенной основности — гранодиориты и кварцевые диориты, образовавшиеся в результате контаминации гранитной магмы освовными породами кровли. В центральных частях массивов развиты преимущественно нормальные граниты. Вмещающими породами являются в различной степени измененные эффузивы, парасланцы, гнейсы, дислоцированные как в линейные, так и брахиформные складки.

Непосредственно к югу от Свердловской кольцевой структуры выделяется неболь-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Название более правильное, чем Салдинская [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976], поскольку собственно Салдинский купол расположен южнее и выделяется как самостоятельная структура.

шая кольцевая структура, основную часть которой занимает Челябинский массив позднепалеозойских гранитоидов, располагающийся среди кристаллических сланцев, гнейсов и эффузивов нижнего палеозоя и силура.

Крайней южной является крупная кольцевая структура, фрагментарно выявляемая по снимкам. Она охватывает южную часть Челябинско-Суундукского мегантиклинория, в пределах которого, так же как и в описанных структурах, основное место занимают гранитоиды.

В связи с выделением крупных кольцевых структур в пределах эвгеосинклинальной зоны Урала возникает вопрос об их природе и о связи с линейно ориентированными поясами гранитоидов и с линейной же ориентировкой большинства гранитных массивов. При анализе физических полей [Ананьева и др., 1971] установлено, что крупные антиклинорные зоны, в ядрах которых выходят массивы нормальных гранитов гранитовой формации (а именно они развиты в пределах описанных кольцевых структур), характеризуются интенсивными минимумами силы тяжести и обычно пониженным магнитным полем.

Как уже отмечалось, массивы гранитоидов своими корнями связаны с сиалическим слоем земной коры. Большинство исследователей [Калецкая и др., 1974; Камалетдинов, 1974; Кейльман, 1974; Осолодков и др., 1975] указывают на увеличение мощности «гранитного» слоя под антиклинальными поднятиями Восточной структурной зоны, которые, как показано выше, объединяются в единый ряд крупных кольцевых структур. Поверхность Конрада также испытывает в этом районе плавное прогибание [Кейльман, 1974], что приводит к существенному увеличению суммарной мощности всего гранитнометаморфического слоя, включая гранито-гнейсовый и «переходный» (гранулитовый) слои. К областям существенного увеличения мощности гранито-гнейсового слоя тяготеют выявленные по сейсмическим данным зоны, падающие на запад под углом 40—50°. Эти зоны прослеживаются на всю мошность земной коры и уходят в верхнюю мантию [Камалетдинов, 1974]. В них основные субгоризонтальные границы раздела земной коры теряют выразительность. Это позволяет предположить, что указанные наклонные зоны представляют собой участки повышенной проницаемости, обусловившие поступление энергетического потока в верхние части земной коры, что привело к развитию процессов ультраметаморфизма, гранитизации [Камалетдинов, 1974] и к возникновению аномалий геотермического градиента. Этому способствует также концентрация в пределах кольцевых структур гранитоидных материалов, обогащенных радиоактивными элементами [Ежов, 1968]. При сравнении схем распределения таких аномалий и кольцевых структур [Стрельников, 1979] отмечается совпадение зон наибольших значений геотермического градиента с Верхотурской структурой. Повышенные значения градиентов приурочены и к Урало-Обской структуре.

Учитывая данные по строению ряда структур фанерозойского гранитообразования, можно сформулировать основные признаки последних.

1. Характерен концентрически-зональный рисунок, связанный с системой кольцевых разломов, дешифрирующихся по космическим снимкам.

2. Овальные структуры располагаются в пределах эвгеосинклинальной зоны, в районах преимущественно геоантиклинального развития.

3. Отмечается наложение кольцевых разломов на линейную структуру геосинклиналей.

4. В пределах овальных структур этого типа находится максимальное количество гранитоидных массивов, морфология которых зависит от глубины эрозионного среза. В условиях мощных толщ геосинклинальных осадков на поверхности наблюдаются перемещенные гранитные массивы, форма которых приспосабливается в основном к линейным магмоконтролирующим разломам.

5. Поскольку ядерные части этих структур являются эпицентрами гранитообразования, в глубинных разрезах им отвечают участки увеличения мощности «гранитного» слоя чечевицеобразной формы и соответственное погружение других границ слоев Земли.

6. Утолщение «гранитного» слоя приводит к значительным минимумам силы тяжести. Овальные в плане гравитационные аномални наблюдаются на картах региональных гравиметрических полей, освобожденных от гравитационного влияния поверхностных структур.

7. Сосредоточение большой массы гранитоидного материала, обогащенного радиоактивными элементами, приводит к созданию повышенного геотермического градиента в пределах кольцевых структур данного типа.

Формирование структур подобного типа происходит, очевидно, на средней стадии

геосинклинального развития фанерозойских складчатых областей, которая отличается мощным процессом гранитообразования [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976]. Масштабы проявления этого процесса зависят, по-видимому, от размеров геосинклинальных прогибов и мощности накопленных осадков, подвергающихся гранитизации.

Можно с достаточным основанием предполагать определенную общность структурных особенностей областей фанерозойского гранитообразования и древних докембрийских зон ультраметаморфизма. Условия гомогенизации исходных осадков, формирование однородных пластично-вязких масс приводят к общей изотропности крупных блоков, что является предпосылкой для формирования кольцевых структур, отмечающих эпицентры гранитизации. Формирование гранитоидного расплава вызывает увеличение объема, причем огромные масштабы этого процесса должны сопровождаться общим сводовым воздыманием вышележащих толщ. Внедрение ворций гранитоидов и формирование перемещенных интрузий, использующих ослабленные зоны и открытые полости в перекрывающих толщах, могут лишь частично компенсировать разность объемов. Основная разрядка происходит за счет сводообразования, в ходе которого формируется система кольцевых разломов, отвечающая положению на глубине гомогенных блоков, сложенных гранитизированными породами.

Увеличение объема при гранитообразовании может реализоваться не только вверх, но и в стороны, вызывая соответствующие изгибы вмещающих толщ и даже надвиговые движения.

Таким образом, кольцевые структуры этого типа являются отражением на уровне современного эрозионного среза глубоко залегающих областей гранитообразования, имеющих в целом изометричную форму. Отдешифрированные на снимках кольцевые разломы, ограничивающие рассматриваемые структуры, соответствуют границам гомогенизированных блоков, возникших в процессе гранитизации отдельных участков земной коры. Картируемые на поверхности массивы гранитов, располагающиеся в пределах кольцевых структур, представляют собой тела воронкообразной формы [Беллавин, 1971]. Они сформировались в наиболее ослабленных, ориентированных параллельно генеральному простиранию структур зонах за счет выжатой из центров гранитизации магмы, образовавшейся в результате переработки пород кристаллического фундамента сквозьмагматическими растворами

В процессе.гранитизации происходит изменение состояния вещества и его физических свойств, что приводит к нарушению сплошности пород вследствие различной реакции на существующие тектонические напряжения блоков гранитизированных и негранитизированных пород. Как указывает Ф. А. Летников [1975], прогрессивное развитие гранитизации, идущей с приращением объема, возможно лишь при снятии направленного давления. При этом создаются условия для равномерного развития процессов гранитизации во все стороны от какого-либо центра. Этим объясняется овально-кольцевое строение блоков пород, подвергшихся гранитизации. Возникшие при этом кольцевые разломы — элементы консервативные, поскольку являются поверхностями, на которых сплошность масс горных пород прерывается, т. е. разрывами в точном физическом смысле слова. При последующих тектонических процессах они влияют на пространственное распределение вновь возникающих структур и на состав слагающих их отложений.

Глава 16

# ЛИНЕАМЕНТЫ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

Территория Туранской плиты одной из первых в СССР попала в зону космических съемок. Поэтому работы по геологической интерпретации космических снимков Туранской плиты — одни из первых в отечественной науке [Артамонов и др., 1971, 1977; Исследования..., 1972; Богородский и др., 1973; Скарятин, 1973; Трифонов и др., 1973; Флоренский, 1973; Абросимов и др., 1974; Шульц, 1974; Богородский, Соловьева, 1976; и др.]. Именно для Туранской плиты впервые поставлена и в принципе решена проблема связи изображений платформенных территорий из космоса с их глубинным строением [Трифонов и др., 1973; Флоренский, 1973; Макаров и др., 1974; Геологическое..., 1978]. В указанных и ряде других публикаций рассматривались неоднократно и линеаменты этой области.

Задача настоящей главы — исследование закономерностей распределения линеаментов на Туранской плите по простиранию, по расстоянию между линеаментами одного простирания и непосредственно по территории. В основу работы положены две идеи: первая — о перекрестно-структурном плане элементов плиты [Макаров, Соловьева, 1976], вторая — о дискретности размеров структурных элементов [Пиотровский, 1964; Флоренский и др., 1969].

Помимо линеаментов, соответствующих известным разломам, на космических изображениях выделяется значительное число линеаментов, отсутствующих на геологических и тектонических картах. Это особенно характерно для платформенных областей, плотность линеаментов на которых не ниже таковой в складчатых областях. Это справедливо и по отношению к Туранской плите, даже к такой ее однородной территории, как плато Устюрт. Сейчас можно считать доказанным, что практически все линеаменты соответствуют разрывным нарушениям: с одной стороны, это общеизвестные нарушения со значительными смещениями или градиентами мощностей, которые обычно и картируются как разломы, а с другой — нарушения без заметных смещений, которым соответствуют лишь зоны трещиноватости и по которым происходят разнонаправленные, комленсирующиеся по знаку движения.

Так как задача была поставлена региональная, то и в обработку были вовлечены материалы мелкого масштаба — 1:7 500 000—1:2 500 000 (телевизионные изображения, переданные со спутников серии «Метеор»), для отдельных участков — более детальные изображения, использованы также визуальные наблюдения космонавтов.

Выделено более 300 линеаментов (рис. 87); схема их распределения и подверглась дальнейшей обработке. На первый взгляд она представляется как беспорядочное нагромождение линий, однако даже первичный их анализ по простиранию показывает, что они тяготеют к закономерным, устойчивым для данной территории восьми направлениям (рис. 88), образуют четыре пары сопряженных систем линеаментов, пересекающихся под прямыми углами: меридиональные и широтные, запад-северо-западные и северосеверо-восточные, северо-западные и северо-восточные, а также северо-северо-западные и восток-северо-восточные. Из этих направлений лишь линеаменты запад-северо-западные ные и меридиональные проходят через всю плиту, пересекая разнородные структурные элементы. Они, несомненно, являются трансрегиональными, а возможно, и планетарными.

Анализ распределення линеаментов проводился по восьми отдельным схемам, на каждой из которых показаны линеаменты одного или близких простираний (рис. 89). На таких схемах особенно хорошо видны различия в распределении линеаментов на разных блоках. При этом заметна повторяемость через равные расстояния региональных наиболее выраженных и наиболее протяженных линеаментов, между которыми сформировались второстепенные линеаменты и также — через постоянные промежутки. Это натолкнуло на мысль о постоянстве расстояний между разломами, т. е. о постоянстве размеров разделяемых ими блоков земной коры. Для того чтобы оценить это расстояние, на схему накладывалась сетка с параллельными линиями, проведенными через равные расстояния, которая ориентировалась перпендикулярно линеаментам, и измерялись все расстояния по линиям от одного линеамента до другого. После этого строились графики распределения расстояний между линеаментами, или, иными словами, графики распределения блоков по ширине. Такие графики построены как для всей Туранской плиты в целом по мелкомасштабным изображениям, так и для района Каракумского свода по среднемасштабным снимкам (рис. 90).

Для решения подобных задач проводились специальные исследования и раньше; в результате их установлена неравномерность распределения по размерам тектонических структур Земля [Пиотровский, 1964], кольцевых структур Луны [Флоренский и др., 1969] и разломов по их длине. В этих работах показано, что структуры по величине распределяются по логарифмическому закону: чем они больше, тем их меньше. Но на фоне этого наблюдаются отклонения, отражающие существование предпочтительных размеров, которые связаны с законами геометрической прогрессии и показатель (коэффициент) которых  $\pi^n$  или ( $\sqrt{2}$ )<sup>n</sup>. Подобное распределение свидетельствует о волновой природе тектонического процесса.

Статистическая обработка замеров расстояний между линеаментами по каждой из восьми выделенных по ориентировке групп показала существование предпочтительных размеров, единых для всех систем линеаментов, хотя разные размеры и проявляются с разной степенью устойчивости. На мелкомасштабных снимках наиболее уверенно выделились блоки шириной 50, 100, 200 и 400 км, а на среднемасштабных — 12, 25, 50 и 100 км. В целом можно наметить иерархическую схему ширины блоков: 6, 12, 25, 50, 100, 200, 400 км.



*Рис. 87.* Линеаменты Туранской плиты, отдешифрированные на мелкомасштабных космических изображениях со спутников серии «Метеор»

1, 2 — линеаменты: 1 — секущие структуры I и более высоких порядков, 2 — не выходящие за пределы структурных элементов I порядка

Запад-северо-западное направление свойственно главнейшим структурным направлениям Туранской плиты — мангышлакскому и колетдатскому, которые и определяют схему распределения тектонических структур. Самая главная из этих структур протягивается через Мангышлак, Центральный Устюрт, Султануиздаг до Тянь-Шаня на востоке, а через кряж Карпинского до Донбасса на западе. Копетдагская зона, ограничивающая с юга Туранскую плиту, является частью Средиземноморского альпийского пояса; впрочем, запад-северо-западное простирание свойственно лишь западной части Колетдага, так как восточнее, после пересечения меридиональным линеаментом, простирание Копет-



Рис. 88. Диаграмма простираний линеаментов Туранской плиты

Рис. 89. Фильтрация линеаментов Туранской плиты по различным простираниям (а-з)



дага изменяется на северо-западное. По-видимому, обе эти системы линеаментов являются интерплатформенными, а может быть, и планетарными. Третья зона выделяется на севере и, проходя по Устюрту, сливается с Южно-Эмбенским поднятием. Несмотря на столь большое значение запад-северо-западных простираний, на снимках с малым разрешением подобных линеаментов выделяется довольно мало. Поэтому блоки, разделяемые ими, самые большие: характерная ширина их 100, 200, 300 и 400 км. Однако на снимках со средним разрешением на Каракумском своде и на п-ове Бузачи они дешифрируются легче, сетка их чаще и расстояние между ними 6, 12 и 25 км.

Северо-западные линеаменты связаны с запад-северо-западными, но, например, на полуостровах Мангышлак и Бузачи они образуют самостоятельные системы. Северо-западные линеаменты не самые важные на Туранской плите, хотя на юге они и очерчивают такие струтуры, как Туаркырское поднятие, Мургабская и Барсакельмесская впадины 220



Рис. 89 (окончание)

и некоторые другие. Эти линеаменты не пересекают всю плиту, но можно выделить их цепи, которые образуют единые секущие зоны. Одна такая зона проходит через Северный Устюрт, Центрально-Устюртское поднятие в Амударьинскую впадину и далее протягивается вдоль Амударьи. Линеаменты, к которым приурочено Туаркырское поднятие, на северо-западе секут Южно-Мангышлакскую зону, а на юго-востоке, упираясь в Бахардокскую моноклиналь, теряются. Но именно в этом месте находится перегиб простирания Копетдага, и его юго-восточная часть оказывается на продолжении этого линеамента. Другая зона северо-западных разломов рассекает Бузачинский свод и Северо-Устюртскую синеклизу и упирается в Центрально-Устюртское поднятие в месте, где меридиональные линеаменты разделяют Каратауское и Центрально-Устюртское поднятия. Еще одна зона северо-западных линеаментов есть в Северо-Устюртской синеклизе.

Северо-западные линеаменты рассекают Туранскую плиту на блоки шириной 50, 100 и 150 км, но чаще — 300, 400 и 600 км. На Каракумском своде они отдешифрированы чаще и между ними выделяются блоки шириной 6, 12, 20, 30 и 40 км, а также 100 км.

Северо-северо-восточные и северо-восточные линеаменты на космических изображениях проявляются как относительно малопротяженные и слабо выраженные. Обычно они приурочены лишь к одному структурному элементу и редко пересекают его границу. Так, там, где дешифрируются северо-северо-восточные линеаменты, обычно отсутствуют северо-восточные, и наоборот, но вместе они образуют довольно равномерную сетку по всей территории. Однако если в одних участках напряжения проявляются в виде какой-либо одной из названных систем, то в других развиты оба направления, и тогда их различие становится более отчетливым.

Северо-северо-восточные линеаменты, вероятно, сопряжены с запад-северо-западными, и именно первые там, где они менее протяженны, образуют участки сгущения







*і* — на мелкомасштабных космических изображениях Туранской плиты, 2 — на среднемасштабных космических изображениях Каракумского свода сетки. Их много в Северо-Устюртской синеклизе, а также на поднятиях, особенно на Бузачинском. Северо-восточные линеаменты, вероятно, сопряжены с северо-западными; наблюдается их связь в пространстве. За немногим исключением, они слабо выражены и малопротяженны.

Северо-северо-восточные и северо-восточные линеаменты рассекают Туранскую плиту на малые блоки, ширина которых не имеет выраженных пиков распределения.

Таким образом, рассмотренная система линеаментов, слабо выраженных на космических снимках, вероятно, является отражением (следом) разломов, которые устанавливаются как одни из самых устойчивых по картам корреляции гравитационного и магнитного полей. Но, по-видимому, они малоактивны.

Меридиональные линеаменты наряду с запад-северо-западными являются наиболее выраженными. Главнейшие из них пересекают всю плиту с севера от Урала через Аральское море и Амударьинскую впадину. Меридиональные и северо-северо-западные линеаменты пересекают линеаменты всех других простираний. Четко выделяются три линеаментные зоны, протяженность которых превышает 1000 км. Западная зона, пересекая Южно-Эмбенское поднятие в Северо-Устюртской синеклизе, отделяет Бейнеускую впадину от Самской, южнее отсекает Каратауский вал от Центрально-Устюртской впадины, далее разделяет Южно-Мангышлакскую и Ассакеауданскую впадины, проходит через Туаркырскую зону поднятий и контролирует западную границу Копетдагского антиклинория. Она выявлена также и на картах корреляции геофизических полей [Геологическое..., 1978], но на космических снимках выделена впервые. Косвенным подтверждением ее служит то, что она разделяет различные структуры и что к востоку и западу от нее меняются простирания вытянутых структур: например, Большебалханский антиклинорий изменяет простирание с северо-западного на запад-северо-западное.

Вторая зона протягивается от Урала, отвечает Аральскому разлому и проходит через устье Амударьи, пересекает Дарьялык-Дауданский прогиб, ограничивает с востока Каракумский свод, отделяя его от Бедрушикской ступени, и прослеживается далее через Копетдаг. Она отвечает Урало-Оманскому линеаменту.

Третья, наиболее восточная зона проявляется как серия линсаментов, ограничивающих восточный берег Аральского моря, проходит через Кызылкумы. Приуроченные к ней линеаменты пересекают Бухарскую и Чарджоускую ступени, контролируя распределение залежей нефти и газа. Прослеживается она и далее на юг.

Помимо этих интеррегиональных (возможно, и планетарных) линеаментов, дешифрируется и множество мелких мериднональных линеаментов. Линеаментные зоны рассекают плиту на блоки шириной около 300 км. На территории Каракумского свода блоки, заключенные между мериднональными линеаментами, имеют ширину 12, 25 и 50 км.

Северо-северо-западные линеаменты связаны с меридиональными, и, может быть, их следует рассматривать вместе. Наиболее протяженные линеаменты этого простирания близки к меридиональным. На территории их выделяются четыре зоны. Западная пересекает Северо-Устюртскую синеклизу, ограничивает Каратауский антиклинорий и, пройдя через Южно-Мангышлакский прогиб, сливается с Туаркырской зоной; вторая, малопротяженная зона расположена на 200—250 км восточнее в пределах Узбойской и Сарыкамышской впадин. Восточнее, еще через 200—250 км, расположена зона, секущая всю Амударьинскую синеклизу. И наконец, самая восточная, наиболее протяженная зона линеаментов проходит в Кызылкумах. Линеаменты более северо-западных простираний менее протяженны и группируются в отдельных участках. Северо-северо-западные линеаменты рассекают плиту на блоки, ширина которых чаще всего составляет 25, 50, 90, 200, 400 и 600 км. На Каракумском своде таких линеаментов выделено немного.

Широтные и восток-северо-восточные линеаменты имеют среднюю протяженность и распределены неравномерно: чаще всего они приурочены к прогибам и их бортам. Сгущение их сетки напоминает шахматную доску. Наблюдается и определенное чередование участков их распространения: там, где проявляются одни, исчезают другие. Эти линеаменты ограничиваются с одной стороны полосой, проходящей через Каратауский антиклинорий, Центрально-Устюртское поднятие, Султануиздаг, Нуратау, а с другой — Копетдагом. Как правило, рассматриваемые линеаменты не находят аналогов среди известных разломов, их положение не отвечает границам структур, они не отражаются и на картах корреляций. Весьма вероятно, что, с одной стороны, линеаменты широтного и восток-северо-восточного простираний, а с другой — линеаменты меридионального и северо-северо-западного простираний парагенетически сопряжены и образуют общий структурный рисунок. Возможно, их объединяет единый определенный возраст <sub>фор</sub>мирования, однако, конечно, движения по ним проявляются и сейчас, благодаря <sub>чем</sub>у эти линеаменты и удается дешифрировать.

Широтные и восток-северо-восточные линеаменты рассекают Туранскую плиту на изометрические блоки, ширина которых 25, 50, 100, 200 и 400 км. На Каракумском своде они разделяют блоки шириной в основном 6, 12 и 22 км, т. е. сетка их очень частая.

Совместный анализ всех использованных космических материалов по Туранской плите показал, что на космических снимках разных уровней генерализации меняется общее количество линеаментов. На телевизионных мелкомасштабных снимках они имсют меньшее распространение, а на более крупномасштабных снимках их число возрастает.

Интервалы расстояний между линеаментами в 6, 12, 25 км характерны в основном для малопротяженных линейных образований и чаще всего встречаются на среднемасштабных снимках (1:1 000 000). На космических изображениях этого масштаба п-ова Бузачи, Каракумского свода и на других снимках отдельных регионов Туранской плиты подмечено, что эти линеаменты контролируют зоны локальных структур осадочного чехла. По-видимому, они не только отвечают разломам, но и являются также границами пликативных нарушений разных знаков (положительных или отрицательных), которые отражаются на космических снимках земной поверхности вследствие физико-химических неоднородностей горных пород, слагающих разные геологические структуры. Опираясь на геофизические данные и сравнивая линеаменты на космических снимках разной генерализации, можно заметить, что линеаменты, дешифрируемые на мелкомасштабных снимках, имеют более глубинное заложение, чем линеаменты, видимые на среднемасштабных снимках. Последние линеаменты контролируются либо осадочным чехлом, либо неглубоко залегающим фундаментом.

Линеаменты с интервалом чередования 100, 200, 400 км, как правило, являются наиболее протяженными и отражают образования, приуроченные к глубинным структурам фундамента. Самые протяженные из них, видимо, связаны со структурой поверхности Мохоровичича.

Фильтрация линеаментов по отдельным направлениям выявляет их чередование через определенные промежутки. В каждом направлении выделяются основные, главные, протяженные линеаменты, расстояния между которыми примерно одинаковые. В зоне между этими нарушениями выделяется серия линеаментов подчиненного значения такого же простирания, со свойственными им промежутками. Отмеченное чередование разрывных нарушений, видимо, имеет связь и с распределением положительных и отрицательных структур разных порядков. Такая же зависимость проявляется на картах корреляции между магнитным и гравитационным полями, где зоны положительной и отрицательной корреляции чередуются между собой. Эти зоны приурочены к структурам фундамента, а границами их служат разные горизонтальные градиенты корреляции или смена знака корреляции, отвечающие разрывным нарушением [Князев и др., 1981].

Итак, намечается связь протяженности линеаментов и их выраженности на снимках разных уровней генерализации с глубиной заложения. Линеаменты определенного направления и протяженности нередко разделены одинаковыми интервалами. Сплошность их интегрального рисунка определяется наложением как разнопорядковых линейных образований одного направления, так и линеаментов разных простираний. Совпадение линеаментов разных порядков с границами положительных и отрицательных структур позволяет предполагать, что последние также различаются по глубине охваченных деформациями литосферных масс.

# ЛИНЕЙНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ПАМИРО-ТЯНЬШАНЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведенные ниже данные представляют собой результаты дешифрирования космических изображений, полученных с автоматических спутников системы «Метеор» и с пилотируемых кораблей «Союз-9», «Союз-22», «Салют-1» и «Салют-4». Масштаб и степень генерализации использованных изображений весьма различны. Кроме того, дешифрировались изображения, полученные в разных спектральных диапазонах и в разное время года и суток. Это разнообразие исходных материалов позволило контролировать результаты дешифрирования, но вместе с тем явилось, вероятно, одной из причин определенных расхождений разных авторов как в частных, так и в некоторых общих оценках линеаментов и кольцевых образований Тянь-Шаня.

# Линеаменты

Результаты дешифрирования космических снимков с описанием линеаментов Средней Азии приведены в работах И. И. Башиловой, В. К. Еремина, Г. В. Махина [1972], О. М. Борисова и А. К. Глуха [1976, 1978, 1979, 1980], А. В. Доливо-Добровольского и С. И. Стрельникова [1974], Н. Т. Кочневой, И. Н. Томсона, В. Н. Полуэктова [1978], В. И. Макарова и Л. И. Соловьевой [1975, 1976, 1979], В. М. Панина, С. Ф. Скобелева [1976], В. Д. Скарятина [1973, 1976], С. И. Стрельникова, Н. А. Гусева, Н. В. Скубловой [1973], В. Г. Трифонова и др. [Геологическое..., 1973, 1978], С. С. Шульца [1974, 1976] и других исследователей. В результате проведенных исследований были установлены линеаменты различной протяженности и ориентировки, намечены основные их типы в зависимости от масштабности и морфоструктурных особенностей, получены первые представления о глубине их заложения и о роли в строении и развитии земной коры Средней Азии.

Одним из важных результатов исследований явилось выявление региональных линеаментов глубинного, в том числе мантийного, заложения и среди них — сквозных зон, секущих основной тектонический план приповерхностных структур.

На космических снимках линеаменты выделяются по линейному, цепочечному или кулисообразному расположению элементов ландшафта и геологических структур, по границам тоновых полей и фотоаномалиям, отражающим смену ландшафтов, почв, растительности, геологических комплексов и т. д. Степень их проявления на космических снимках изменяется в зависимости от многих временных, географических, геологических, антропогенных и других факторов. Наиболее отчетливо линеаменты проявлены на изображениях, полученных в весеннее, а иногда и в зимнее время.

В геоморфологическом отношении линеаменты нередко совпадают с различного рода уступами, перегибами склонов, спрямленными участками речных долин, трогами и т. д. Для значительной их части установлено совпадение с известными крупными (в том числе глубинными) зонами разломов (Ферганского, Южно-Ферганского, Северо-Памирского, линии Николаева и др.) или зонами флексурно-разрывных нарушений (Северо-Ферганской и др.). Для ряда линеаментов по геофизическим данным выявлена их связь с разрывами в кристаллическом фундаменте и с флексурами в перекрывающей толще. Многие из них отчетливо выражены в магнитном поле либо в виде системы линейно расположенных локальных максимумов, либо в виде изменения характера поля изодинам. В ряде мест установлено их соответствие более или менее протяженным гравитационным ступеням, разграничивающим различные по значению аномалии или различные по структуре гравитационные поля [Макаров, Скобелев и др., 1974; Макаров, Трифонов, Щукин, 1974; Фузайлов, 1978].

Довольно хорошая корреляция линеаментов с рельефом поверхностей «базальтового» и «гранитного» слоев позволяет рассматривать их как важную структурную особенность литосферы Средней Азии. Некоторые из них можно отождествлять с погребенными глубинными разломами, в приповерхностных слоях проявленными лишь опосредствованно, через вторичные особенности ландшафта и геологического строения. Но наряду с такими существует, очевидно, огромное число линеаментов, значительно менее крупных и менее значимых, природа которых далеко не всегда ясна.

Линеаменты Средней Азии можно разделить на несколько групп (классов), различающихся морфологическими и, вероятно, генетическими особенностями. 1. Линеаменты, отражающие планетарную трещиноватость земной коры. Это, вероятно, наиболее многочисленные формы, которые образуют сеть закономерно ориентированных, сравнительно небольших по протяженности линеаментов. Ими земная кора разбита на небольшие по величине блоки различной конфигурации (треугольники, многоугольники, ромбы и т. п.). Многие из них совпадают с линиями известных разрывов и зон трещиноватости.

2. Линеаменты, отвечающие трещиноватости зон регионального растяжения. Это зоны сгущения субпараллельных линий разной длины, нередко включающие также диагональные короткие линии. Ширина зон составляет десятки километров, а протяженность — иногда несколько сотен километров. К ним местами приурочены дайки основного — субщелочного состава (Карамазар), очаги неглубоких землетрясений и разрывов поверхности (Тамды).

В пределах Средней Азии выделены три такие зоны макротрещиноватости северовосточного простирания: Бельтауская (Юго-Восточное Приаралье), Кызылкумская, Карамазарская. К этому типу можно отнести Северо-Кызылкумскую область меридиональной трещиноватости, связанную, очевидно, с развитием Урало-Оманской зоны растяжений, и ряд других субмеридиональных зон [Макаров, Соловьева, 1976; Геологическое..., 1978; Макаров, Шукин, 1979].

3. Региональные линеаменты, отражающие крупные линейные нарушения земной коры, в том числе глубинные разрывы. Это прямолинейные и дугообразные структурные элементы большой протяженности (сотни и тысячи километров) и ширины (десятки километров). Они выражены на поверхности крупными разломами (Таласо-Ферганский) или зонами разломов, флексурно-разрывными зонами (типа Западно-Тяньшаньской), а также зонами трещиноватости. Являясь границами крупных блоков земпой коры, они влияют на характер осадконакопления, магматизм и металлогению и проявляются как конседиментационные. Некоторые из них представляют собой зоны длительного развития, нередко сопровождаемые системами чешуй, полосами катаклазирования и рассланцевания пород, местами с офиолитами и зонами глаукофан-сланцевого метаморфизма (Южно-Ферганский, Бузачи-Кокшаальский и др.).

4. Суперлинеаменты (линеаментные зоны), представляющие собой наиболее протяженные, панрегиональные структуры литосферы. Ширина их достигает нескольких сотен километров, морфология проявления на поверхности вдоль простирания изменчива. Изменяются также их геологическое значение и интенсивность развития.

Анализ схемы размещения региональных линеаментов Средней Азин (рис. 91) показал, что суперлинеаменты представляют собой, по существу, систему субпараллельных прерывистых линеаментов. В Средней Азии располагаются отрезки трех суперлинеаментов — Урало-Оманского, Индо-Памирского и Азиатского.

Урало-Оманский суперлинеамент был выделен впервые Р. Фюроном [Furon, 1941] и проходит от Оманского залива на юге через Аральское море и Тургайский прогиб.

Индо-Памирский суперлинеамент выделен Б. А. Петрушевским [1969] и прослеживается от Мальдивских островов до вершин Памирской дуги. Его Тяньшаньским звеном является Каракуль-Балхашская линеаментная зона, которая уходит далеко на север, переходя, вероятно, в Гыдано-Омский линеамент {Макаров, Соловьева, 1976; Макаров, 1977, Борисов и др., 1981].

Азнатский суперлинеамент, впервые выделенный В. Е. Ханным [1969], представляет собой трансконтинентальный тектонический шов, прослеживающийся из Белоруссии через Днепровско-Донецкую впадину, Бузачи, Южный Тянь-Шань и по северной окраине Китайской платформы до о-ва Хоккайдо. В пределах Средней Азии он представлен Бузачи-Кокшаальским линеаментом. Здесь он разделяет два типа дорифейского кристаллического основания — гранито-гнейсовый (на юге) и амфиболито-гранито-гнейсовый [Якубов и др., 1976].

Среди региональных линеаментов развиты прямолинейные и дугообразные. Среди них весьма многочисленны секущие («поперечные») по отношению к основным складчатым сооружениям региона. Преобладают линеаменты северо-западных и северо-восточных простираний, менее выражены субширотные и субмеридиональные.

Линеаменты северо-восточного простирания более четко проявлены в орогенной области Тянь-Шакя и Памира и менее — в пределах Туранской плиты, что позволяет предполагать их существенную активизацию в неоген-четвертичное время (Гиссаро-Ферганский, Западно-Тяньшаньский, Сарыкамышский и др.). Но в целом наиболее ярко проявлены линеаменты северо-западного простирания, представляющие собой как разрывы, так и флексурные зоны, соответствующим образом выраженные в рельефе.



Рис 91 Схема региональных линсаментов Средней Азии и прилегающих районов Составлена О М Борисовым и А К Глухом с использованием материалов В И Макарова, Л И Соловье вой, Н Т Кочневой, А В Доливо-Добровольского, Н В Кобца, А В Кириллова, В В Козлова, В М Панина, В Д Скарятина, С Ф Скобслева, П В Флоренского

 $I \sim$  выходы домезозойских образований, 2- отложения мезозоя—кайнозоя. 3- линеаменты

Секущие линеаменты в своем развитии связаны, очевидно, с другими «поперечными» элементами структуры Памира и Тянь-Шаня, которые ранее анализировались в работах Б. А. Петрушевского [1969], В. И. Кнауфа [1962], Д. П. Резвого [1962], Н. П. Костенко [1964; Костенко и др., 1972], О. К. Чедии [1964, 1972], С. А. Несмеянова [1971], В. И. Макарова [1977; Макаров, Соловьева, 1975], Н. В. Лукиной [1977], Н. Т. Кочневой, И. Н. Томсона, В. Н. Полуэктова [1978] и других исследователей. Эти «поперечные» элементы представлены поперечными или диагональными поднятиями, прогибами, разрывными и флексурно-разрывными зонами, зонами повышенной трещиноватости и проницаемости земной коры. Разнообразие тектонических форм предопределяет и различную морфологию проявления связанных с ними линеаментов.

Одни из них представляют собой достаточно резко обозначенные в рельефе формы в виде, например, непрерывного трога или гигантского рва (типа линии Таласо-Ферганского разлома) или протяженных уступов (типа линии Северо-Киргизского и Главного Каратауского разломов). Обычно такие линеаменты отвечают известным и, как правило, активным на новейшем этапе развития разрывам, достигающим земной поверхности.

Другие линеаменты образованы более сложным комплексом форм рельефа, единство которых (в виде по крайней мере линеамента) можно было бы ожидать лишь после более или менее сложного структурно-геоморфологического анализа и которое становится очевидным при «взгляде издалека». Цельных самостоятельных форм рельефа и геологической структуры такие линеаменты не образуют. В наиболее простом случае линеамент состоит из относительно коротких прямолинейных участков речных долин, явно приуроченных к единой линии и вытянутых вдоль нее. Особенно многочисленны такие линеаменты в пределах высокогорных глубоко и дробно расчлененных массивов Памира, Центрального Тянь-Шаня и др Нередко линеаменты представляют собой региональные гипсометрические уступы. Наиболее ярко линеаменты этого типа проявляются на зимних снимках горных областей.

Линеаменты, отвечающие разрывно-флексурным зонам или зонам погребенных (скрытых) разломов, выражены значительно более сложными и разнообразными композициями наземных форм. Их пространственно-генетическое единство при наземных исследованиях устанавливается особенно трудно, так как градиенты изменений наземных характеристик в этих случаях малы, что соответствует конседиментационному и конденудационному характеру этих деформаций. Сами линеаменты приобретают некоторую специфику и на космических изображениях проявляются нередко в виде нерезких линий, и более или менее узких полос или зон с «размытыми» границами При этом морфология и яркость проявления линеаментов меняются даже по простиранию одного и того же <sub>линеа</sub>мента, в зависимости от глубины, на которой скрытые разломы сменяются флексур-<sub>ным</sub>и изгибами вышележащих покровов, от активности и морфолого-кинематического <sub>типа</sub> разломов

Линеаменты, согласные с основными структурно-орографическими элементами Средней Азии, как правило, представлены либо уступами, либо резкими ландшафтными границами, отвечающими разрывам краевого типа, а также более или менее протяженными долинообразными понижениями, которые отвечают тектоническим депрессиям шовного (или близкого к нему) типа Это, например, разлом, известный как линия Николаева, или другие зоны внутригорных впадин Тянь-Шаня. При этом в большинстве своем такие линеаменты отвечают неотектоническим структурам. Все более древние, «мертвые» швы на космических снимках обычно не проявлены. Среди согласных линеаментов значительное число составляют дугообразные, среди секущих — больше прямолинейных.

По мнению О. М. Борисова и А. К. Глуха [1976], дугообразные и прямолинейные линеаменты рассматриваемой области образуют три системы пучков типа «конского хвоста». Стержневой частью первого пучка является Каспийско-Балхашский линеамент, от которого в юго-западном направлении последовательно дивергируют Афгано-Балхашский, Персидско-Балхашский, Узбой-Сарысуйский линеаменты. Стержневой частью второго пучка является линия Николаева, от которой на юго-восток отходят Ферганский, Чаткало-Каракорумский, Каратау-Памирский линеаменты. И, наконец, третий пучок образован Бузачи-Кокшаальским центральным линеаментом, от которого также в юговосточном направлении дивергируют Амударьинский и Кызылкумский линеаменты.

## Кольцевые структуры

Впервые наличие морфоструктур округлой формы было установлено при анализе геоморфологии неотектонически обновленных участков земной коры. На их тесную связь с геологическим строением впервые указал И. П. Герасимов [1946, 1959]. Позднее была выдвинута идея о том, что молодые кольцевые морфоструктуры, в сущности, являются отражением болес древних структур, вплоть до нуклеарных структур «базальтового» слоя [Попова, 1966].

К. К. Пятков одним из первых обратил внимание на наличие в Центральных Кызылкумах новейших структур типа «брахиантиклинальных вздутий», начало формирования которых он относил к миоцену [Пятков и др., 1967] В качестве круговых («концентрических») структур они впервые были отдешифрированы С. С. Шульцем [1974] на панорамном фотоснимке, полученном с орбитальной станции «Салют». Структуры имеют вид пологих уплощенных сводовых поднятий концентрического строения диаметром от 20—30 до 130—150 км (поднятия Букантау, Тубаберген, Ирлир, Тамды, Актау, Коксенгир, Сырдарьинское).

Последующий анализ космических изображений, в том числе мелкомасштабных, полученных со спутников серии «Метеор», показал более широкое развитие в рассматриваемой области кольцевых образований [Борисов, Глух, 1976, 1978, 1979, Кочнева и др., 1978, Борисов и др., 1980, Порошин, 1981]

Кольцевые образования рассматриваются как один из существенных элементов строения земной коры, имеющий самостоятельное значение. Общим для них является центральная симметрия и радиально-концентрическое в плане строение. Первый опыт систематизации кольцевых образований Средней Азии был предпринят О. М. Борисовым и А. К. Глухом [1976, и др]. Рассмотрим кратко основные результаты этого опыта. Прежде всего необходимо остановиться на самих понятиях кольцевой морфоструктуры и кольцевой структуры.

Под кольцевой морфоструктурой понимается форма рельефа, образованная дугообразными или замкнутыми элементами, расположенными отчетливо параллельно, которая в целом отражает определенные тектонические или тектоно-магматические структуры. Последние, как правило, обнаруживают неотектоническую активность. В связи с этим они выражены деформациями предорогенного пенеплена, а также орогенных денудационных и эрозионных поверхностей. Отражая вещественно-структурные и топографические неоднородности субстрата, кольцевые морфоструктуры подчеркиваются соответствующими особенностями развития почвеяно-растительного покрова, ореолов рассеяния геохимических и гидрохимических элементов, дугообразным, кольцевым и концентрическим, а также радиальным расположением стратиграфических и разрывных контактов и других элементов блоково-складчатых структур и магматических образований, соответствующим образом отпрепарированных в рельефе. По рисунку в плане кольцевые морфоструктуры характеризуются наличием двухшести конформных кольцевых зон разной ширины и морфологии, как бы вложенных одна в другую. Центральные их части обычно имеют либо опущенную, депрессионную форму, либо приподнятую, куполовидную или сводовую. Сами кольцевые зоны представляют собой обычно чередование положительных и отрицательных орографических и (или) тектонических форм

Под кольцевой структурой понимается тектоническая складка (изгиб) или тектономагматическое тело круглой или овальной формы, в которых пласты горных пород, локальные складки, разрывы, магматические и рудные тела разного генезиса и возраста образуют прерывистые или замкнутые кольцевые контуры В вертикальном сечении кольцевые структуры обладают конически-выпуклой, воронкообразной, шаровидной, линзовидной, реже призматической и арочной формами

Какой-либо принятой систематизации кольцевых структур по размерам или порядкам нет О. М Борисов и А К Глух предложили подразделять кольцевые структуры по степени увеличения их диаметра на один порядок и относить к криптоструктурам образования с диаметром 1—10 м, к инфраструктурам — 10—100 м, к микроструктурам — 100—1000 м, к мезоструктурам — 1—10 км, к макроструктурам — 10—100 км, к суперструктурам — 100—1000 км, к мегаструктурам — 1000—10 000 км и к трансструктурам — более 10 000 км На космических снимках более или менее определенно можно распознавать кольцевые образования начиная с ранга мезоструктур и более крупные

Наиболее четко по сравнению с другими дешифрируются кольцевые макро-и суперструктуры (рис. 92), для которых установлены следующие особенности 1) преобладание простых структур со сводообразным или чашеобразным строением, меньшее распространение образований с несколькими концентрическими зонами, представленными системами дуговидных брахнантиклиналей или брахисинклиналей, 2) наличие внутренних радиальных, сегментарных, реже концентрических нарушений и сложное блоковомозаичное строение; 3) проявление как в кристаллических толщах архея-нижнего протерозоя, так и в более молодых по возрасту образованиях вне зависимости от особенностей их строения и состава; 4) увеличение количества структур с запада на восток — от Туранской плиты к Тянь-Шаню, причем в основном за счет структур диаметром 30-40 км, — гетерохронность формирования, о чем свидетельствуют реликтовые кольцевые структуры в домезозойском фундаменте, «просвечивающие» кольцевые структуры в мезозойско-кайнозойском чехле, новообразованные кольцевые структуры (неотектонические структуры тектонических движений), а также факты пересечения одних колец другими; 5) образование в пространстве обособленных ареалов в виде гирлянд (Южное Приаралье и др.) или вписанных друг в друга к уменьшающихся по величинам семейств (Букантау и др.) или групп кольцевых структур (Карамазар и др.), 6) для части новообразованных, или рекуррентных, кольцевых структур одновременность формирования с отложениями мезозоя и кайнозоя (Букантауская, Мынгбулакская и др.), 7) отражение в геофизических полях, приуроченность к центральным их частям локальных отрицательных аномалий магнитного и гравитационного полей, к периферии — положительных; 8) определенное влияние ряда кольцевых структур на структуры палеозоид и альпид региона, выражающееся в изменения простираний, проявлении дугообразности, виргации и выклинивании; 9) тесная связь с кольцевыми структурами ряда гранитоидных тел позднепалеозойского возраста, расположенных в их ядерной части (Каратюбе), по радиусам (Кошрабатский, Башкызылсайский, Шавасский и другие массивы), по внешним контурам в виде массивов дугообразной формы или цепочек мелких тел (Букантауский, Актауский и др ); 10) приуроченность рудных образований преимущественно к внешней окружности кольцевых структур, 11) пересечение кольцевых структур линеаментами и. следовательно, более молодой возраст последних

Касаясь генезиса кольцевых структур, О. М Борисов и А К. Глух считают, что определяющей причиной их образования являются возникающие в земной коре или даже в верхней мантии точечные (очаговые) участки тектонических напряжений сжатия или растяжения, которые вызывают перемещения вещества и от центра которых к периферий обнаруживаются волновые угасания очагового напряжения Согласно экспериментальным данным Э. Андерсона, а позднее И В Лучицкого и П М Бондаренко [1976], правильные концентрические окружности (изохроматические полосы напряженного состояния среды) возникают только в случае деформации среды без участия внешней (в том числе гравитационной) нагрузки как при возрастающем, так и при убывающем давлении в сферической камере.

По механизму перемещения вещества из точки очагового напряжения и по степени



Рис 92 Схема расположения кольцевых структур Средней Азии и прилегающих территорий (по О М Борнсову, А К Глуху)

1 — выходы домезозойских образований, 2 — отложения мезозоя -- кайнозоя, 3—7 — кольцевые струк туры (берг штрих указывает направление понижения гипсометрического уровня) диаметром (в км) 3 -- 600—700, 4 — 300—350, 5 — 150—170, 6 — 70 ~90, 7 — 40 и менее

активности ее воздействия на вышезалегающую толщу можно выделить три этапа и типа развития кольцевых структур: 1) инверсионный (начальный этап формирования кольцевых структур), когда в процессе глубинной инверсии плотностей происходит либо оседание геологических образований (к о л ь ц е в ы е с т р у к т у р ы о с е д а н и я и о б р уш е н и я), либо в силу возросшего тектонического напряжения выдавливание отдельных блоков фундамента и их воздействие на вышезалегающую слоистую толщу (ш т а мп о в ы е к о л ь ц е в ы е с т р у к т у р ы) с лоистую толщу (ш т а мп о в ы е к о л ь ц е в ы е с т р у к т у р ы) или же выдавливание пластичных (соль, глина, магма) образований (д и а п и р о в ы е к о л ь ц е в ы е с т р у к т у р ы), 2) инъективный (этап усложнения инверсионного типа), когда формирование кольцевых структур сопровождается внедрением интрузий по системе радиальных и кольцевых разломов и в пределы кольцевых зон, 3) эруптивный (этап усложнения инъективного типа), когда формирование кольцевых структур сопровождается процессами вулканизма с созданием вулкано-купольных и вулкано-депрессионных построек

Указанные выше представления о природе кольцевых структур Средней Азии имеют гипотетичный характер Существуют и другие варианты объяснения этих весьма еще загадочных образований Необходимо отметнть также, что среди исследователей Средней Азии не выработалось даже единого мнения о том, что понимать под кольцевой структурой В качестве примера приведем существенно иную точку зрения на кольцевые структуры Памиро-Тяньшаньской области, развиваемую Н Т Кочневой, Н П Лаверовым, И Н Томсоном, В Н Полуэктовым [Кочнева и др., 1978; Лаверов и др., 1980] Основываясь на изучении кольцевых структур не только Средней Азии, но и более восточных ее областей, а также учитывая их металлогеническое значение, Н. Т Кочнева и И. Н. Томсон предложили другие их градации К рангу крупнейших (мегаконцентрических) отнесены структуры площадью до нескольких миллионов квадратных километров, диаметром около 2000 км, т е. отвечающие мегаструктурам О. М. Борисова и А. К Глуха. Для их выделения пригодны, как правило, лишь мелкомасштабные изображения большой обзорности, типа получаемых со спутников системы «Метеор».

Ко второму рангу отнесены обширные, округлых очертаний поднятия, которые они предлагают называть мегасводами Их диаметр 450—1000 км, площадь 130 000 — 1 млн км<sup>2</sup> Структуры третьего ранга — сводовые поднятия, осложняющие мегаструктуры Их днаметр 200—450 км, площадь 30 000—130 000 км<sup>2</sup> К четвертому рангу отнесены локальные своды, мульдообразные и другие структуры диаметром 60—120 км и площадью 3000—10 000 км<sup>2</sup>

Структуры пятого ранга именуются очаговыми. Их особенность заключается в том, что с ними тесно ассоциируют локальные ареалы магматических пород, а сами структуры возникают в результате динамического воздействия магм Эмпирически устанавливается, что максимальный размер очаговых структур 2000 км<sup>2</sup>. В рамках этой класснфикации в пределах Средней Азии можно выделить пять структур второго ранга на Тянь-Шане (Сырдарьинская, Ферганская, Нарынская, Иссыккульская и Халыктау-Кетменьская) и две на Памире (Памирская и Таджикская депрессии) (рис. 93). Их размеры изменяются в пределах 160—250 тыс. км<sup>2</sup>.

Перечисленные крупнейшие кольцевые структуры Тянь-Шаня, сочленяясь последовательно одна с другой, образуют субширотную систему. При этом соседние структуры перекрываются примерно на одну треть днаметра, вызывая некоторые взаимные искажения контуров. Морфологически и на космических снимках более выразительны лишь их северные и южные границы, подчеркнутые дугообразно изогнутыми хребтами.

Каждая из этих крупных структур, по мнению Н. Т. Кочневой, является мегасводом с опущенной центральной частью. Это Голодностепская, Ферганская, Нарынская, Иссыккульская впадины, расположенные в общем вдоль единой линии <sup>1</sup>. Таким образом, Тянь-Шань имеет вид цели мегасводов, осложненных провалами. Блиэкую идею высказал ранее И. В. Корешков [1975], который рассматривал Тяньшаньский ороген как единое сводовое поднятие, осложненное гигантским линейным грабеном, состоящим из указанных впадин. Несколько позже это представление было развито В. И. Половым [1979; Попов и др., 1979] и трансформировано в идею рифтовой природы Тянь-Шаня<sup>2</sup>. Отдельными образованиями выступают обширный Памирский мегасвод и примыкающая к нему Таджикская депрессия.

Геологические данные позволяют считать, что указанные выше отдешифрированные концентрические структуры наследуют более древние образования подобного типа. Так, в ядре Памирского мегасвода вскрываются докембрийские толщи, прорванные мезозойскими и кайнозойскими гранитоидами. Это древнее ядро обрамлено дугами палеозойских складчатых толщ. С востока, севера и запада мегасвод окружен владинами с пермскими, юрскими, меловыми-палеогеновыми и неогеновыми отложениями.

В мегаструктурах дочерние кольцевые сооружения расположены в основном вокруг центральных впадин. Их морфология и внутреннее строение таковы, что большинство из них можно именовать сводово-глыбовыми поднятиями, за исключением некоторых структур отрицательного знака. Большинство структур отличается определенными геологическими признаками, позволяющими рассматривать их как орогенные поднятия. Связь с внутренними их частями позднепалеозойских гранитоидных ареалов, а с периферическими — орогевных впадин, заполненных вулканитами и молассой, позволяет полагать, что они возникли в конце палеозоя и унаследованно развивались в поздние периоды.

Дочерние структуры, осложняющие мегасводы, обладают определенной автономией в расположении. Обобщение материалов дешнфрирования в комплексе с другими данными позволило установить четкую закономерность в строении и расположении орогенных структур Средней Азии. Дочерние структуры группируются в три пространственно связанные системы, представляющие собой протяженные линейные цепи. Первая из них располагается в северной части Тянь-Шаня и включает следующие кольцевые структуры (см. рис. 93): 1 — Западно-Тяньшаньскую, 2 — Молдотау-Киргизскую, 3 — Терскей-Кунгейскую, 4 — Кетменьскую. Эти структуры имеют овальную форму и вытянуты по длинной оси на 250—300 км, а по короткой — на 150—200 км. По длинной оси эти линзовидные своды осложнены грабенообразными впадинами соответствующего порядка, которые в отличие от центральных впадин мегасводов имеют линейную форму. На космических снимках видно также, что все структуры этой групвы осложнены

Реальные контуры этих, как и большинства других, впадин Тянь-Шаня весьма далеки от кольцевых. Чаще всего они миндалевидны и последовательно продолжают друг друга (без наложения), образуя очень протяженные зоны или системы прогибаний. Поэтому западные и восточные границы отдельных впадии как кольцевые, по существу, не проявляются, и вопрос об чх взаимном наложении и деформированности дискуссионен. Это — пример весьма широкого понкмания кольцевых структур. Такую интерпретацию впадии Тянь-Шаня, как и других областей, разделяют далеко не все исследователи, в том числе не все авторы данной главы. Учитывая сложность вопроса о кольцевых структурах вообще, мы решили поэтому представить в данном случае и противоречивые суждения. — Прим. ред.

Указанные представления являются в значительной мере умозрительными. Обстоятельный анализ новейшей тектонической структуры Тянь-Шаня, геофизических данных о его глубинном строения, направлениях и смещениях в очагах землетрясений ноказывает, что эта структура возникла в условиях не растяжения, а общего субмеридионального сжатия, что складки основания Тянь-Шаня, которыми являются его хребты и впадины, подчинены не сводам, а линейным системам и зонам [Костенко и др., 1972; Макаров, Соловьев, 1977] По морфологии, сейсмичности и другим параметрам они существенно отличаются от поднятий и впадины, связанных со сводами (например, в Северной Монголии и Забайкалье) и деформирующихся в условиях горизонтальных растяжений. — Прим. ред.



Рис. 93 Схема структур Средней Азии и прилегающих территорий по материалам дешифрирования космических снимков

I =ортогональная система разломов, 2 = диагональная система разломов, <math>3 =границы мегаконвентрических структур 1 ранга, 4 =границы сводов и округлых депрессий 11 ранга, 5 =границы локальных сводов и осложняющих их впадии 11 ранга, 6 =прочие концентрические структуры и их номера. Арабские цифры — своды разных рангов, названия которых даны в тексте

узкими дугообразными хребтами, опоясывающими центральную впадину. Иногда вокруг впадин просматриваются системы нескольких хребтов, чередующихся с дугообразными долинами. Между линзовидными сводами располагаются кольцевые структуры изометричной формы, диаметром около 100 км. Эти «соединительные» структуры отличаются наименьшими гипсометрическими уровнями и наибольшей расчлененностью. Следует также отметить, что они появляются там, где цепи орогенных структур пересекаются широкими зонами меридиональных сквозных дислокаций. Первая группа линзовидных структур очень хорошо выделяется на синмках зимней съемки.

Ко второй системе относятся кольцевые структуры, также образующие цепочку вдоль горной системы Южного Тянь-Шаня. Они несколько меньше по сравнению со структурами первой системы и достигают в диаметре 150—200 км. Эти структуры имеют в основном округлую форму и отличаются концентрической зональностью в размещении различных типов рельефа. Отчетливо выступает радиально-концентрическая система дислокаций. К этой группе относятся кольцевые структуры (см рис. 93): 5 — Самаркандская, 6 — Зеравшанская, 7, 8 — Западно-Алайская, 9 — Восточно-Алайская, 10 — Восточно-Ферганская, 11 — Уччато-Джамантауская, 12 — Атбашская, 13 — Хан-Тенгри. Структуры сильно деформированы и даже смещены линейными зонами дислокаций.

Третью группу образуют кольцевые сооружения Памира: 14 — Северо-Памирское, 15 — Южно-Памирское, 16 — Восточно-Памирское. Общей чертой этих структур являются четко выраженные радиальные системы дислокаций.

Таким образом, орогенная структура Средней Азии определяется существованием систем мегасводов и линейных цепей сводовых поднятий. Эти структурные особенности региона, сложившиеся в конце палеозоя, позволяют по-новому подойти к вопросам геолого-структурного и металлогенического районирования областей Тянь-Шаня и Памира.

В заключение необходимо отметить, что установленные в земной коре Средней Азии новые региональные структуры — линеаменты и кольцевые структуры имеют как научное, так и практическое значение. Во-первых, их наличие свидетельствует о большой раздробленности литосферы, обусловленной процессами в мантик. Во-вторых, являясь звеньями глубинных структур, зонами повышенной проницаемости литосферы, они представляют собой благоприятные участки для более интенсивного процесса массо- и теплопереноса и формирования рудных объектов. Возиикающие при этом рудные узлы, зоны и пояса могут быть в той или иной мере автономными по отношению к структурам верхних частей земной коры. Тем самым предопределен принципиально новый подход к металлогеническому районированию.

# ЛИНЕЙНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ Сибирской платформы и западно-сибирской плиты

## СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА

Территория Сибирской платформы обеспечена космическими снимками разных типов с многократным перекрытием. При составлении карты линеаментов и кольцевых структур (рис. 94, см. вкл.) использовались в основном снимки масштабов 1:8 000 000-1:15 000 000, полученные с искусственных спутников серии «Метеор-1-17» (телевизионные), «Метеор-18, -25, -28» (фотосканерные), и снимки масштаба 1 : 2 500 000 со спутников «Метеор-28, -29». Как показывает опыт работы, именно такие снимки благодаря большой обзорности и высокой генерализации фотоизображения позволяют выявить региональные линеаменты и крупные кольцевые структуры. В целях повышения информативности и точности переноса отдешифрированной нагрузки на фотосхемы и топографические карты мелкомасштабные снимки увеличивались фотопутем до масштабов 1:5 000 000 и 1:2 500 000. Космические снимки локального и регионального уровней генерализации (близкого к масштабу 1:1 000 000) типа МКФ-6, «Ландсэт» и другие просматривались в целях детализации, изучения внутреннего строения и геологической интерпретации отдельных линеаментных зон, линеаментов и кольцевых структур. Наиболее информативными для залесенных районов являются осенне-зимние и весенние снимки, так как снежный покров усиливает контрастность фотоизображения; для наоборот, пригодны только летние, «бесснежные» районов тундры, снимки.

В геологическом отношении Сибирская платформа изучена вполне удовлетворительно, вся территория покрыта геологической съемкой масштаба 1 : 200 000. В 1973 г. издана Геологическая карта Сибирской платформы масштаба 1 : 1 500 000, на всей территории проведены аэромагнитная и гравиметрическая съемки. Отдельные районы, преимущественно на юге и юго-востоке, обеспечены материалами электро- и сейсморазведки, а на остальной территории пройдены лишь редкие профили. Глубоким бурением площадь охвачена весьма неравномерно. Вопросы тектонического районирования и разломной тектоники Сибирской платформы разрабатывались Г. Д. Бабаяном, Л. В. Булиной, Н. Н. Дашкевичем, Н. В. Дреновым, Ю. А. Косыгиным, Н. С. Маличем, А. А. Межвилком, К. Б. Мокшанцевым, К. А. Савинским, Т. Н. Спижарским и многими другими.

На мелкомасштабных космических снимках лучше всего дешифрируются линеаменты, линеаментные зоны и кольцевые структуры, хуже выделяются площадные объекты неопределенной формы — фотополя. На более детальных снимках проявляются также конкретные геологические тела — крупные интрузии, маркирующие горизонты, складчатые зоны и отдельные крупные складки.

### Линеаменты и линеаментные зоны

Линеаменты — это линейно вытянутые протяженные формы фотоизображения, соответствующие уступам рельсфа, прямолинейным отрезкам гидросети, цепочкам озер, хребтов, холмов или границам смены растительности и рельефа. На снимках они выглядят как тонкие линии темного, реже светлого тона, обычно разделяющие площади различного фотоизображения. Линеаментные зоны отличаются от линеаментов значительной (до 10—50 км) шириной и выглядят как полосовые фотоаномалии со своеобразным рисунком и тоном фотоизображения или как системы сближенных линеаментов одного направления, разделяющие крупные фотополя. Детали внутреннего строения линеаментных зон проявляются лишь на снимках масштаба 1 : 1 000 000 и крупнее, а на мелкомасштабных снимках они преобразуются в узкие линии, поэтому для них также правомерно употребление термина «линеаменты».

Выраженность линеаментов на космических снимках весьма неравнозначяа. Некоторые из них видны на снимках всех типов, другие хорошо выражены лишь на отдельных снимках, полученных при определенных условиях освещенности, состояния растительности, сиежного покрова и т. д., третьи выделяются довольно слабо на одиночных снимках и дешифрируются неуверенно. Вынесение на карты большого количества линеаментов третьей группы приводит к значительным расхождениям на картах, составленных разными авторами. Полнота и яадежность дешифрирования линейных объектов на космических снимках достигаются использованием возможно большего количества снимков, взаимно перекрывающих друг друга, и осуществлением контроля дешифриро-234 вания другими исполнителями в целях отбраковки слабо выраженных линеаментов. При составлении карты линеаментов и кольцевых структур для большей части Сибирской платформы использовались снимки 10—20-кратного перекрытия и лишь для районов Притаймырского и Анабаро-Ленского прогибов, слабо обеспеченных фотоматериалами, пришлось ограничиться 2—4-кратным перекрытием. На карту наносились линеаменты, додтвержденные не менее чем на двух снимках. Дешифрирование всей территории выполнено Б. Я. Пономаревым. Для выделения наиболее четко выраженных линеаментов и отбраковки слабо выраженных использовались материалы дешифрирования В. С. Гильденблата, Т. Е. Гусевой, В. Я. Ероменко, Ю. М. Мальцева, И. М. Осташкина и др. На окончательную карту вынесено около 30% первоначально отдешифрированных линеаментов, а материалы полного дешифрирования использовались для составления карт густоты трещиноватости методами статистической обработки.

Сравнение линеаментов с картами разломов показывает, что определенная часть их соответствует разломам глубокого заложения, причем линеаменты, выраженные на снимках очень четко, соответствуют разломам на 60—80%, выраженные хорошо — на 30—40% и слабо выраженные — на 10—15%. В то же время далеко не все разломы, известные по геологическим и геофизическим материалам, находят отражение на мелкомасштабных космических снимках как линеаменты. Линеаментам соответствуют в основном разломы, испытавшие неотектоническую активизацию или разделяющие блоки, резко различные по литологическому составу.

Таким образом, линеаменты, четко выраженные на космических снимках, могут интерпретироваться как разломы и зоны разломов глубокого заложения, а слабо выраженные линеаменты — частично как разломы, частично как зоны линейных напряжений в земной коре, не сопровождающиеся разрывом и смещением слоев.

На карте линеаментов и кольцевых структур (см. рис. 94) выделены линеаменты, соответствующие краевым швам Сибирской платформы и сопредельных структур, крупнейшие линеаментные зоны, интерпретируемые как зоны глубинных трансрегиональных и региональных разломов.

Линеаменты, соответствующие краевым швам, дешифрируются на космических снимках особенно четко, причем на западе, севере и востоке вдоль границ Сибирской платформы прослеживается двойная система хорошо выраженных линеаментов. Сравнение с тектоническими картами показывает, что внутренняя система линеаментов соответствует разломам, ограничивающим древнюю Сибирскую платформу с архейскораннепротерозойским кристаллическим фундаментом (кратон), а внешняя — отделяет зону краевых платформенных (перикратонных) структур, сформировавшихся на байкальском складчатом основании, от сопредельных регионов — Западно-Сибирской плиты, Таймырской и Верхоянской складчатых систем.

Вдоль западной границы платформы от Ангары до Подкаменной Тунгуски прослеживается краевой линеамент северо-западного простирания, четко выраженный на всех типах космических снимков, отделяющий слабонаклонные (до 1—2°) платформенные отложения от линейных складок Енисейского кряжа. На отрезке Подкаменная Тунгуска—Бахта он выражен хуже. В районе коленообразного изгиба Енисея линеамент поворачивает на север, где до р. Курейки отчетливо выражен на снимках в виде прямолинейной границы, разделяющей поля различного фотоизображения, и слабо виден на отрезке до оз. Лама. Затем он четко проявляется в виде глубоко врезанных прямолинейных отрезков речных долин северо-северо-восточного простирания в поле эффузивных траппов. Линеамент соответствует границе почти не дислоцированных (углы падения до 1°) и сравнительно маломощных платформенных отложений палеозоя—нижнего мезозоя и более дислоцированных (углы падения 5—25°) и мощных отложений того же возраста, развитых в пределах Турухано-Игарского краевого поднятия. Он хорошо выражен в физических полях и отвечает разломам, отделяющим Сибирскую платформу с дорифейским фундаментом от зоны байкальской складчатости.

Внешняя ветвь краевых линеаментов хорошо прослеживается в северо-западном направлении от устья р. Кан вдоль долины Еписея до пос. Ярцево и слабее выражена на отрезке Ярцево—истоки р. Таз. Далее до Игарки она протягивается в северном направлении в виде четко выраженного линеамента, разделяющего поля различного фотоизображения, затем — в виде системы сближевных линеаментов до устья р. Большая Хета и в северо-северо-западном направлении по правобережью Енисея до Енисейского залива. Данная система линеаментов почти полностью соответствует выделенной по геофизическим материалам Главной Приенисейского кряжа, Турухано-Игарского краевого поднятия и структуры Притаймырского краевого прогиба от Западно-Сибирской плиты.

Северная граница Сибирского кратона проводится по четко выраженному на мелкомасштабных космических снимках дугообразному линеаменту, который прослеживается вдоль северного фаса плато Путорана, разделяя поля резко различного фотоизображения. На среднемасштабных снимках он проявляется не как сдиная линия, а как зона сгущения коротких субпараллельных линеаментов и даек долеритов. Линеамент соответствует глубинному разлому, смещающему, по данным ГСЗ, поверхность фундамента, границу Конрада и, вероятно, поверхность Мохоровичича. Он отделяет древнюю платформу с дорифейским фундаментом от Енисейско-Хатангского мезозойского прогиба с байкальским складчатым основанием [Дашкевич и др., 1968]. В осадочном чехле он проявляется как сброс с опущенным северным крылом. Далее на северо-восток краевые линеаменты прослеживаются слабо.

Таймырская складчатая система и Притаймырский краевой прогиб разделяются линеаментом, четко выраженным на среднемасштабных космических снимках в виде зоны, отделяющей развитые на севере интенсивно дислоцированные образования от слабо дислоцированных, почти горизонтально залегающих отложений прогиба.

Восточной границе Сибирской платформы отвечают две субпараллельные системы линеаментов. Одна из них очень четко прослеживается вдоль подножия Верхоянского хребта, отделяя Верхоянскую складчатую систему от Приверхоянского краевого прогиба, и местами имеет надвиговый характер со смещением в западном направлении. Вторая хорошо дешифрируется по левобережью р. Лены. Она соответствует, по всей вероятности, системе разломов, отделяющих Приверхоянский краевой прогиб от внутрикратонных структур — Вилюйской синеклизы и Анабаро-Оленекской антеклизы.

Южные границы Сибирской платформы дешифрируются на мелкомасштабных космических снимках как четко выраженные линеаменты, разделяющие области различного фотоизображения, соответствующие известным разломам — Приморскому и Главному разлому Восточного Саяна [Савинский и др., 1971].

Трансрегиональная линеаментная зона под названием Березовско-Ванаварского линеамента (2) впервые выделена В. Я. Ероменко [Ероменко, Каттерфельд, 1978]. Она хорошо видна на самых мелкомасштабных снимках в виде полосовой фотоаномалии темного тона шириной 30—50 км и системы сближенных линеаментов. Протягиваясь на 3000 км, она пересекает байкалнды Патомского нагорья, Сибирскую платформу и Западно-Сибирскую плиту. Линеаментная зона практически не дешифрируется на среднемасштабных космических снимках и очень слабо отражается в физических полях в виде некоторого смещения магнитных аномалий, что может указывать на невыраженность или слабую выраженность ее в строении осадочного чехла и фундамента платформы и на относительно молодой послераннетриасовый возраст. Значительная протяженность и ширина зоны свидетельствуют о большой глубине ее заложения.

Региональные линеаментные зоны прослеживаются в пределах платформы на сотни и тысячи километров в меридиональном, широтном и северо-восточном направлениях.

Ангаро-Таймырская (8) и Анабаро-Вилюйская (10) линеаментные зоны субмеридионального простирания выражены на мелкомасштабных космических снимках в виде полосовых фотоаномалий темного тона, сопровождающихся системами линеаментов, разделяющих области различного фотоизображения. Они соответствуют глубинным разломам, разделяющим фундамент платформы на разновозрастные блоки [Булина, Спижарский, 1970]. Ангаро-Таймырская линеаментная зона в южной части на отрезке от оз. Ессей до р. Ангары смещена от выделяющейся по геофизическим материалам зоны Байкало-Таймырского разлома на 150—200 км к западу. Это объясняется, вероятно, тем, что на ранних этапах развития платформы — в архее и протерозос — активно проявлялась восточная ветвь зоны разломов, а после завершения формирования осадочного чехла активизировалась ее западная ветвь. В северной части от оз. Ессей до оз. Таймыр наблюдается полное пространственное совмещение космофотоаномалии и геофизических аномалий зоны разлома.

Хантайско-Куонамская (9) линеаментная зона прослеживается в субширотном направлении от оз. Хантайского через плато Путорана до верховьев Малой Куонамки. В пределах плато Путорана она выражена линеаментами, трассирующимися по спрямленным отрезкам гидросети, а от оз. Ессей до р. Малой Куонамки — широкой фотоаномалией темного тона, соответствующей впадине в рельефе. Линеаментная зона увязывается с разломами, смещающими поверхность фундамента [Гришин и др., 1970], и является южной границей Анабарского щита. Ангаро-Вилюйская (11) линеаментная зона протягивается в северо-восточном направлении от большой излучины р. Ангары до нижнего течения р. Вилюя. На космических снимках она выражена широкой (до 150 км) системой субпараллельных линеаментов, сопровождающихся полосовыми фотоаномалиями того же направления. Она соответствует зоне разломов, ограничивающих с юго-востока поле развития пирокластических образований нижнего триаса. По данным А. А. Межвилка [1970], зона разлома имеет характер правого сдвига.

Ангаро-Норильская (7) линеаментная зона протягивается в северо-западном направлении от верхнего течения р. Ангары через бассейны Подкаменной Тунгуски, Нижней Тунгуски и Курейки до Енисейского залива. На отрезке Ангара—Подкаменная Тунгуска зона представлена одним хорошо выраженным линеаментом, далее на северозапад — системой субпараллельных линеаментов. На значительном протяжении линеаментная зона является границей полей различного фотоизображения. В бассейне Подкаменной Тунгуски она отделяет туфы нижнего триаса, развитые к северо-востоку, от палеозойских терригенно-карбонатных отложений; на правобережье Нижней Тунгуски лавы плато Путорана от развитых к юго-западу туфов. Ангаро-Норильская линеаментная зона сопровождается большим количеством вулканических аппаратов, интрузий долеритов и метаморфических пород. Непосредственно к разломам этой зоны приурочены медно-никелевые месторождения Норильско-Талнахского района.

Илимско-Айхальская (12) линеаментная зона северо-восточного направления в бассейнах рек Нижней Тунгуски, Вилюя и Мархи представлена хорошо выраженным линеаментом, разделяющим поля различного фотоизображения, далее на северо-восток от Айхала до Малой Куонамки — слабо выраженной полосовой фотоаномалией и нечеткими линеаментами. В физических полях и геологическом строении осадочного чехла линеаментная зона не выражена, по она пересекает алмазоносные районы Айхал и Удачный и может рассматриваться как разлом, контролирующий кимберлитовый магматизм.

Пясино-Хатангская (6) линеаментная зона северо-западного простирания на мелкомасштабных космических снимках выглядит как зона, разделяющая поля различного фотоизображения, аналогично Салехард-Хантайской зоне на севере Западно-Сибирской плиты. В физических полях она не выражена и соответствует разлому, заложившемуся, вероятно, в начале формирования Притаймырского краевого прогиба, т. е. в конце триаса—начале юры.

Глубина заложения линеаментов, показанная на прилагаемой карте, определялась по общегеологическим представлениям с учетом интерпретации геофизических материалов. К нижнекоровым и верхнемантийным отнесены краевые швы, трансрегиональные и крупнейшие региональные линеаментные зоны, имеющие большую ширину и протягивающиеся на многие сотни километров. К верхнекоровым отнесены линеаменты меньших размеров, выраженные в строении фундамента по геофизическим данным.

Сдвиговые и надвиговые смещения по линеаментам плохо дешифрируются на мелкомасштабных космических снимках. На карте показаны единичные случаи сдвигов, основанные на смещении линеаментами геологических структур или известные по литературным данным. Надвиги опознаются на среднемасштабных космических снимках по характерному рисунку фотоизображения в виде извилистых линий, отделяющих сильно дислоцированные породы от недислоцированных, что наблюдается на п-ове Таймыр, вдоль Верхоянского хребта, на западе Байкальского нагорья.

Возраст линеаментов можно определить весьма приблизительно по их взаимоотношению с геологическими структурами. Наиболее древними линеаментными зонами являются субмеридиональные Ангаро-Таймырская и Анабаро-Вилюйская, заложившиеся в архсе-раннем протерозое в период формирования кристаллического фундамента. В позднем протерозое проявились разломы, отделившие архейско-раннепротерозойский кратон от краевых геосинклинальных систем (внутренняя ветвь краевых линеаментов). В конце позднего протерозоя — начале палеозоя в связи с началом формирования осадочного чехла обособилась широтная Хантайско-Куонамская зона, а в краевых частях платформы --- внешняя ветвь краевых линеаментов, ограничивших замкнувшиеся байкалиды. С проявлением раннетриасового транпового магматизма увязываются Ангаро-Норильская и Ангаро-Вилюйская линеаментные зоны. Наиболее молодыми, заложившимися после раннего триаса, являются, вероятно, Березовско-Ванаварская и Пясино-Хатангская линеаментные зоны. Общим для всех линеаментных зон и хорошо выраженных линеаментов является их неотектоническая активизация в неогенчетвертичное время, благодаря чему они проявились в ландшафте и на космофотоизображениях.

#### Кольцевые структуры

Кольцевые структуры, дешифрирующиеся на космических снимках, — это кольцевые и круговые формы фотоизображения, связанные с концентрическим строением гидросети, рельефа или растительности и обусловленные в большинстве случаев влиянием глубинных магматических очагов (см. рис. 94).

Мелкие кольцевые структуры, диаметром 3—30 км, хорошо видны на среднемасштабных космических снимках. Они подчеркиваются дуговым и концентрическим расположением хребтов, ложбин и речных долин. Крупные и средние кольцевые структуры, диаметром 30—800 км, опознаются на мелкомасштабных снимках, они выражены круговыми аномалиями рисунка и тональности фотоизображения, сопровождающимися дуговыми и кольцевыми линиями, иногда системой концентрически расположенных линий. Надежность опознания кольцевых структур на космических снимках пока еще невелика из-за их слабой выраженности и влияния субъективного фактора при визуальном дешифрировании. Сопоставление схем дешифрирования разными авторами одной и той же площади показывает, что сходимость по крупным и средним кольцевым структурам обычно не превышает 20—30%, мелкие формы опознаются более уверенно.

В геологическом отношении кольцевые структуры изучены еще очень слабо. Из анализа голографических карт следует, что отдешифрированные кольцевые структуры в большинстве своем выражены в современном рельефе как положительные, реже как отрицательные формы. Это устанавливается по радиально-концентрическому рисунку гидросети с преобладанием центробежного типа над центростремительным. Крупные кольцевые структуры, как правило, не выражены в строешии осадочного чехла; некоторым из них соответствуют поднятия или впадины в фундаменте, о чем свидетельствуют данные интерпретации геофизических материалов. С мелкими кольцевыми структурами связаны кольцевые дайки долеритов, вулканические аппараты, интрузии ультраосновных — щелочных пород, иногда пликативные дислокации типа куполов, реже мульд.

Обнаруживается тесная пространственная и, очевидно, генетическая связь мелких и средних структур с крупнейшими линеаментными зонами. Особенно показательным в этом отношении является сгущение их вдоль Ангаро-Норильской линеаментной зоны (7). В ее пределах к северу от р. Ангары расположена кольцевая структура диаметром 50 км, соответствующая показанному на геологических картах Чадобецкому поднятию, в ядре которого вскрываются верхнепротерозойские — нижнепалеозойские отложения, окруженные кольцевой дайкой долеритов, пермскими и триасовыми отложениями. Далее к северо-западу линеаментная зона сопровождается большим количеством кольцевых структур, соответствующих, вероятно, центрам вулканических извержений, на что указывают детали внутреннего строения, дешифрирующиеся на среднемасштабных космических снимках, и данные сопоставления с геологическими картами. Типичным элементом структур являются кольцевые или полукольцевые хребты на периферии, сложенные секущими интрузиями долеритов — корнями лавовых покровов. К центральным частям кольцевых структур, совпадающим с котловинами в рельефе, приурочены обычно жерловые фации крупнообломочных туфов. На продолжении той же линеаментной зоны в Норильско-Курейском районе распространен другой тип кольцевых структур, образующих в рельефе горные массивы округлой формы с высотными отметками, максимальными в центральных частях и понижающимися к периферии. Такие массивы сложены обычно сериями базальтовых покровов с отдельными пластовыми и секущими интрузиями долеритов. Обособление их в рельефе над окружающими лавовыми покровами произошло, вероятно, в связи с увеличением мощности покровов над подводящими каналами и с повышением прочности базальтов под влиянием теплового потока и метасоматических процессов, проявившихся над магматическими очагами.

На карте линеаментов и кольцевых структур (см. рис. 94) показаны отдельные крупные кольцевые структуры эндогенного происхождения и одна мстеоритная.

Норильская кольцевая структура (16) диаметром 120 км выделяется на мелкомасштабных космических снимках благодаря слабо выраженному кольцевому контуру и своеобразному рисунку фотоизображения. В современном рельефе она представляет собой поднятие, а в осадочном чехле и фундаменте — впадину.

Путоранская кольцевая структура (17) диаметром 300 км дешифрируется как фотоаномалия округлой формы с весьма сложным фоторисунком, отражающим интенсивное эрозионное расчленение максимально воздымающейся в неотектонический этап части лавового плато Путорана. Концентрические ограничения ее видны фрагментарно в виде отрезков речных долин, ориентированных по периферии.

В пределах Анабарского щита и его обрамления почти на всех мелкомасштабных космических снимках выделяются четыре кольцевые структуры. Две из них, Котуйская (18) и Куонамская (21), диаметром по 180-200 км, очень близки между собой по характеру дешифрируемости, строению и, вероятно, возрасту. Они разбиты разломами, каждая на две части. Западные части их дешифрируются как фотоаномалии темного тона, соответствующие впадинам в рельефе, восточные — как фотоаномалии светлого тона, отвечающие поднятиям в рельефе. В центральной части Анабарского шита расположена Анабарская кольцевая структура (19) диаметром 230 км. На космических снимках она выглядит как фотоаномалия светлого тона и сложно расчлененного рисунка, связанного с интенсивным эрозионным врезом гидросети. На окружности Анабарской структуры в северо-восточной ее части расположена Попигайская кольцевая структура (20), дешифрирующаяся на мелкомасштабных снимках как фотоаномалия темного тона. На среднемасштабных снимках она утрачивает круговую форму и приобретает более сложную конфигурацию, что свидетельствует о существенной ее переработке экзогеннымя процессами. По представлениям В. Л. Масайтиса [Масайтис и др., 1975], структура имеет ударное происхождение в связи с падением в палеогене крупного метеорита. Имеется и другая точка зрения, обосновывающая вулканическую природу Полигайской котловины. Данные дешифрирования космических снимков не дают дополнительных сведений в пользу той или иной точки зрения, поэтому принимается более аргументированное, на наш взгляд, положение о метеоритной природе Попигайской кольцевой структуры.

Оленекская кольцевая структура (22) диаметром около 200 км дешифрируется как круговая фотоаномалия, разбитая линеаментами на блоки темного и светлого фототона. Она выражена как поднятие в фундаменте и осадочном чехле. На северо-востоке ее огибают дуговые линеаменты, согласные с направлением структур Верхоянской складчатой системы.

Нижнетунгусская кольцевая структура (23) диаметром 200 км хорошо проявилась на одном из летних снимков со спутника «Метеор-25» от 6 июля 1976 г. как фотоаномалия темного тона, окаймленная более темной кольцевой линией, и слабо видна на других снимках. Она выражена в современном рельефе как положительная морфоструктура, отличающаяся от окружающей площади более глубоким эрозионным врезом гидросети и относительно слабым развитием рыхлых четвертичных отложений.

Верхневилюйская полукольцевая структура (24) диаметром около 700 км отчетливо видна на самых мелкомасштабных космических снимках типа «Нимбус» как фотополе светлого тона и крупнопятнистого рисунка. Она представляет собой поднятие в рельефе и характеризуется обилием интрузий долеритов, секущих палеозойские—нижнетриасовые отложения. Полукольцевой контур можно рассматривать как древнюю границу Тунгусской синеклизы, ограничивавшую область развития тралповой формации.

О возрасте кольцевых структур можно судить по соотношению их со складчатыми структурами, характеру выполняющих отложений, степени сохранности и выраженности в современном рельефе. Наиболее древними являются, по всей вероятности, Котуйская, Куонамская и Оленекская кольцевые структуры. Простирания архейских складок не согласуются с ними, что указывает на послеархейский возраст кольцевых структур. Они проявлялись, вероятно, начиная с позднего протерозоя, так как есть сведения об аномальных мощностях отложений этого возраста в их пределах. О древнем возрасте свидетельствует также плохая сохранность кольцевых форм, нарушенность их разломами. Норильская, Верхневилюйская и Нижнетунгусская кольцевые структуры образовались, по всей вероятности, в раннетриасовую эпоху в связи с проявлением траппового магматизма. В это же время возникло большинство малых и средних кольцевых структур на площади Тунгусской синеклизы. В неотектонический этап активно проявились Путоранская и Анабарская структуры. К неотектоническим можно отнести также многие другие кольцевые структуры, выраженные в современном рельефе.

Имеющиеся материалы позволяют интерпретировать кольцевые структуры как формы отражения глубинных магматических очагов в ландшафте земной поверхности. Глубина очагов, очевидно, прямо пропорциональна размеру кольцевых структур. Можно предполагать, что очаги мелких кольцевых структур (размером до 30 км в диаметре) располагаются в пределах земной коры, средних и крупных — преимущественно в верхней мантии.

Механизм образования кольцевых структур можно представить следующим образом. В этапы тектонической активизации на разных уровнях верхней мантии и земной коры возникают очаги преобразования вещества. Повышение температуры, разуплотнение вещества и увеличение его объема должны оказывать механическое воздействие на вышележащие толщи. Возникающие сколовые напряжения приводят к образованию кольцевых и радиальных разломов, к сводовому поднятию и последующему проседанию кровли. Одновременно происходят подъем магматического расплава из крупных глубоких очагов, образование новых очагов меньших размеров, интрузивная, вулканическая деятельность и метаморфизм.

Различия в составе магматических пород зависят, вероятно, от глубины заложения очага, литологии вмещающих пород, а преобладание вулканических или интрузивных фаций — от глубины эрозионного среза. В глубоко эродированных кольцевых структурах преобладают плутонические комплексы, в слабо эродированных — вулканические, а в областях устойчивой аккумуляции распространены амагматические кольцевые структуры.

Таким образом, наяболее важная и достоверная информация, полученная при дешифрировании космических снимков, относится к разломам и кольцевым структурам тектоническим элементам, определяющим закономерности распространения многих полезных ископаемых. С помощью космофотоматериалов можно более точно, чем по региональным геофизическим картам, документировать линии выхода на поверхность глубинных разломов, обнаруживать разломы, не проявившиеся в строении физических полей, но дешифрирующиеся на снимках как хоровно выраженные линеаменты и линеаментные зоны. По характеру выраженности линеаментов на космофотоизображения можно судить о некоторых особенностях строения разломов. Например, ширина и протяженность линеаментных зон косвенно указывают на глубину их заложения. Четкость проявления линеаментов зависит от степени неотектонической активизации разломов. Однако получить полное представление о значимости разломов, глубине заложения и кинематике можно только путем совместного анализа данных дешифрирования космических снимков, геофизических и геологических матерналов.

Сравнение отдешифрированных линеаментов с опубликованными схемами тектонического районирования позволило уточнить положение границ Сибирской платформы. Оказалось, что краевым швам, положение которых достоверно определено по геофизическим и геологическим материалам, соответствуют наиболее четко выраженные на космических снимках линеаменты. Таким образом, выявились две системы краевых швов, одна из которых ограничивает древнюю Сибирскую платформу, вторая — краевые структуры, сформировавшиеся на байкальском складчатом основании.

Благодаря космическим снимкам установлено широкое развитие неизвестных ранее recлогических объектов — кольцевых структур эндогенного происхождения, различающихся по размерам, геологическому строению, выраженности в рельефе. Обнаружено большое количество кольцевых структур малого и среднего размеров, соответствующих центрам проявления траппового магматизма.

### ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ПЛИТА

При составлении карты линеаментов и кольцевых структур территории Западной Сибири использовались мелкомасштабные космические снимки со спутников серии «Метеор». Центральная и южная части региона обеспечены космическими снимками хорошего качества, полученными в зимнее время, с 10—15-кратным взаимным перекрытием. Северная безлесная часть, где зимние снимки не пригодны для работы, обеспечена двумя летними снимками хорошего качества, полученными со спутника «Метеор-25» в июле—августе 1976 г.

Западно-Сибирская плита хорошо изучена в отношении глубинного геологического строения. Наряду с аэромагнитными и гравиметрическими съемками здесь выполнены большие объемы сейсморазведки и глубокого бурения. Опубликованы многочисленные обобщающие работы по тектоническому районированию, закономерностям размещения нефти и газа и другим проблемам (В. С. Бочкарев, В. А. Дедеев, О. Г. Жеро, А. Э. Конторович, П. К. Куликов, В. П. Маркевич, Б. С. Погорелов, Л. Я. Проводников, Н. Н. Ростовцев, М. Я. Рудкевич, В. С. Сурков, Э. Э. Фотиади, Н. В. Шаблинская и многие другие).

### Линеаменты и линеаментные зоны

В геологическом строении региона важную роль играют линеаментные зоны, протягивающиеся на многие сотни и тысячи километров и соответствующие, вероятно, зонам глубинных разломов.
В субщиротном направлении Западно-Сибирская плита пересекается тремя линеаментными зонами: Салехард-Хантайской, Березовско-Ванаварской и Обской (см. рис. 94).

Салехард-Хантайская линеаментная зона (1) на космических снимках выглядит как полоса шириной 10—20 км, разделяющая области различного фотоизображения. Распространенный к югу от нее относительно простой рисунок к северу сменяется еще более простым. На зимних снимках северная область выглядит как ровное поле, лишенное какого-либо фоторисунка, что отвечает ландшафту безлесной тундры. В западной части от среднего течения р. Усы до устья р. Надым линсаментная зона подчеркивается системой сближенных линеаментов, далее на восток происходит ее раздвоение: в широтном направлении до г. Туруханска прослеживаются линеаменты в поле однородного фотоизображения, а на северо-восток, к устью р. Хантайки, отходит зона раздела фотополей.

Березовско-Ванаварская линеаментная зона (2) выражена на мелкомасштабных космических снимках в виде полосовой фотоаномалии шириной 20—50 км темного тона и сложного рисунка, сопровождающейся системой линеаментов того же направления, разделяющей области различного фотоизображения.

Обская линеаментная зона (3) представляет собой фотоаномалию белого тона шириной до 30 км, соответствующую долине р. Оби и системе линеаментов, прослеживающихся вдоль ее бортов.

Все упомянутые выше линеаментные зоны субширотного простирания разделяют области различного фотоизображения. Распространенный к югу от Обской линеаментной зоны сложный, прихотливый фоторисунок, отражающий интенсивное эрозионное расчленение поверхности, сменяется к северу от нее более простым пятнисто-полосчатым, соответствующим ландшафту флювиогляциальной равнины, изрезанной многочисленными речными долинами. К северу от Березовско-Ванаварской линеаментной зоны наблюдается дальнейшее упрощение фоторисунка до слабо выраженного полосчато-пятнистого и совершенно гладкого к северу от Салехард-Игарской зоны, что связано с ослаблением эрозионной деятельности и преобладанием аккумуляции осадков в неоген-четвертичное время.

Линеаментные зоны субширотного простирания не выражены в строении фундамента, они соответствуют сравнительно молодым разломам, развивавшимся одновременно с формированием юрско-мелового осадочного чехла. Эти зоны разделяют Западно-Сибирскую плиту на четыре блока, ступенями погружающиеся с юга на север, что фиксируется в мощностях осадочного чехла, составляющих 3—4 км к югу от Обской линеаментной зоны и достигающих 12 км к северу от Салехард-Хантайской [Рудкевич, Смирнов, 1977]. В кайнозое субширотные зоны разломов ограничивали блоки различного характера неотектонических движений, более дифференцированных на юге и менее дифференцированных, преимущественно нисходящих на севере. Березовско-Ванаварская линеаментная зона в период максимального оледенения являлась барьером, ограничивавшим продвижение сплощного льда в южном направлении.

Пурско-Гыданская линеаментная зона (4) субмеридионального направления выражена на космических снимках в виде полосовой фотоаномалии темного тона шириной 30 – 50 км, прослеживающейся по правобережью р. Пур, и в виде отдельных линеаментов к северу и югу от Пурского отрезка. Линеаментная зона является отражением в ландшафте дислокаций Уренгойско-Колтогорского грабся-рифта, выделяемого в фундаменте Западно-Сибирской плиты многими исследователями [Сурков, Жеро, 1977].

Омско-Игарская линеаментная зона (5) прослеживается от г. Омска в северовосточном направлении до г. Игарки и далее за пределы Западно-Сибирской алиты через г. Норильск до оз. Таймыр. Юго-западный ее отрезок до р. Вах проявляется на снимках как хорошо выраженный линеамент, отвечающий южной ветви Уренгойско-Колтогорского грабен-рифта. Далее на северо-восток до г. Игарки линеаментная зона проявляется как темная полосовая фотоаномалия, сочетающаяся с системой линеаментов того же направления. На имеющихся тектонических картах она не показана.

Линеаментные зоны северо-восточного и северо-западного простираний, меньших размеров, чем описанные выше, проявляются на Гыданском полуострове в виде фотоаномалий темного тона шириной 20—30 км и протяженностью 300—400 км каждая. Они также не показаны на известных тектонических картах.

На территории Западной Сибири дешифрируется значительное количество линеаментов преимущественно диагональных направлений. Часть из них, соответствующая разломам фундамента, показана на прилагаемой карте линеаментов и кольцевых структур (см. рис. 94) как линеаменты верхнекорового заложения. По возрасту линеаментные зоны и линеаменты Западно-Сибирской плиты разделяются на две группы: древние, заложившиеся в период формирования палеозойского фундамента, и молодые, образовавшиеся в период накопления юрско-мелового осадочного чехла. К первой группе относятся Пурско-Гыданская линеаментная зона и многие линеаменты северо-западного и северо-восточного простираний южной и центральной частей плиты, ко второй — линеаментные зоны субширотного простирания — Салехард-Хантайская, Березовско-Ванаварская, Обская — и, возможно, линеаментные зоны Гыданского полуострова. Большинство рассматриваемых структур испытало неотектоническую активизацию в неоген-четвертичное время.

#### Кольцевые структуры

В пределах Западной Сибири дешифрируется значительное количество кольцевых структур размером 20—600 км в диаметре. На мелкомасштабных космических снимках они выражены как фотоаномалии округлой формы, темного, реже светлого тона, обычно более прихотливого рисунка, чем окружающий фон, подчеркнутые радиально-концентрическим рисунком гидросети. Большинство их проявлено в современном рельефе как положительные морфоструктуры, часть — как отрицательные, некоторые вообще не выражены.

Надымская кольцевая структура (13) днаметром 250 км, расположенная в междуречье Надыма и Пура, дешифрируется благодаря системе дуговых и радиальных линий, образованных долинами рек. Реки текут от центра к периферии, что характерно для неотектонических поднятий.

Нижневартовская кольцевая структура (14) диаметром 220 км выглядит на снимках как темная фотоаномалия, окаймленная светлой дугообразной полосой и рассеченная белой фотоаномалией Обской линеаментной зоны. Господствующее направление течения рек от периферии к центру структуры указывает на преобладание нисходящих движений в неотектонический этап. Лишь северная часть ее, осложненная небольшой кольцевой структурой, развивалась как подкятие.

Обь-Енисейская полукольцевая структура (15) диаметром 600 км хорошо выделяется почти на всех космических снимках как система дуговых фотоаномалий светлого и темного тонов. Она осложнена большим количеством кольцевых структур малого и среднего размеров (диаметр 20—100 км), разбита многочисленными линеаментами на вытянутые блоки, резко различающиеся фототоном. В современном рельефе она выражена как положительная морфоструктура с амплитудой до 100 м, что подчеркивается речной сетью, имеющей направление от ее центра к периферии. В доюрском фундаменте ей соответствует впадина [Рудкевич, Смирнов, 1977]. Восточная и северная части этой кольцевой структуры затушеваны в связи с более молодыми подвижками по Березовско-Ванаварской и Енисейской линеаментным зонам.

Глубинное строение кольцевых структур еще не выяснено. Предполагается, что они обусловлены возникновением и развитием магматических очагов на разных уровнях верхней мантии и земной коры (см. раздел «Сибирская платформа»). По возрасту это, вероятно, долгоживущие геологические объекты, заложившиеся в разные этапы тектонической активизации региона и продолжающие развиваться вплоть до современной эпохи, на что указывает выраженность большинства кольцевых структур в современном рельефе.

Глава 19

# ЛИНЕАМЕНТЫ САЯНО-ТУВИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Под Саяно-Тувинским регионом понимается достаточно четко индивидуализированный на мелкомасштабных космических изображениях участок земной коры, ограниченный на большей части своего периметра крупными долгоживущими швами, как правило, активно проявленными в новейшей морфоструктуре и исключительно хорошо выраженными в топографии и на космических снимках в виде протяженных уступов и региональных рвов (борозд). Такими швами-ограничителями региона являются Главный Саянский, затем Кандатский, подставляющий его Саяно-Минусинский, Чокракский, Курайский и Северо-Хангайский («1905 года») глубинные разломы, разграничивающие районы с существенно различным характером тектонического и, как правило, неотектонического развития и обычно с различным рисунком дешифрируемой на космических снимках линеаментной сети.<sup>1</sup> Наименее четким на космических снимках является юго-восточное ограничение региона. В качестве такового нами приняты слабоактивный в новейшее время Селенгинский линеамент, непосредственно продолжающий Северо-Хангайский к восток-северо-востоку, и серия кососекущих по отношению к палеозойской структуре региона северо-восточных швов, сопрягающихся в низовьях р. Селенги с субширотными разрывами южного окаймления Южно-Байкальской впадины.

Рассматриваемый регион представляет собой крупный геоблок, хорошо выраженный <sub>на всех</sub> обзорных геологических картах и большинстве тектонических схем. На схеме В. Е. Хаина [1979] выделяемому Саяно-Тувинскому геоблоку соответствуют Тувино-Монгольский срединный массив (вместе с наложенными на него структурами салаирид) и Западно-Саянский (точнее, Саяно-Чулышманский) сегмент Алтае-Западно-Саянской системы каледонид, а также крупные части северомонгольских салаирид, окаймляющие Тувино-Монгольский массив с юго-востока. Объединение этих разнородных геотсктонических элементов в единую площадную структуру (геоблок), очевидно, связано с постгеосинклинальным этапом развития региона и может достаточно условно датироваться средним — поздним налеозоем, как это уже предполагалось ультрамобилистской интерпретацией О. Г. Жеро [Сурков и др., 1973]. В то же время конфигурация геоблока может отвечать достаточно обособленной структурной единице фундамента, «просвечивающего» сквозь поверхностные разновозрастные геоструктуры. В ландшафтно-орографическом отношении большая часть региона представляет собой среднегорье, участками переходящее в высокогорье; юго-восточная окраина региона, скорее всего, может рассматриваться в качестве относительно высоко поднятого низкогорья.

По космическим снимкам в пределах региона может быть выделено несколько крупных сводово-глыбовых поднятий и сопряженных с ними депрессионных структур (участков новейшего относительного, а зачастую и абсолютного прогибания). Некоторые из них в основном совпадают с определенными тектоническими единицами, сформировавшимися в близких к современным очертаниях в эпохи отмирания геосинклинального режима, складчатости и синхронного этим процессам гранитообразования. Другие морфоструктуры отвечают более молодым по времени заложения (вплоть до новейших). геоструктурным единицам, возникавшим на этапах активизации и существенной структурной перестройки региона. Не останавливаясь на сколько-нибудь детальной характеристике новейшей структуры региона, отметим только одну се особенность, достаточно наглядно выраженную на космических снимках. Большая часть западной половины региона (примерно между 90 и 96° в. д.) входит в состав субмеридиональной депрессионной зоны, образованной крупными пологими впадинами, разделенными линейными субширотными хребтами. Западнее этой зоны намечается близмеридиональная зона относительных поднятий, образованная хребтами Монгольского и Прителецкого Алтая и Шапшала, восточнее — другая зона поднятий, в новейшей структуре которой существенную роль играют нелинейные, нечетко очерченные вздутия и глубокие впадины западного фланга Байкальской рифтовой системы.

Предлагаемая карта линеаментов и линейных дуговых структур Саяно-Тувинского региона (рис. 95, см. вкл.) составлена путем дешифрирования космических снимков со спутников «Метеор-29» и «Метеор-30» (среднее разрешение) масштаба около 1 : 2 500 000, полученых в 1979—1980 гг.

Всего использовано девять космических снимков, частично перекрывающих друг друга так, что для большей части отдешифрированной территории достигалось перекрытие не менее чем тремя свободными от облачного покрова снимками. Показанная на карте территория охватывает весь Саяно-Тувинский регион (геоблок), а также его северо-восточное, северное и западное обрамление. Результаты дешифрирования снимков среднего разрешения сопоставлялись с данными проведенного ранее дешифрирования космических снимков малого разрешения, полученных со спутников «Метеор-25» и «Метеор-28» (масштаб около 1 : 10 000 000), что в ряде случаев способствовало выбору оптимального варианта генерализации видимой на снимках среднего разрешения картины. Отдешифрированные линеаменты и другие структуры переносились на топооснову масштаба 1 : 1 000 000 и затем масштаба 1 : 2 500 000, что обеспечило достаточно

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Следует отметить, что возможен и другой варкант проведения юго-западной границы региона от южной части Телецкого озера по юго-западному склону Шапшальского хребта на Каргинский грабен. Проведенный таким образом линеамент является северо-западным продолжением Северо-Хангайского шва. В рельефе и новейшей морфоструктуре он выражен существенно резче Чокракской дуги и поэтому может рассматриваться в качестве новейшей (плиоцен-четвертичной) границы региона, не совпадающей с его более древним структурным ограничением.

высокую точность одознания и переноса видимых на снимках структурных элементов (для большинства линейных элементов точность их местоположения на составленной нами карте масштаба 1 : 2 500 000 превышает 5 км, а для достаточно четких элементов — 2,5 км). Результаты дешифрирования сопоставлялись с геологическими картами мелких и средних масштабов, с картой аномального магнитного поля масштаба 1 : 2 500 000 и со схемами, опубликованными в работах по тектонике, неотектонике, сейсмологии и региональной геологии отдешифрированной территории и ес частей.

Под линеаментом нами в соответствии с широко распространенным представлением понимаются видимые (или непосредственно генерализуемые) на снимке линии и узкие полосы, отвечающие прямолинейным, слабоволнистым или полого-дугообразным элементам ландшафта и интерпретируемые в качестве разрывных нарушений (в том числе скрытых или глубинных), зон повышенной раздробленности, проницаемости, повышенной концентрации напряжений, а также линейных границ вещественных комплексов или разнородных по структурной (морфоструктурной) характеристике полей [Стовас, 1963; Деннис, 1971; Толковый..., 1978; Dence et al., 1977]. Применение термина «линеамент», очевидно, следует ограничивать элементами ландшафта и фотоизображения, достаточно близкими по форме к прямым линиям или к дугам довольно большого радиуса кривизны. В то же время опыт дешифрирования показывает, что между линеаментами и линейными криволинейными (дуговыми) структурами не существует никакого принципиального антагонизма ни по характеру их выраженности на фотоизображении и в ландшафте, ни по их роли в общей структурс региона, — на снимках можно наблюдать все возможные и зачастую вполне закономерные переходы линеаментов в дугообразные и полукольцевые структуры. Поэтому мы рассматриваем всю совокупность видимых на снимках прямо- и криволинейных (вплоть до кольцевых) элементов как единое целое, поддающееся совместной классификации по признакам ландшафтной (и фотогенической) выраженности, геологической значимости, по степени соответствия разнохарактерным линеаментным структурам, выявленным иными геолого-геофизическими методами, и т. п. Для обозначения всех криволинейных элементов мы применяем термин «линейная дуговая структура» и включаем их в общую сеть липеаментных структур.

При дешифрировании космических снимков широко распространен подход, направленный на выявление таких единиц, как «кольцевая (круговая) структура», «блок», «сводовое поднятие», «сквозная трансструктурная зона». Все эти элементы являются площадными, а ограничения их большей частью условны. Вполие естественным является и подход, направленный на выявление основных прямолинейных структурных (зачастую трансструктурных) линий глубинного заложения, образующих в совокупности каркасную решетку глубинных, нередко блокоразделяющих дислокаций, или регматическую сеть региона. При этом также неизбежны и оправданны сильное загрубление и генерализация видимой на снимках совокупности линейных элементов, изображение серий кулисно подставляющих друг друга линеаментов в виде единых зон, аппроксимация укладывающихся на одно направление фрагментов криволинейных структур единой линней и т. п. Примером комбинации указанных подходов для Алтае-Саянской горной области являются работы В. Я. Ероменко [1977] и Я. М. Грицюка [1979].

Принятый нами стиль дешифрирования наиболее близок к тому обычному подходу, который применяется при дешифрировании аэрофотоснимков и при котором объектом опознавания являются такие геологически значимые элементы, как разрыв (в том числе зоны трещиноватости, повышенной раздробленности или повышенной дислоцированности) или контакт. Естественно, не все прямолинейные и дуговые элементы оказываются разрывами (даже в указанном расширенном понимании термина) или контактами, и при интерпретации всей совокупности отдешифрированных линейных элементов приходится привлекать понятийный арсенал и двух других упомянутых выше подходов. Важно, однако, подчеркнуть, что интерпретация в качестве разрывов или контактов в наибольшей степени оправдывается для наиболее четких и выдержанных линеаментов и дуговых структур.

Показанные на карте (см. рис. 95) линеаменты и дуговые (в том числе кольцевые) линейные структуры отвечают, как указано выше, уровню генерализации, достигаемому снимками со спутников серии «Метеор» (среднее разрешение), и могут быть выделены на этих снимках в виде непрерывных или прерывистых линий, узких полос и зон. Все эти линейные элементы независимо от степени их кривизны классифицируются на карте по двум группам признаков: а) по степени четкости и непрерывности на фотоизображении и б) по степени их проявленности в современном рельефе и современной морфоструктуре. По первой совокупности признаков линеаменты и линейные дуговые структуры разделены на три группы, к первой из которых в типичном виде относятся узкие, четкие и почти непрерывные структуры, а к третьей — достаточно широкие и (или) расплывчатые линейные ландшафтно-геоморфологические аномалии, выраженные невыдержанными мелкими линеаментами, зонами сгущения тех или иных геоморфологических элементов (изгибов долин, седловин и т. п.), полосами аномального фототона или нечеткой (хотя и достаточно илавной в плане) границей различающихся по фототону, высотному положению или характеру эрозионного расчленения участков. Ширина подобных зон может достигать 7—10 км, а уровень их генерализации нередко находится на пределе разрешающего интервала использованных снимков. Линеаменты и линейные дуговые структуры второй группы завимают промежуточное положение между элементами первой и третьей групп, и все три классификационные группы, естественно, не имеют между собой резких границ.

Из всей совокупности линеаментов и дуговых структур жирными линиями выделены на карте линеаменты и линейные дуговые структуры, активно проявленные в рельефе и морфоструктуре в виде резких перегибов склонов, достаточно узких и глубоких речных долин (или серий продолжающих друг друга участков речных долин), прямолинейных и дугообразных границ молодых рыхлых образований и т. д. Критерии выделения активно проявленных линеаментов и линейных дуговых структур, естественно, несколько различны для средне-высокогорной, низкогорной и почти равнинной (во впадинах) частей региона. Отдельными знаками показаны наиболее активно выраженные в рельефе я морфоструктуре линеаменты и линейные дуговые структуры, которые разделены на две группы: а) проявленные в виде-резких уступов и б) проявленные в виде резких, достаточно глубоких и обычно почти примолинейных борозд. Линеаменты первой из этих групп представляют собой достаточно амплитудные новейшие сбросы и взбросы; для структур второй группы, как правило, есть основания предполагать большую или меньшую новейшую сдвиговую компоненту или, по крайней мере, связывать их новейшую активизацию с соответствующей ориентацией скалывающих усилий.

Следует добавить, что значительная часть линеаментов и линейных дуговых структур, не показанных на карте в качестве активизированных, также, несомненно, испытала некоторое тектоническое подновление в новейшее время, просто интенсивность новейшей активизации для них была существенно меньшей, чем для структур, выделенных на карте жирными линиями. Вообще граница между активизированными и неактивизированными линеаментами (и линейными дуговыми структурами) неизбежно является весьма условной.

Предварительное качественное сопоставление отдешифрированных линеаментов и линейных дуговых структур с указанными выше геологическими и геофизическими матерналами показывает, что значительная часть отдешифрированных структур полностью, частично (отдельными фрагментами) или приближенно совпадает с откартированными обычными геологическими методами разломами, разрывными зонами, а также с горизонтальными и вертикальными флексурами, зонами трещиноватости и повышенной раздробленности и проницаемости. Сказанное в первую очередь относится к крупным линеаментным зонам, ограничивающим Саяно-Тувинский геоблок или отдельные его крупные части, а также к линеаментам, линейным дуговым структурам и их зонам, оконтуривающим основные морфоструктуры новейшего этапа. Многие другие линеаменты и линейные дуговые структуры, не сопоставимые с отраженными на геологических картах поверхностными структурами, вполне удовлетворительно совпадают с градиентными зонами и другими линейными элементами геофизических полей, отражая тем самым глубинные структуры типа скрытых расколов фундамента (при этом требования к степени площадного соответствия отдешифрированной и «reoфизической» структур, естественно, автоматически снижаются). В ряде случаев геолого-геофизическая интерпретация, неосуществимая для отдельных отдешифрированных элементов, достигается для более крупных линеаментных зон, легко воссоздаваемых по составленной карте, или же для разделяющих эти зоны участков (блоков).

Наконец, широко распространен случай, когда те или другие линеаменты, линейные дуговые структуры и их серии не находят геологического и (или) геофизического эквивалента даже при использовании достаточно крупномасштабных карт. Однако положение этих элементов по отношению к более крупным и геологически значимым структурам достаточно закономерно. В этом случае указанные неинтерпретируемые линеаменты и их серии обычно можно рассматривать как малоамплитудные или вообще безамплитудные (и не отраженные поэтому на геологических картах) трещинные структуры и ослабленные зоны, возникновение которых связано с трансформациями регионального поля напряжений в зонах влияния более крупных и «геологически значимых» разрывных структур и с более локальными полями напряжений, создаваемыми в процессе развития поднятий, прогибов, блоков и других площадных структурных единиц. Подобные «неамплитудныс» нарушения, вероятно, весьма многочислению. Их поверхностным выражением могут являться зоны сгущения трещин, изгибы топографической поверхности, зоны повышенной обводненности, речные долины и т. д. Комбинация этих нарушений с «геологически значимыми» линейными структурами создает наблюдаемый на снимках линеаментный узор, отражающий в своей совокупности суммарную реакцию верхней части коры на воздействие разномасштабных, разнородных и разновременных полей напряжений.

Следует оговориться, что даже в случае достаточно хорошего соответствия с откартированным геологическими методами швом отдешифрированный линеамент редко совпадает с ним во всех своих деталях. Дешифрируя космические снимки со спутников серии «Метеор», мы выделяем в качестве линеаментов в основном такие элементы дандшафта, как спрямленные речные долины, комбинации их фрагментов, уступы и их комбинации с долинами и т. п. Вполне естественно, что новейшая активизация или эрозионная разработка какой-либо разрывной зоны не обязательно происходит по плоскости основного шва, а участками приурочивается к оперяющим и сопутствующим нарушениям (в том числе и к «неамплитудным»). Однако подобное различие в рисовке тех или иных зон по данным геологического картирования и по данным дешифрирования космических снимков само по себе может являться достаточно информативным, свидетельствуя, например, о некоторой перестройке структурообразующего поля напряжений во времени или о положении неулавливаемых геологической съемкой оперений или фрагментов известных разрывных структур. В связи с этим структурный узор, полученный в результате дешифрирования космических спимков, является ценным дополнением к структурным рисункам геологических и геофизических карт и может служить хорошей основой для более качественной интерпретации геолого-геофизических материалов, направленной на совершенствование региональных историко-кинематических, структурно-металлогенических, тектоно-физических и других построений.

Нетрудно заметить, что разные части региона различаются по относительному распространению и рисунку линеаментов и линеаментных зон тех или иных направлений, а также по степени соответствия их поверхностной геологической структуре. Кроме того, видно, что в пределах Саяно-Тувинского геоблока с той или иной степенью условности выделяются разнопорядковые зоны сближенных, нередко кулисно подставляюших, ветвящихся и изогнутых линеаментов, разделяющие участки (блоки) с более равномерным распределением, как правило, прямолинейных линеаментов нескольких (четырех—шести) направлений. Элементарные геологические аналогии показывают, что линеаментные рисунки первого типа (т. е. субпараллельные, перистые или линзовидные) соответствуют относительно подвижным зонам, в формирования которых существенную роль играли дислокации взбросового и сдвигового характера. Рисунки второго типа (решетчатые), очевидно, отвечают относительно более жестким и стабильным блокам, разделяющим подвижные зоны.<sup>1</sup> Попытаемся очень схематично охарактеризовать некоторые закономерности изменения линеаментной сети в пределах Саяно-Тувинского региона (геоблока).

Северным ограничением Саяно-Тувинского геоблока является Телецко-Кандатская линеаментная зона, соответствующая фрагментам Кандатского, Борусского, Джебашского, Северо-Саянского и Саяно-Минусинского региональных разломов. Восточная часть зоны существовала, по данным Л М. Парфенова [1967] и ряда других исследователей, уже в протерозое и развивалась в девоне как правый сдвиг. В западной части эта линеаментная зона испытывает изгиб и ветвление в юго-западном направлении, структурный рисунок которого в сочетании с данными о преобладающем падении основных оперяющих швов позволяет предполагать и для этой части зоны правосдвиговое среднепалеозойское смещение, подтверждаемое данными Н. Н. Хераскова [1977] и др. При этом формирование постгеосинклинальной (в частности, линеаментной) структуры Джойско-Джебашской сдвиговой зоны связано с ее положением в секторе сжатия

Следует отметить, что подобное разделение является достаточно условным, носкольку, во-перных, относительно жесткий блок некоторого ранга может пересекаться подвижной зоной более высокого ранга и, во-вторых, жестким блокам новейшего этапа могут соответствовать более древние подвижные зоны и наоборот.

Телецко-Кандатского сдвига. Тоджинская впадина, существовавшая со среднего палеозоя, напротив, отвечает сектору растяжения.

Линзовидный, определяемый волнистыми линеаментами восток-северо-восточного направления рисунок линеаментной сети в целом сохраняется и в пределах расположенного южнее Западно-Саянского поднятия, в структуре которого заметную роль играют прямолинейные диагональные линеаменты запад-северо-западного направления, относящиеся здесь большей частью к категории скрытых нарушений. В западной части поднятия относительная роль этих линеаментов возрастает. Линеаменты восток-северо-восточного — северо-восточного направления представлены здесь относительно короткими отрезками, «зажатыми» между протяженными зонами северо-западного — запад-северозападного простирания, а также единичными прямолинейными трансструктурными ивами, уходящими на юго-запад в пределы Горного Алтая. В результате линеаментная сеть приобретает здесь решетчатый характер, что хорошо соответствует имеющимся данным об относительной жесткости и ранней консолидации этой части Шапшало-Саянских каледонид и с широким развитием здесь палеозойских гранитоидов. В еще большей стелени все сказанное относится к территории Курайско-Чулышманского нагорья, структура которого определяется широким распространением блоков древней (докембрийской) консолидации.

Чокракский линеамент, ограничивающий геоблок с запада, трактуется как палеозойский глубинный взброс [Сурков и др., 1973]. На юге и севере этот линеамент плавно сопрягается с Телецко-Кандатской зоной и Курайским глубинным швом. Для второго из указанных сочленений П. М. Бондаренко [1976] установил правосдвиговые палеозойские и мезозойско-кайнозойские смещения по обеим составляющим его разрывным зонам, сочетающиеся с общим надвиганием окраины Саяно-Тувинского геоблока к юго-западу. Для ограничивающей геоблок с юга Хангайской линеаментной зоны, напротив, установлены [Матросов, 1976] палеозойские и более молодые левосдвиговые смещения. Очевидно, западная часть Саяно-Тувинского геоблока должна была при этом испытывать субширотно ориентированное сжатие, суммировавшееся с субмеридиональными сжимающими напряжениями мегарегионального уровня. Относительно поздним следствием этого субширотного сжатия можно считать общий дугообразный, выпуклый к северу изгиб основных продольных линеаментов хребта Танну-Ола и некоторые особенности морфоструктуры этой части региона.

Переход от западной части региона к восточной намечается восточным ограничением таких морфоструктур, как Минусинская, Центрально-Тувинская и Убсунурская впадины и Западно-Саянское поднятие, и сопровождается заметным усложнением линсаментной сети. При этом для северо-восточной части Саяно-Тувинского геоблока характерно преобладание северо-западных и запад-северо-западных и близких к широтным линеаментов, образующих здесь зачастую характерную ромбическую решетку. Крупнейшим из северо-западных линеаментов является ограничивающий геоблок Главный Саянский шов. Ветвление этого разлома определяет основные черты структуры и морфоструктуры Восточно-Саянского поднятия за пределами Саяно-Тувинского геоблока и прилегающих частей Сибирской платформы. Заложение шва произошло в глубоком докембрии [Замараев и др., 1975]. Опубликованные данные по его морфологии и палеокинематике крайне неоднозначны. Многие субпараллельные шву линеаменты и их зоны играют в структуре этой части региона роль диагональных сколов сдвигового характера. К северу. от Кандатского ограничения геоблока те же линеаменты нередко приобретают характер продольных структуроопределяющих швов. Особо следует отметить крупную зону, маркируемую Обручевским новейшим поднятием. Структурный рисунок северо-заладной (таскыльской) его части указывает на правосдвиговый характер новейших, а возможно, и более древних деформаций и на некоторую, вероятно не очень значительную, переработку ими юго-восточной части Западно-Саянского эпикаледонского поднятия.

Заложение крупнейших близширотных линеаментов северо-восточной части Саяно-Тувинского геоблока датируется протерозоем [Парфенов, 1967; Замараев и др., 1975]. Оформление их в виде достаточно четких, обычно падающих к югу и нередко выпуклых к северу швов связано, по-видимому, с раннекаледонской орогенией. Для ряда субширотных линеаментов, приуроченных к полосе между 51,5 и 52,5° с. ш., в том числе и для крупнейшей Тункино-Билинской зоны, установлены или предполагаются новейшие левосдвиговые смещения [Гроссвальд, 1965; Шерман и др., 1979; Ilyin, 1980].

Для территории Билино-Дархатского, восточной части Сангиленского поднятий и прилегающих участков характерен типично решетчатый облик линеаментной сети, свидетельствующий о том, что эта часть Тувино-Монгольского массива является сравнительно наиболее жесткой и устойчивой по отношению к внешним тангенциальным воздействиям. В структуре этой части региона исключительно важную роль играют близмеридиональные (от северо-северо-западных до северо-северо-восточных) линеаментные зоны, определяющие положение новейших и позднерифейско-палеозойских депрессий, а также многих интрузивных тел.

Линеаментная структура юго-восточкой окраины Саяно-Тувинского геоблока определяется в первую очередь нарушениями восток-северо-восточного и субширотного направлений, протягивающимися сюда из Забайкалья и сопрягающимися в полосе примерно между 103 и 104° в. д. с линеаментамя запад-северо-западного простирания. Субширотные и восток-северо-восточные линеаменты ограничивают мезозойско-кайнозойские впадины и являются, как правило, сбросами, нередко, по-видимому, со сдвиговой компонентой. Юго-восточная окранна геоблока находится, таким образом, в состоянии не связанного со сводовым воздыманием растяжения, которое ориентировано в северо-запад юго-восточном направления, что подтверждается и имеющимися решениями механизмов очагов землетрясений [Сейсмотектоника..., 1968]. Серия диагональных по отношению к палеозойской структуре северо-восточных линеаментов, оконтуривающих Саяно-Тувинский геоблок с юго-востока, намечает положение крупной линеаментной зоны, трасснрующейся на устье р. Баргузин и далее по юго-восточному борту Северо-Байкальской впадины.

Линеаментная структура Саяно-Тувинского геоблока и его обрамления отражает суммарное воздействие разнохарактерных и разновременных полей напряжений. Достаточно упорядоченный характер линеаментной сети, вероятно, свидетельствует о достаточной устойчивости мегарегиональной первопричины, обусловившей возникновение и обновление линеаментной сети. В качестве такой первопричины, по-видимому, могут рассматриваться только глобальные, ротационные по своей сути процессы в литосфере, вызванные, по мнению Г. Н. Каттерфельда [1962], изменением полярного сжатия земного сфероида и скручиванием его приполярных сегментов относительно приэкваториальных, а также, возможно, изменением положения оси врашения относительно твердой оболочки Земли и соответствующими перестройками структуры ее поверхности. Указанные процессы создали основной регматический каркас региона, предопределивший положение основных структурно-вещественных георазделов литосферы, таких как границы Сибирской платформы или Тувино-Монгольского массива. Последующие тектонические и тектоно-магматические процессы, проявившиеся в связи с ротационными факторами и на их фоне, привели к многократному усложнению и существенной перестройке гипотетической «первичой» линеаментной сети. Во многих случаях можно противопоставить друг другу протяженные прямолинейные линеаментные зоны, отражающие «первичные» регматические структуры, и полого-дугообразные или сложные по конфигурации линеаменты и их сочетания, свидетельствующие о возможной деформации глубинных, простых по морфологии сколов в поверхностных горизонтах коры и о возможном «отрыве» приповерхностных разрывных структур от глубинных «корней».

Общий характер линеаментного узора Саяно-Тувинского геоблока и имеющиеся данные о падениях основных разломов и смещениях по ним позволяют в первом приближении связывать формирование линеаментной сети геоблока с субмеридионально (временами, может быть, с северо-востока на юго-запад) ориентированным мегарегиональным сжатием, приводившим к сокращению размеров геоблока в меридиональном направлении и к некоторому перемещению масс с востока на запад. Поскольку такого рода деформация геоблока реализовалась вдоль множества нарушений со сдвиговой компонентой смещений, она может рассматриваться как квазипластичная; распределение напряжений внутри геоблока при этом должно быть весьма сложным и не может описываться посредством простейших моделей одноосного сжатия. Палеокинематическая и структурно-геологическая интерпретация отраженной на карте линеаментной сети предполагает создание серии интерпретационных схем, каждая из которых вычленяла бы из общей совокупности линеаментов и линейных дуговых структур элементы, сопоставимые с тектоническими структурами и магматическими телами какого-либо одного из постгеосинклинальных этапов развития региона (например, позднего палеозоя, девона и т. д.).<sup>1</sup> Однако даже самый предварительный анализ показывает, что заложение значительной части крупных линеаментных зон следует датировать докембрием и что периодами мас-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Понытка такого рода интерпретации была предпринята автором для выяснения морфоструктурных закономерностей докадизации кайнозойских базальтов восточной части региона [Гоникберг, 1980].

сового формирования линеаментов на уровне современного эрознонного среза какой-либо части региона являлись эпохи отмирания геосинклинального режима, объединения претерпевших складчатость и гранитизацию бывших геосинклинальных областей с соседними жесткими массивами и последующей тектоно-магматической активизации тех и других. Для большей части региона такой эпохой явилась вторая половина кембрия, для северо-западной части региона такой эпохой явилась вторая половина кембрия, для северо-западной части Саяно-Тувинского геоблока — силур и отчасти девон. Можно утверждать, что в среднем палеозое линеаментная сеть региона в основном приобрела близкий к современному облик, а после позднего палеозоя вообще существенно не изменялась. Мезозойско-кайнозойские структурные перестройки в основном сводились к избирательной активизации тех или иных элементов линеаментной сети. Обсуждение причин обособления Саяно-Тувинского геоблока в новейшей морфоструктуре выходит за рамки данной работы.

В заключение следует сказать, что структурно-геологическая интерпретация предложенной карты линеаментов, очевидно, может иметь определенное металлогеническое значение. Уже сейчас можно указать на возможную прогнозную значимость некоторых из показанных на ней трансструктурных диагональных и поперечных зон и особенно горизонтальных флексур типа Таскыльской. Палеокинематические интерпретации линеаментной сети и временной анализ линеаментного контроля интрузивных образований, по-видимому, могут в сочетании с более крупномасштабными снимками послужить ценным дополнением к используемым в региональной металлогении подходам.

Глава 20

## ЛИНЕАМЕНТЫ И КОЛЬЦЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ МНР

Монголня является частью Центрально-Азиатского горного пояса и представляет собой своеобразную высоколоднятую область, расположенную между тремя древними платформами: Сибирской на севере, Китайской и Таримской на юге и юго-востоке. В центральной части, на западе и юго-западе МНР развит высокогорный рельеф, который к югу и юго-востоку постепенно переходит в низкогорье и мелкосопочник, а затем в плоские равнины, разделенные невысокими поднятиями.

Хребты и межгорные впадины западной части МНР в целом дугообразно изогнуты и состоят из кулисно расположенных частных поднятий преимущественно северо-западного (Монгольский Алтай) и субширотного (Гобийский Алтай) простираний.

Значительная часть рассматриваемой территории безлесна и относится к зоне высоких степей и полупустынь. Только на севере МНР северные склоны хребтов Монгольского Алтая, нагорий Хангая, Хэнтэя и Прихубсугулья покрыты леспой растительностью. Реки сосредоточены в северной и западной частях МНР. На остальной территории развита лишь более или менее густая сеть суходолов (сайров).

В геологическом строении территории МНР участвуют образования допалеозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Палеозойские и допалеозойские сложнодислоцированные образования слагают структурно-формационные комплексы, отвечающие геосинклинальному этапу развития. Мезозойские образования (среднеюрские и нижнемеловые) выполняют структуры ревивации и активизации, верхнемеловые и палеогеновые отложения отвечают платформенному этапу развития и слагают структуры платформенного чехла. Наиболее молодые отложения неоген-четвертичного возраста формируют структуры эпиплатформенной активизации [Нагибина, 1970; Тектоническая..., 1978; Девяткин, 1981]. На Тектонической карте Монгольской Народной Республики [1978] отчетливо выделяются северная и центральная части территории, сложенные протерозойскими и верхнерифейско-кембрийскими комплексами пород, образующими крупные блоки, а также южная часть, характеризующаяся линейными структурами мезозойско-кайнозойского возраста. Территория МНР пересечена густой сетью разломов ортогональной и диагональной ориентировки.

На мелкомасштабных космических снимках хорошо видна вся территория МНР. В центральных и северных районах линейно-дендритовидным рисунком выделяются крупные горные массивы Хангая. Прихубсугулья, Хэнтэя, складчатые массивы восточной части МНР. На западе и юго-западе протягиваются складчатые сооружения Монгольского и Гобийского Алтая. Восточные хребты Гобийского Алтая несколько отклоняются на юг и водставляются подходящими сюда с востока структурами северо-восточного



Рис. 96. Карта линсаментов и кольцевых структур территории МНР

I — линеаменты; 2 – линеаментные зоны

направления. Самые южные и юго-западные районы МНР характеризуются ярко выраженными широтными направлениями структур, которые отражают структурный план Гобийского Тянь-Шаня.

По материалам дешифрирования снимков, полученных с различных космических аппаратов типа «Союз» и «Метеор», составлена карта линеаментов и кольцевых структур МНР (рис. 96).

Линеаменты, выявленные при дешифрировании космических снимков, частично отвечают известным элементам рельефа и геологических структур. Линеаменты, согласные с основными структурными элементами, нередко соответствуют литолого-стратиграфическим границам, а также границам почвенно-растительного покрова. В областях горного рельефа линеаменты выражены преимущественно четкими прямыми линиями и реэкими уступами эрозионного рельефа; в равнинных областях большое значение в выделении линеаментов приобретают фототоновые различия поверхности, обусловленные особенностями почвенно-растительного покрова, литологией пород, их цветом и обводненностью.

Линеаменты, показанные на рис. 96, объединяют относительно короткие отрезки отдешифрированных на космических снимках линеаментов. Они подчинены некоторым единым направлениям, которые, вероятно, отвечают более крупным линейным структурным элементам. Кроме того, в этом же качестве выступают разделы (границы) территорий с резко различной плотностью мелких линеаментов. Кроме прямолинейных элементов, отдешифрированы довольно многочисленные дугообразные и кольцевые структуры.

По плотности развития линеаментов, особенностям их морфологического проявления и преобладающим направлениям на территории МНР выделяется ряд областей, кратко охарактеризованных ниже.

В пределах горно-складчатой области Монгольского Алтая преобладают линеаменты северо-западного и северо-восточного направлений и липь фрагментарно представлены субширотные. Линеаменты северо-западного направления, отвечающие ориентировке основных хребтов и межгорных впадин, проявлены наиболее четко. По ориентировке структур, а также по отдельным особенностям рельефа они прослеживаются в юго-восточном направлении на территорию Гобийского Алтая. При этом устанавливается отчетливая сходимость отдешифрированных линеаментов с разрывами, показанными на Геологической карте Монгольской Народной Республики [1971]. Линеаменты северо-восточного направления не имеют четкого непрерывного выражения ни в ориентировке структур, ни в формах рельефа и почти не представлены на существующих геологических картах. Только на отдельных участках они совпадают с отрезками немногочисленных установленных разрывов северо-восточного направления. Так, разрывное нарушение, протягивающееся к северо-востоку от р. Хурмасын-Гол и отраженное на Геологической карте МНР [1971], является частью крупного линеамента, выделенного на космических снимках.

Субширотные линеаменты проявлены севернее оз. Хиргис-Нур, где они совпадают с зоной Северо-Хангайского разлома. Отдельно можно выделить две крупные зоны линеаментов субмеридиональной ориентировки, не совпадающие с известными разрывами и структурными и геоморфологическими элементами. Эти зоны протягиваются через всю описываемую территорию с севера на юг и дешифрируются по изменению фототона, пересекая все выделенные линеаменты и структуры другой ориентировки. Их природа остается пока неясной.

В районе К отловины Больших Озер преобладают линеаменты северозападного и субширотного направлений при резко подчиненной роли линеаментов иной ориентировки. При этом установлена значительно меньшая плотность линеаментов по сравнению с Монгольским Алтаем. Наиболее интересна группа широтных линеаментов, соответствующих трем крупным разрывам. Первый из них, протягивающийся севернее оз. Хиргис-Нур и отвечающий Северо-Хангайскому разлому, при детальном дешифрировании оказывается представленным скоплением многочисленных более мелких однонаправленных линеаментов, возможно, отвечающих оперяющим разрывам. Севернее оз. Хара-Нур протягивается еще одна линеаментная зона субширотного направления, которая также отражает сгущение многочисленных коротких линеаментов. Третий широтный линеамент протягивается южнее оз. Хара-Нур. Указанные широтные линеаменты и зоны пересекаются в области Котловины Болыших Озер с некоторым смещением линеаментами и линеаментными зонами северо-западного направления, и в Монгольском Алтае эти широтные линеаменты прослеживаются уже менее четко.

Из анализа космических снимков Гобийского Алтая видно, что здесь пред-

ставлены линеаменты всех четырех направлений, но основной является система линеаментов северо-западного простирания, которая хорошо совпадает с разрывными нарушениями того же простирания. Эти системы нарушений определяют, по-видимому, заложение наиболее крупных структурных элементов данной территории. На снимке хорошо видно правокулисное взаиморасположение крупных поднятий и межгорных впадин относительно друг друга. Линеаменты северо-восточных направлений являются менее протяженными, чем линеаменты северо-западных направлений, и разделяют между собой главные структурные элементы Гобийского Алтая, а также делят эти структуры на более мелкие. Эти линеаменты хорошо маркируются спрямленными руслами рек и направлениями мелких долин. Южнее оз. Орог-Нур прослеживается линеамент, соответствующий Долиноозерскому разлому. Западнее хребта Гурбан-Богдо он отклоняется на юго-запад, отделяя северную ветвь поднятия Гобийского Алтая от его южной ветви. Хорошо прослеживаются линеаменты, совпадающие с разломами, ограничивающими с юга хребет Гурбан-Богдо и отделяющими его от Цагангольской межгорной впадины.

Южнее, в З а а л т а й с к о й Г о б и, на фоне общего широтного простирания структур, подчеркнутых линеаментами того же направления, видно пересечение двух структурных направлений — северо-западного и северо-восточного. Причем линеаменты, подчеркивающие структуры северо-западного направления, срезаются линеаментыми северо-восточного направления. Субмериднональные линеаменты и линеаментные зоны прослеживаются с севера на юг темными полосами и хорошо контролируют спрямленные участки русел рек и долин.

Восточная часть Заалтайской Гоби и южная часть Восточной Монголии характеризуются развитием субширотных линеаментов, совпадающих по ориентировке с основными тектоническими и структурными элементами этой территории. Линеаменты северо-западного направления продолжают структурные направления Гобийского Алтая, протягивающиеся в Заалтайскую Гоби, где они ограничиваются крупными линеаментами северо-восточной ориентировки. Последние как единые крупные линии, протягивающиеся через всю Восточную Монголию, выделяются впервые. В центральной части МНР они совпадают с серией разрывов аналогичной ориентировки.

В Хубсугульской области преобладают линеаменты северо-западного и северо-восточного направлений. Вместе с тем здесь развиты и субмеридиональные линеаменты и линеаментные зоны, которые прослеживаются с севера на юг и юго-восток через всю территорию МНР. Линеаментные зоны подобной ориентировки выделяются впервые и не находят прямых структурных и тектонических аналогов па существующих геодогических картах МНР. Западнее оз. Хубсугул выделены дугообразные элементы, образующие в целом крупную кольцевую структуру диаметром до 100 км. Южное ограничение Хубсугульской области обозначено серией широтных линеаментов, в целом совпадающих с Северо-Хангайской зоной разломов.

Хангайская область хорошо выделяется на карте системой дуговых линеаментов, по-видимому, отвечающих контурам Хангайского свода и образующих крупный овал, вытянутый в северо-западном направлении. Вдоль дуговых линеаментов Хангая на крупномасштабных снимках отчетливо дешифрируются сгущения мелких кольцевых линеаментов, не показанных на приведенной карте. С юга Хангайская область, как и с севера, ограничена крупной линеаментной зоной субширотного простирания. Эта зона маркирована целью крупных речных долин, выполненных четвертичными отложениями.

На территории восточной части МНР развиты линеаменты диагональных и ортогональных направлений, среди которых нанболее ярко выраженными по простиранию и распространению являются линеаменты северо-восточной ориентировки, совпадающие с развитыми здесь основными структурными и геоморфологическими элементами. В северо-восточной части хорошо видно пересечение линеаментов северо-восточной ориентировки, имеющих правостороннее кулисное смещение, линеаментами северо-западной ориентировки. Последние иногда совпадают с разрывными нарушениями северо-западной ориентировки. Последние и на поверхности разломов, которые показаны на картах и которые, таким образом, можно проследить на более значительное расстояние. Диагональные линеаменты нередко образованы спрямленными участками речных долин, использующих, очевидно, тектонически ослабленные зоны.

Хорошо прослеживается крупная линеаментная зона, проходящая от южного окончания оз. Байкал на юго-восток. Она представлена не единой линией, а несколькими довольно протяженными отрезками. Эти линеаменты отсекают восточную равнинию часть МНР от ее центральной части. В области восточной излучины р.Керулен дешифрируется темным фототоном ряд линеаментных зон субмеридиональной ориентировки. Эти зоны прослеживаются от северных границ МНР через всю ее территорию и уходят далеко на юг. Они разграничивают участки плотного и разреженного проявления липеаментов, изменения ориентировки и характера структур, а также изменения орографических характеристик.

Восточно-Монгольская область в отличие от описанных выше характеризуется также широким развитием кольцевых и дугообразных линеаментов, тяготеющих к субмеридиональным линеаментным зонам и к участкам повышенной плотности диагональных линеаментов.

Особого рассмотрения заслуживает группа дугообразных линеаментов, сосредоточенных в центральной и восточной частях МНР. Эти линеаменты отдешифрированы на снимках юго-восточной (районы Их-Хэт и Мандал-Гоби), центральной (западная излучина р. Керулен) и северной (районы Хубсугульской и Дархатской котловин) частей МНР. К дугообразным линеаментам приурочены мелкие кольцевые структуры, которые цепочками вытягиваются вдоль линеаментов и, возможно, отвечают вулканическим аппаратам. Сами дугообразные линеаменты ограничивают крупные геологические структуры. в пределах которых проявлен мезозойско-кайнозойский вулканизм.

Приведенное описание позволяет сделать следующее заключение о природе выделенных линеаментов и их зон. Как и ожидалось, значительная часть линеаментов северозападного и северо-восточного направлений хорошо совпадает с линейными элементами рельефа, с отрезками речной сети, с разрывными нарушениями, отраженными на геологических картах.

Характерной особенностью, отличающей указанные линеаменты от других геологических и геоморфологических образований, является их более значительная протяженность, так как они объединяют разобщенные на картах отрезки и элементы одного направления.

Большая группа линеаментных зон субмериднональной ориентировки, протягивающихся через всю Монголию, не находит отражения на существующих картах. Они выделены впервые и играют важную роль в формировании геолого-геоморфологических особенностей территории МНР.

При дешифрировании космических снимков, сделанных с корабля «Союз-22», на территории МНР выделено большое количество кольцевых структур разных диаметров — от первых километров до сотен километров. По размерам и морфологии эти структуры можно подразделить на три типа.

К первому типу отнесены мелкие, до 1—2 км в поперечнике, кольцеобразные структуры, которые располагаются среди отложений неоген-четвертичного возраста и характеризуются очень четко выраженной кольцевой формой внутренней части. Эти структуры уверенно определяются как молодые, имеют вулканические аппараты хорошей сохранности, нередко обрамлены на фотографии однотонными ровными покровами лавовых полей. Обычно распределение таких структур контролируется дуговыми линеаментами, очерчивающими более крупные, региональные тектонические элементы.

Структуры второго типа представлены более или менее правильными кругами диаметром до нескольких десятков километров. Они сосредоточены в областях мезозойской активизации, выглядят на снимках как однотонные круги более темного цвета, чем окружающие участки. На геологических картах МНР этим «круговым» структурам, как правило, отвечают гранитоидные массивы пермского и триасово-юрского возраста.

К третьему типу отнесены крупные кольцевые структуры диаметром 100 км и более. Они дешифрируются по элементам топографии, рисунку речной сети и фототону. Эти структуры совпадают с крупными блоками допалеозойского и палеозойского фундамента, и обычно внутри них можно отдешифрировать «круговые» структуры второго типа, отвечающие гранитоидным массивам мезозойского возраста. При этом выходы гранитоидов составляют 10—20% площади кольцевой структуры. Имеющиеся геологические данные позволяют предполагать, что кольцевые структуры третьего типа отвечают слабо эродированным батолитоподобным интрузивным телам гранитоидов.

На самом востоке МНР, в районе оз. Шорвог-Нур, выделены две кольцевые структуры, которые нельзя отнести ни к одному из перечисленных типов. Эти структуры с внутренним диаметром 20—25 км и внешним 30—35 км представляют собой два неправильных перекрещивающихся двойных кольца. Одно из колец разорвано и имеет вид двойной дуги. На космических снимках видно, что внутреннее выполнение колец темнее, чем пространство между кольцами. Оба кольца вытянуты с северо-запада на юго-восток и хорошо сопоставляются с магнитными аномалиями этого района. Эти кольцевые структуры никак не отражены на геологических и топографических картах, не выражены в чехле неогеновых пород, а дешифрируются по более контрастному фототону и, возможно, отвечают погребенным донеогеновым структурам.

Кольцевые структуры обычно хорошо дешифрируются в областях, сложенных мезозойскими вулканогенными отложениями. В районах развития сильно дислоцированных пород древнего фундамента выделение кольцевых структур затруднено.

Круговые структуры наиболее широко распространены в центральной и восточной частях МНР, где они в основном приурочены к областям мезозойской активизации. Эти структуры, как правило, соответствуют изометричным в плане выходам мезозойских гранитоидов; нередко гранитонды занимают лишь часть отдешифрированной круговой структуры, обычно периферическую. В этих случаях можно предполагать, что круговые структуры отражают контуры погребенных интрузивных массивов в целом. Круговые структуры хорошо укладываются в линеаментные зоны преимущественно субмеридионального и северо-запад — юго-восточного направлений. Особенно много таких структур, вытянутых в цепочки, отдешифрировано в юго-восточной части МНР, южнее р. Керулен.

Необходимо отметить, что гранитоиды девонского и каменноугольного возраста не образуют кольцевых структур, а дешифрируются на космических снимках как светлые пятна неправильно-изометричной формы.

Анализ отдешифрированных линеаментов и линеаментных зон позволил установить их частичное соответствие основным разломам и системам разрывных нарушений, изображенным на Геологической карте Монгольской Народной Республики. Выделено большое количество линеаментов и линеаментных зон, которые не сопоставляются с существующими разломами и природа которых недостаточно ясна. Диагональные линеаменты выражены в основном в рельефе в виде тектонических уступов, каньонообразных долин и зон сгущения мелких разрывов, линеаменты субширотного и субмеридионального направлений — понижениями в рельефе и зонами повышенной увлажненности с приуроченными к ним родниками и колодцами. Дуговые, кольцевые и круговые образования приурочены преимущественно к областям палеозойского и мезозойско-кайнозойского вулканизма и отвечают палеовулканическим аппаратам и выходам гранитоидов.

Линеаменты отчетливо совпадают с линейными элементами на топографических картах, а поскольку в современном рельефе отражена главным образом неотектоническая структура, то и линеаменты характеризуют прежде всего эту структуру земной коры.

Глава 21

## ЛИНЕАМЕНТЫ И КОЛЬЦЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЮГА Восточной сибири и дальнего востока

В геологическом отношении рассматриваемая территория гетерогенна [Геологическое..., 1968; Парфенов и др., 1979]. Центральную ес часть занимает Алданский щит — крупнейший выступ древнейшего кристаллического фундамента на юго-востоке Сибирской платформы, сложенный высокометаморфизованными архейскими образованиями. В пределах щита выделяются с запада на восток Олекминский, Иенгрский, Тимптоно-Учурский и Маймаканский (Батомгский) разновозрастные мегаблоки, отделенные один от другого зонами глубинных разломов. Севернее р. Алдана щит переходит в Лено-Майскую плиту, в пределах которой фундамент полого понижается к северу, перекрываясь платформенным чехлом позднепротерозойского, палеозойского и мезозойского возраста. С юга щит окаймлен Становой позднеархейско-раннепротерозойской складчатой системой широтного простирания, которую некоторые исследователи [Геологическое., 1968] относят к фундаменту Сибирской платформы. С запада к щиту примыкает Байкальская раннепротерозойско-раняепалеозойская складчатая система, ограниченная с запада юго-восточным краевым швом Сибирской платформы. В ее строении выделяются [Салоп, 1964] архейский фундамент, геосинклинальный раннепротерозойско-среднекембрийский и орогенный позднекембрийско-кайнозойский комплексы. С востока щит ограничивается Южно-Верхоянской раннемезозойской складчатой системой субмеридионального простирания, сменяющейся восточнее Охотским и Омолонским средикными массивами и

яно-Колымской раннемезозойской складчатой системой. Байкальская, Становая и Южно-Верхоянская складчатые системы с юга обрезаются узкой протяженной Монголо-Охотской раннемезозойской складчатой системой дугообразной в плане формы. В ее строении выделяются докембрийский фундамент, позднепротерозойско-раннемезозойский геосинклинальный и позднемезозойский орогенный комплексы. Монголо-Охотская система с севера огнбает Буреинский срединный массив. Буреинский массив и Монголо-Охотская складчатая система восточнее сменяются Сихотэ-Алинской позднемезозойской складчатой системой субмериднонального простирания, образованной архейско-среднепротерозойским фундаментом, позднепротерозойско-позднекембрийским и ордовикскомеловым геосинклинальными комплексами. В юго-западном обрамлении Сихотэ-Алинской складчатой системы располагается Ханкайский срединный массив. С востока на Яно-Колымскую, Южно-Верхоянскую и Сихотэ-Алинскую складчатые системы наложены позднемезозойский Охотско-Чукотский и продолжающий его южнее позднемезозойскокайнозойский Восточно-Сихотэ-Алинский вулканические пояса. Буреинский, Ханкайский, Охотский и Омолонский срединные массивы сложены нижне-среднедокембрийскими кристаллическими образованиями, составляющими фундамент, перекрытый рифейско-(палеозойско-нижнемезозойскими) осадочными И вулканогеннофанерозойскими осадочными комплексами. Камчатка принадлежит к Курило-Камчатской кайнозойской геосинклинальной системе, в фундаменте которой развиты позднемезозойские вулканогенно-осадочные образования.

Характерным признаком рассматриваемой территории является ее почти повсеместная высокая тектоническая активность в мезозое и кайнозое, обусловившая преимущественно горный рельеф региона.

При составлении схемы (рис. 97) использовались мелкомасштабные сканерные снимки малого и среднего разрешения со спутников «Метеор-10, -18, -25, -28, -29», а также топографические карты масштаба 1 : 500 000, 1 : 1 000 000, 1 : 2 500 000.

Обширность территории, ее преимущественно горный облик, хорошая обнаженность, неотектоническая направленность и региональный характер исследований определили специфичность методики работ с космической информацией, применяемой в Институте тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР. Эту методику, с использованием которой была составлена схема (см. рис. 97), можно определить как региональный морфотектонический анализ, целью которого является выявление и изучение геологических тел, в первую очередь дислокационных, по их форме, выраженной в рельефе.

Анализ начинается с изучения моделей земной поверхности, в качестве которых выступают мелкомасштабные космические снимки и топографические карты. Использование этих двух моделей является одним из обязательных элементов методики, ибо только с их помощью можно получить объективную и полную информацию о строении изучаемых поверхностных морфотектонических объектов. Мелкомасштабные снимки позволяют выявить объект, определить его форму и структуру в плане, а топографические карты дают его объемную характеристику.

Конкретная методика составления схемы подразделялась на несколько этапов.

 Структурно-геометрическое дешифрирование космических телефотоснимков со спутников серии «Метеор» малого (канал 0,33 мкм) и среднего (канал 0,50 мкм) разрешения, которое заключалось в выявлении геометрически правильных элементов фотоизображения: как простых линейных и дуговых фотолинеаментов, так и сложных пространственно организованных фотолинеаментных комплексов, характеризующихся закономерным геометрически правильным рисунком (структурой) фотоизображения. Таким образом были выделены большая часть кольцевых и концентрических образований и решетчатая система линеаментов Алданского щита. Одна из особенностей этого этапа заключалась в том, что дешифрированию подвергались не отдельные, наиболее качественные снимки, а вся масса (сотни штук) имевшихся космических телефотоизображений со спутников серии «Метеор», полученных с разных ИСЗ, в разное время года и в разных (четырех) спектральных диапазонах. Качественные снимки малого разрешения нередко увеличивались с дубль-негатива в 2-3 раза. Массовый последовательный просмотр разных снимков и сравнение их друг с другом и позволили получить новую информацию об изучаемых объектах, которую не могло бы дать изучение отдельных снимков.

2. Нанесение отдешифрированных фотолинеаментов и концентрических образований на топографическую карту масштаба 1 : 2 500 000 в легенде, учитывающей характер и степень выраженности линеаментов в рельефе, и предварительное опознавание их как морфотектонических элементов и образований, имеющих эндогенную природу. Отдельные рабочие схемы составлялись на более крупномасштабных топографических картах



Рис. 97. Схема кольцевых образований и линеаментов центральной части Дальнего Востока. Составили В. В. Юшманов, Ф. С. Онухов, Г. Ф. Уфимцев, В. Н. Ставров по результатам регионального морфотектонического анализа с использованием совместного дешифрирования мелкомасштабных фотоснимков земной поверхности и топографических карт

I — линеаменты; 2 — кольцевые структуры: a — основные, б — прочие.

Кольцевые структуры (цяфры на схеме): 1 — Патомская, 2 — Витимская, 3 — Мамаканская, 4 — Уда Курдинская, 5 — Верхневитимская, 6 — Калаканская, 7 — Торо-Жуинская, 8 — Чара-Олекминская, 9 — Олекмо-Тимптонская, 10 — Тимптоно-Учурская, 11 — Шантарская, 12 — Учуро-Майская (Маймаканская), 13 — Аллах-Юньская, 14 — Кыллахская, 15 — Юдомская, 16 — Охотская, 17 — Кулу-Қавинская (Тауйская), 18 — Нера-Индигирская, 19 — Алазейская, 20 — Среднеколымская, 21 — Омолонская, 22 — Ичитемская, 23 — Сугойская, 24 — Буюндинская, 25 — Западно-Камчатская, 26 — Восточно-Камчатская.

На врезке, составленной В. В. Юшмановым, залитрихованы основные пояса линеаментов центральной части Дальнего Востока; 1 — Байкало-Олекминский, 2 — Забайкало-Охотский (2а — Южно-Забайкальский, 26 — Тиметоно-Учурский, 2в — Северо-Охотский), 3 — Байкало-Становой (3а — Байкало-Ханинский, 3б — Становой), 4 — Байкало-Амурский, 5 — Верхояно-Уссурийский, 6 — Сунтархаята-Ульбсинский, 7 — Индигиро-Охотский, 8 — Момско-Камчатский (8а — Момско-Индигирский, 86 — Поперечно-Камчатский), 9 — Юкагиро-Арманский, 10 — Алазейско-Карагинский, 11 — Срединно-Камчатский и позднее также переносились на мелкомасштабную топооснову. Большинство линеаментов, отчетливо дешифрируемых на космических телефотоснимках, хорошо отражается и на топографических картах в виде долин, протяженных уступов, реже гребней водоразделов.

3. Современный анализ сети прямолинейных, дуговых и кольцевых линеаментов и топографической карты, позволяющий выявить характер выраженности в рельефе концентрических образований, интерпретируемых как выходы на дневную поверхность концентрических дислокационных комплексов, установить их трехмерную форму на дневной поверхности, структуру, стелень неотектонической активности и эродированности. Некоторые концентрические объекты выявляются на этом этапе по характерному рисунку образующих их кольцевых линеаментов, слабо выделяющемуся при дешифрировании снимков. В результате этого этапа выявляется, что большинство выделенных линеаментов и концентрических морфотектонических объектов можно считать неотектоническими, новообразованными или омоложенными в кайнозое и представляющими собой выход на дневную поверхность или новейших разломов, или новейших дислокационных тел концентрического и блокового типов.

4. Геолого-геофизическая интерпретация выявленных линеаментов и кольцевых структур, проводимая путем сопоставления схемы с имеющимися геологическими и геофизическими картами. Эта интерпретация дает лишь самые общие представления о геологической природе морфотектонических объектов, и то лишь для части из них; поскольку более глубокое геолого-геофизическое изучение и окончательная геологическая интерпретация выявленных образований требуют многолетних и более детальных сопоставлений и исследований.

Региональный морфотектонический анализ позволяет выявлять геологические объекты, не выделяющиеся при обычных геологических исследованиях, в том числе и с применением геологического дешифрирования космических снимков. Поэтому региональный морфотектонический анализ — отдельный самостоятельный метод структурногеологических региональных исследований.

### Линеаменты

Исследуемая территория пересечена густой и достаточно упорядоченной сетью разноориентированных линеаментов. Все они хорошо выражены в рельефе и рассматриваются нами как новейшие (новообразованные или омоложенные в кайнозое) разломы. Линеаменты объединяются в системы определенных направлений, прослеживающиеся практически повсеместно, главными из которых являются субширотные, субмеридиональные, меридиональные, северо-восточные, северо-западные. Однако степень развития этих систем на площади неравномерна, в связи с чем последняя может быть разделена на четыре района — Забайкальский, Алдано-Амурский, Приохотский, Нижнеамурский, каждый из которых характеризуется своими особенностями рисунка линеаментов. Так, в Забайкальском районе развиты северо-восточные, северо-западные и субширотные линеаменты, в Алдано-Амурском — субширотные, субмеридиональные и восток-северовосточные. Для Приохотского района характерны меридиональные, северо-западные и северо-северо-восточные линеаменты, а для Нижнеамурского — северо-северо-восточные, северо-восточные, меридиональные и северо-западные. Между собой районы разделены поясами линеаментов (например, Амуро-Олекминским) или границами таких поясов, как Верхояно-Уссурийский, Нижнеамурский. Различно и геологическое строение районов.

Западный, Забайхальский, район охватывает Байкальскую складчатую систему, северо-восточный отрезок Монголо-Охотской и западную часть Алданского щита. Центральный, Алдано-Амурский, район отделяется от западного Амуро-Олекминским поясом линеаментов и включает Алданский щит, за исключением его крайних западной и восточной частей, Становую складчатую систему, широтный Тукурингра-Джагдинский отрезок Монголо-Охотской складчатой системы, северный край Буреинского массива. Северо-восточный, Приохотский, район отчленяется от Алдано-Амурского восточной границей Верхояно-Уссурийского пояса линеаментов и охватывает восточную часть Алданского щита — Маймакано-Батомгский блок, Охотский и Омолонский срединные массивы, южную часть Яно-Колымской и Южно-Верхоянскую складчатую систему, Охотскую ветвь Охотско-Чукотского вулканического пояса и Курило-Камчатскую геосинклинальную систему. Юго-восточный, Нижнеамурского пояса линеаментов и с Алдано-Амурским по восточному ограничению Нижнеамурского пояса линеаментов и

Субширотные и субдолготные линеаменты образуют единую для большей части изученной территории решетчатую систему, наиболее отчетливо выраженную в пределах Алдано-Станового региона, на мелкомасштабных снимках (особенно со спутника «Метеор-10») которого она впервые выявлена и просматривается в виде прямоугольной решетки, образованной пересекающимися светлыми узкими прямолинейными фотоаномалкями.

В пределах Алдано-Станового и Верхнеамурского регионов линеаменты станового (субширотного, 280—295°) и тимптонского (субдолготного, 20—35°) направлений хорошо выражены в рельефе и трассируются прямолинейными уступами различной высоты и протяженности, прямолинейными отдельными или подставляющими друг друга отрезками речных долин, грабенообразными линейными понижениями и узкими вытянутыми грабенами. Ширина линеаментов и линеаментных зон колеблется от первых километров до первых десятков километров. Расстояние между наиболее выраженными линеаментами с юга на север уменьшается от 175-225 до 75-100 км для субширотных и до 150-175 км для субдолготных линеаментов В пределах Тукурингра-Джагдинского и Станового новейших поднятий наблюдается стущение линеаментов обоих направлений Решетчатая система линеаментов сохраняет свои основные особенности только в пределах территории, ограниченной долинами Алдана и Нюкжы на западе, Учура, Тыркана, Удыхына и Шевли на востоке. Западнее и восточнее степень выраженности линеаментов на космических телефотоснимках и в рельефе резко падает, расстояние между ними увеличивается, субширотные разломы всерообразно расходятся относительно четко выдерживаемых ранее направлений.

С у б ш и р о т н а я (с т а н о в а я) система линеаментов ограничивает или осложняет кайнозойские складки колебания, которые в виде ряда чередующихся поднятий и опусканий земной поверхности осложняют Алдано-Становой свод и окаймляют Тукурингра-Джагдинское поднятие. Эта система складывается из шести основных зон, приуроченных к осевым частям субширотных опусканий, и из ряда разделяющих их линеаментов, развитых в осевых частях поднятий. Расстояние между основными зонами равно (с юга на север) 125, 225, 175, 125 и 100 км. Наибольшее расстояние отмечается между линсаментами, ограничивающими антиклинальные вздутия, в центральной части которых воздымается Тукурингра-Джагдинское поднятие. В субширотной системе наиболее четко выражены линеаменты, приуроченные к центральной части и северному крылу Алдано-Станового свода и ограничивающие Тукурингра-Джагдинское поднятие.

Это поднятие, имеющее в целом субширотное простирание, в зоне сочленения хребтов Тукурингра, Соктахан и Джагды образует в плане пологую, выпуклую к югу складку, разделенную в месте сочленения Соктаханского и Джагдинского поднятий грабенообразной зоной понижения в верховьях р. Деп. Создается впечатление, что Джагдинское поднятие изогнуто и смещено к северо-востоку относительно Соктаханского по системе линеаментов, которые можно трактовать как новейшие лево- и правосторонние сдвиги. Северный левосторонний сдвиг сопрягается с четко выраженным на снимках и в рельефе Ланским надвигом (взбросом?), по которому Джагдинское поднятие надвинуто на Верхнезейскую впадину.

Новейшее Становое поднятие, являющееся центральной, наиболее приподнятой частью Алдано-Станового свода, охватывает южную часть Алданского щита и северную часть Становой складчатой области. Оно ограничено и осложнено субширотными линеаментами, направление которых получило название станового. Наиболее резко как на снимках, так и в рельефе выражены субширотные линеаменты, развитые вдоль его северного ограничения, особенно в центральной и восточной частях поднятия, которые фиксируют новейшие разломы типа взбросов и надвигов. Южнее отмечаются многочисленные узкие субширотные зоны растяжения, вдоль которых отмечаются излияния четвертичных базальтов или дайки. Вдоль оси Станового поднятия протягивается менее заметная субширотная зона растяжения, представленная раздвигами и сбросами, которые оконтуривают грабен-долины и мелкие грабены, выполненные мезозойскими и четвертичными отложениями. Образование ее связано, по-видимому, с процессами формирования Алдано-Станового свода и Станового поднятия в кайнозое. Субширотные разломы северного крыла Алдано-Станового свода представлены зонами трещиноватости и сбросами. В центральных частях Срединно-Алданского и Северо-Алданского поднятий возможны взбросы.

В Забайкальском районе субширотные (75—95°, 280—290°) линеаменты вопреки традиционным представлениям [Булгатов и др., 1978] хорошо развиты, но слабо заметны и выделяются лишь при морфотектоническом анализе, так как отражают скрытые разломы. Они представлены несколькими линеаментными зонами, расположенными в средкем на расстоянии 200 км друг от друга, продолжающими субширотные зоны Алдано-Станового региона и веерообразно расходящимися на запад. Поэтому средние линеаментные зоны имеют простирание 80—95°, а самые северные и южные — 280—290 и 75—80°. На снимках и в рельефе эти зоны характеризуются широкими (15—20 км) системами сменяющих или кулисообразно подставляющих друг друга разнородных, нередко дугообразных и разнонаправленных морфотектонических элементов (коротких отрезков речных долин, уступов) и обладают специфической чешуйчатой в плане структурой, характерной для региональных надвигов, взбросов и псевдонадвигов Алданского щита [Гришкян, Малышев, 1976]. Более четки и прямолинейны эти линеаменты на севере района и на восточном фланге Байкальской рифтовой зоны. Линеаментные зоны ограничивают несколько поясов стущения линеаментов, главным из которых является центральный, Байкало-Ханинский, шириной 250 км. Линеаменты этого пояса определяют северозападную и юго-восточную границы центральной части Байкальской рифтовой зоны, контролируют общее субширотное (80-85°) простирание цепочки рифтовых впадин (Нижнеангарской, Верхнеангарской, Муйской, Каларской, Имангринской) и приуроченной к ним наиболее сейсмоактивной области Байкальской рифтовой зоны [Голеницкий, 1978], оконтуривают отдельные борта Верхнеангарской, Муйской, Каларской, Ципа-Баунтовской, Чарской и Верхнетоккинской впадин. За р. Олекмой Байкало-Ханинский пояс субширотных линеаментов плавно переходит в четко выраженный запад-северозападный (280—290°) Становой пояс линеаментов, ограничивающих центральную часть Алдано-Станового свода (Становое поднятие).

Байкало-Ханинский и Становой пояса линеаментов образуют единый дугообразно изогнутый протяженный (до 1500 км) Байкало-Становой трансрегиональный пояс линеаментов шириной 200—250 км, приуроченный к одноименному поясу кайнозойских разломов, протягивающемуся от северной оконечности оз. Байкал до Удской губы. Этот пояс влиял на заложение и формирование Байкальской рифтовой зоны и новейшего Станового поднятия. Присводовые зоны раздвигов в пределах Байкальского и Станового поднятий образуют единую протяженную приосевую зону растяжения, западный фланг которой контролирует субширотное положение кайнозойских впадин байкальского типа, а восточный определяет локализацию мелких кайнозойских впадин в центральной части Станового хребта.

В Приохотском и Нижнеамурском районах субширотные линеаменты дешифрируются слабее и в рельефе представлены разнородными подставляющими друг друга морфотектоническими элементами. В Западном Приохотье они продолжают субширотную систему линеаментов Алдано-Станового региона, но становятся менее выдержанными по простиранию, ветвятся и веерообразно расходятся относительно ранее выдержанного направления. Простирание их колеблется от 85° на севере до 280—290° на юге, а расстояние между линеаментами увеличивается 100—200 до 150—250 км. Еще южнее, в пределах Нижнеамурского района, линеаменты этой системы, продолжая субширотные линеаменты Станового и Верхнеамурского регионов, плавно отклоняются к югу и приобретают северо-западное (300—310°) простирание. Расстояния между наиболее выдержанными линеаментами достигают здесь 200—250 км.

В Северном Приохотье субширотная (270—280°) система линеаментов является подчиненной по отношению к меридиональной и северо-западной системам. Линеаменты этого направления менее выдержаны по простиранию, не образуют широких поясов сгущения и отмечаются в виде отдельных узких зон шириной 25—50 км, отстоящих на расстоянии 200—250 км одна от другой. Одна из таких зон, проходящая вдоль северного побережья Охотского моря, вместе с восток-северо-восточным Северо-Охотским поясом линеаментов контролирует контуры побережья и простирание цепочки наложенных межгорных впадин — Кава-Тауйской, Ланковской, Ямской и др. Продолжение этой субширотной зоны отмечается и на севере Камчатки, хотя в целом субширотная система линеаментов для Камчатки не характерна.

Субширотная система линеаментов слабо отражена в магнитном поле, но находит четкое подтверждение в гравитационном. Большая часть линеаментов коррелируется с субширотными гравитационными градиентами, что может свидетельствовать о связи этих линеаментов с омоложенными разломами. Об этом же говорит и субширотное простирание поясов повышенной сейсмичности. Наиболее сейсмоактивным является Байкало-Становой пояс линеаментов, приуроченный к Байкальской рифтовой зоне и Становому поднятию.

Субширотные линеаменты фиксируют систему разломов древнего заложения, позднее неоднократно подновлявшуюся. Наиболее древними и наиболее активными были, повидимому, Становой (в пределах Алдано-Амурского района) и Тукурингра-Джагдинский пояса разломов, показанные на всех геологических картах. Становой пояс шириной 200-250 км охватывает южную часть Алданского щита и северную часть Становой складчатой области. Разломы пояса определяют направление зон позднеархейских днафторитов, контролируют размещение тел раннепротерозойских гипербазитов, ограничивают борта наложенных впадин, выполненных верхнепротерозойскими и мезозойскими осадками. В Тукурингра-Джагдинском районе субширотные разломы контролировали заложение восточной ветви Монголо-Охотской геосинклинали и определяли ее последующее развитие. В пределах Алданского щита и Западного Приохотья субширотные линеаменты отражают скрытые, в основном не показанные на геологических картах разломы. которые в какой-то мере определяют размещение мезозойских и протерозойских интрузий центрального типа. В Забайкальском и Приамурском районах, в Северном Приохотье разломы этой системы, по-видимому, тоже имели древнее заложение, но в протерозое и мезозое были слабоактивными и выступали в качестве скрытых разломов, поперечных к развитым здесь складчатым и геосинклинальным системам. В Забайкалье они определяют кулисообразное размещение мезозойских впадин забайкальского типа и часть их контуров. В кайнозое субширотная система разломов полностью, хотя и в различной степени активизировалась. Наибольшей активизации подверглись Становой (особенно его западная, забайкальская, и восточная части) и Тукурингра-Джагдинский пояса разломов.

С у б д о л г о т н ы е линеаменты вместе с субширотными образуют единую решетчатую систему. Они отличаются характерным рисунком на фотоснимках (линеаментызмейки, зигзаги), а в рельефе фиксируются прямолинейными кулисообразно подставляющими друг друга отрезками глубоко врезанных зигзагообразных в плане долин, приуроченных к раздвигам [Пиотровский, 1968]. Наиболее широко эти линеаменты развиты в пределах Алдано-Станового региона. Характерными их примерами являются долины рек Тимптон и Олекма. Расстояние между линеаментами этого типа достигает 50, 75, 100, 150, 175, 200, 225 и 250 км, причем шаг между наиболее четко выраженными линеаментами уменьшается от 175—225 км в центральной части Алдано-Станового свода до 150— 175 км в северной его части. Простирание субдолготных линеаментов составляет 20—35°. Они фиксируют скрытые разломы, обычно слабо отраженные на геологических картах. Заложение этих разломов, по-видимому, древнее, поскольку в пределах Алданского щита и Становой складчатой области они иногда разграничивают блоки с резко различающимся строением архейского фундамента.

В Забайкалье субдолготные линеаменты типа долин-раздвигов распространены реже, преимущественно на западе и востоке региона. Простирание их 350—10°, расстояние между ними 200—250 км. Отмечаются также линеаменты-уступы, фиксирующие взбросы, надвиги и сбросы (на западе и востоке Забайкалья) древнего заложения. Такие линеаменты с простиранием 20—30° широко развиты в Прибайкалье восточнее северной половины оз. Байкал. Они фиксируют разломы, контролирующие простирание северной части озера и Баргузинской впадины, часть хребтов и не относятся к линеаментам решетчатой системы. В Западном Приохотье субдолготные линеаменты типа долин-раздвигов развиты слабее, прерывисты, простирание их 30—35°, а расстояние между ними составляет 150 км.

В Нижнеприамурском районе субдолготные линеаменты развиты наиболее широко. Здесь проходит Сихотэ-Алинский пояс линеаментов шириной 500—600 км. Восточным ограничением этого пояса является четко видимый на снимках и в рельефе линеамент, приуроченный к Главному Сихотэ-Алинскому разлому мезозойского заложения. С запада пояс ограничивается линеаментом, отделяющим Амуро-Зейскую впадину от Туранского поднятия. Простирание линеаментов в поясе 20—30°, расстояние между ними 50—150 км. Заложение (или резкая активизация) Сихотэ-Алинского пояса относится к мезозою.

Формирование решетчатой системы новейших разломов происходило, по-видимому, в обстановке сжатия, ориентированного с юго-юго-запада на северо-северо-восток и вызванного сближением Буреинского массива и Восточно-Сибирской плиты, объединяющей Сибирскую платформу, Байкальскую и Становую складчатые системы. Наиболее интенсивно сжатие происходило непосредственно к северу от Буреинского массива, в пределах восточных частей Монголо-Охотской складчатой системы, Становой складчатой области и южной окраины Алданского щита. Этим сжатием можно объяснить образование решетчатой системы сопряженных новейших субширотных взбросов и надвигов, северо-восточных сдвигов, субдолготных раздвигов, общее сближение субширотных разломов в пределах центральной и восточной частей Алдано-Станового и Тукурингра-Джагдинского регионов, формирование субширотной системы кайнозойских складок коробления (включая Становос и Тукурингра-Джагдинское подпятия). По Сихотэ-Алинской системе разломов, ограничивающей Буреинский массив с востока и Затрагивающей его восточную часть, в это время происходило формирование правосторонних сдвигов. Новейшие движения в более слабой форме отразили мезозойский этап формирования и развития решетчатой системы разломов изученной территории.

На Камчатке к субдолготным линеаментам относится Срединно-Камчатская зона линеаментов шириной 20—30 км, состоящая из двух кулисообразно расположенных отрезков протяженностью 550—600 км, протягивающихся через весь полуостров, вдоль его оси, от Корякского нагорья до мыса Лопатка. Простирание зоны 20°, линеаментов в ее пределах 20—25°. На севере зона протягивается вдоль осевой части Срединного хребта и выделяется на телефотоснимках в виде темных и светлых узких линейных фотоаномалий. На юге Камчатки она ограничивает западный борт долины р. Камчатки в виде четкого уступа и далее вдоль верховьев р. Быстрой тянется к Курильскому проливу. В геологическом отношении Срединю-Камчатская зона линеаментов приурочена к Центрально-Камчатской структурно-фациальной зоне [Геология СССР, 1964].

Северо-восточная (забайкальская) система линеаментов (50-80°) наиболее хорошо развита в Забайкальском районе. Она представлена линеаментами с простиранием 50—70°, расположенными на расстоянии 25—50 км и более один от другого и образующими два пояса стущения шириной 200—250 км каждый. Первый из них, Байкало-Олекминский, протягивается от северной оконечности оз. Байкал до р. Олекмы. Линеаменты этого пояса оконтуривают северо-восточный и юго-западный фланги Байкальской рифтовой зоны, борта большинства рифтовых впадин, горные хребты. Второй пояс развит на юге Забайкалья и прослеживается от южной оконечности оз. Байкал. Линеаменты Южно-Забайкальского пояса контролируют общее простирание и контуры мезозойских владин забайкальского типа и выражены протяженными (первые сотни километров) речными долинами и уступами, ограничивающими горные хребты и впадины. Северным окончанием этого пояса можно считать Селенгино-Витимский линеамент — один из наиболее выраженных, протяженных (до 700 км) и прямолинейных линеаментов северо-восточной системы. Он протягивается от низовьев р. Селенги к северо-восточному отрезку долины р. Витим и на телефотоснимках выражен светло-серой прерывистой узкой линейной фотоаномалией, а в рельефе — подставляющими друг друга речными долинами, местами — прямолинейными ограничениями впадин или хребтов. В центральной части Южно-Забайкальского пояса линеаментов отмечается стущение впадин забайкальского типа.

Судя по прямолинейности, степени и характеру выраженности в рельефе, эти линеаменты отражают разрывные нарушения сколового происхождения, хотя среди них отмечаются и сбросы, взбросы, надвиги, особенно в пределах Байкальской рифтовой зоны. Новейшие разломы этой системы наследуют мезозойский и более древний структурные планы, поскольку являются согласными со структурами Байкальской и Монголо-Охотской складчатых систем. Южно-Забайкальская система линеаментов хорошо отражается в гравитационном и магнитном полях и фиксирует широко известный пояс [Хренов и др., 1977] северо-восточных разломов, развитых на юге Забайкалья.

Пересекая Забайкалье, северо-восточная (50—60°) система линеаментов продолжается в пределах Алдано-Станового региона, где становится более рассеянной и слабо выраженной. Линеаменты приобретают преимущественно восток-северо-восточное (60— 70°) простирание. Северо-восточные (50—60°) линеаменты отмечаются реже, главным образом на северо-западе региона, на продолжении Байкало-Патомского пояса линеаментов. Далее северо-восточная система уходит в Западное Приохотье, где простирание ее приближается к субширотному (70—80°) и она сливается с крайними северными линеаментами субщиротной системы линеаментов на востоке Алданского щита.

В рельефе Алдано-Станового региона линеаменты северо-восточного направления представлены короткими (до 50—100 км) прямолинейными отрезками речных долин, уступами, ограничениями горных хребтов. Наиболее четко фиксируется Тимптоно-Учурский пояс линеаментов, протягивающийся от верховьев рек Тимптон, Гонам, Сутам к низовьям р. Учур и являющийся продолжением Южно-Забайкальского пояса линеаментов. Ширина пояса 200 км, расстояние между линеаментами составляет 25, 50, 75 км. Пояс

хорошо выражен в гравитационном поле. На геологических картах Алданского щита ему соответствуют отдельные прерывистые или протяженные (Алдано-Суннагинский, Сунна. гино-Ларбинский и др.) разломы северо-восточного простирания [Геология СССР, 1972]. На обзорных геологических картах разломы этого направления в пределах Алданского щита нередко совсем не показаны. Продолжение Тимптоно-Учурского пояса линеаментов прослеживается и в пределах Западного Приохотья, только ширина его уменьшается, а степень выраженности линеаментов на снимках и в рельефе еще более ухудшается.

В Северном Приохотье продолжением этого пояса является Северо-Охотский пояс линеаментов восток-северо-восточного, близкого к субширотному (80°) простирания, шириной 100—200 км. Он протягивается вдоль северного побережья Охотского моря, контролируя общее направление контуров побережья, и трассируется отрезками речных долин, отдельными хребтами и цепочками мезозойских, омоложенных в кайнозое вулканогенных впадии. Севернее отмечаются отдельные разрозненные линеаменты с простиранием 70—75°, иногда 60°.

В целом Южно-Забайкальский, Тимптоно-Учурский и продолжающий их Северо-Охотский пояса линеаментов образуют единый Забайкало-Охотский пояс линеаментов протяженностью свыше 300 км, шириной 200-300 км, степень выраженности которого в рельефе и ширина уменьшаются с юго-запада на северо-восток. Этот пояс фиксирует протяженный региональный пояс разломов мезозойского заложения. В Забайкалье он контролирует локализацию малых интрузий мезозойского возраста [Вартанова и др., 1976] и Селенгино-Витимское поле сгущения мезозойских впадин забайкальского типа [Флоренсов, 1960], выполненных нижнемеловыми вулканическими и осадочными породами. В Становой складчатой области к нему приурочены пояса сгущения даек мезозойского возраста [Афанасов, 1969; Заболоцкий, 1972] и наложенные впадины, выполненные нижнемеловыми осадочными и вулканогенными породами. В пределах Тимптоно-Учурского мегаблока Алданского щита этот пояс контролирует простирание цепочки наложенных субширотных мезозойских впадин — Верхнетимптонской, Верхнегонамской, Верхнесутамской, Токариканской, Гувилгринской, Гюскангринской, Ытимджинской, Верхнегынымской, выполненных нижне-среднеюрскими терригенными и нижнемеловыми вулканогенными осадками, а также зоны повышенной концентрации мезозойских (позднеюрских-раннемеловых) малых интрузий, на что указывал еще Ю. К. Дзевановский [1956].

В Западном Приохотье к этому поясу приурочена полоса развития малых интрузий мезозойского возраста северо-восточного простирания. В Северном Приохотье пояс контролирует положение Северо-Охотской ветви Охотско-Чукотского позднемезозойского (раннемелового) вулканического пояса.

Заложение и наибольшая активизация Забайкало-Охотского пояса разломов относятся, по-видимому, к позднему мезозою (поздняя юра — ранний и поздний мел), причем отмечается общее омоложение мезозойских магматических процессов в восточном направлении. Возможно, пояс выступал в мезозое как гигантская сдвиго-раздвиговая зона, которая в кайнозое характеризовалась пониженным рельефом и представляла собой в целом протяженную синклиналь, обрамленную компенсационными антиклинальными вздутиями.

В пределах Нижнеприамурского района северо-восточные линеаменты представлены Нижнеамурским поясом линеаментов с простиранием 40—50°, шириной 450—500 км, протяженностью до 1000 км (в пределах СССР). Расстояние между линеаментами 50— 75, 100, 150 км. С запада пояс ограничен Селемджино-Удским линеаментом, с востока — Нижнеамурским, проходящим по левобережью нижнего течения р. Амур. В рельефе линеаменты этой системы выражены речными долинами и ограничениями хребтов, отчетливо прослеживающимися в Буреинском хребте, Баджальской горной стране, в системе хребтов и впадин Нижнего Приамурья. Система линеаментов приурочена к Сихотэ-Алинской складчатой области и к восточной окраине Буреинского массива и отражает разломы как согласные, так и секущие по отношению к структурам упомянутых геологических образований. Они нередко хорошо выражены в гравитационном поле. Заложение Нижнеамурского пояса (или его активизация) относится к мезозою.

Северо-восточные линеаменты в пределах Приохотья образуют широко распространенную рассеянную систему, состоящую из отдельных протяженных линеаментов и узких (25—50 км) зон сгущения с простиранием 25—40°, расположенных на расстоянии 150— 200 км одна от другой. В рельефе они выражены не очень четко и трассируются подставляющими друг друга отдельными отрезками широких зигзагообразных в плане долин, прямолинейными уступами, понижениями, водоразделами. Пояса сгущения приурочены к западному побережью Охотского моря и залива Шелихова, к Пенжинской губе. Эта система развита восточнее Сетте-Дабанской зоны линеаментов. Западнее нее линеаменты северо-восточной зоны имеют простирание 25—30° и южнее переходят в субдолготную систему линеаментов на востоке Алданского щита. Восточнее простирание линеаментов изменяется до 35—40°, а северо-восточнее — до 45°. Линеаменты этого простирания (35—40°) являются продолжением Нижнеамурской системы линеаментов в Приохотье и контролируют прямолинейные контуры западного побережья Охотского моря и залива Шелихова и положение северо-восточных отрезков Охотско-Чукотского вулканического пояса.

На Камчатке к северо-восточной системе относятся линеаменты с простиранием 40°, реже (на севере полуострова) 50°, отстоящие на 100—125 км один от другого, контролирующие прямолинейные контуры северо-западного и в какой-то степени и юго-восточного побережий, ориентировку Куюло-Таловского грабена, а также западные борта Центрально-Камчатского грабена, к которому приурочены вулканы Шивелуч, Толбачик, Безымянный и др.

Северо-западная система линеаментов (300—340°) наиболее широко развита в пределах Забайкальского района. В рельефе северо-западные линеаменты выражены слабее, чем северо-восточные. Наиболее отчетливо они проявлены на западном фланге Байкальской рифтовой зоны, ограничивая с торцов рифтовые владины (300---320°), а также на юго-западе Забайкалья (300—310, реже 320—340°) Расстояние между линеаментами 50, реже 75—100 км, в Байкальской рифтовой зоне иногда до 20—30 км. Ярко выраженных поясов сгущения не отмечается. Наиболее заметными линеаментами этого направления можно считать Главный Саянский и Олекмо-Амурский. Первый из них приурочен к Главному Саянскому разлому и его продолжению в Забайкалье, где он прослеживается на телефотоснимках в виде прерывистой линейной фотоаномалии вплоть до Хэнтэй-Даурского нагорья. Олекмо-Амурская дугообразная зона линеаментов шириной 50—75 км протягивается от левобережья р. Олекмы и далее вдоль долин рек Нюкжы и Амура. Простирание ее с севера на юго-восток изменяется с 340 до 310—320°. В пределах Сибирской платформы Олекмо-Амурская зона линеаментов совпадает с западным бортом Вилюйской синеклизы. В юго-восточном направлении она протягивается до побережья Японского моря. В пределах изученной территории эта зона отделяет Забайкальский район от Алдано-Амурского, разграничивая область развития линеаментов северо-западного направления в Прибайкалье и Забайкалье и решетчатую систему субширотных и субдолготных линеаментов в пределах Алдано-Станового региона. Западнее Олекмо-Амурской зоны субширотные линеаменты выражены слабо, субдолготные еще слабее и решетчатой системы не образуют. Восточнее Олекмо-Амурской зоны, в пределах Алдано-Станового региона, северо-западные линеаменты прерывисты, редки, слабо выражены, представлены отдельными долинами, уступами с простиранием 320-340° и не образуют четко выраженной системы. Отдельные линеаменты приурочены к древним зонам разломов (типа Тыркандинской) архейского заложения, слабо омоложенных в кайнозое [Юшманов, 1977]. В Нижнем Приамурье северо-занадные линеаменты (300--310°) являются восточными продолжениями субширотных линеаментов Алдано-Амурского района и рассмотрены при описании субширотных линеаментов. В Тукурингра-Джагдинском районе и Амуро-Зейской депрессии отмечаются разрозненные северо-западные линеаменты с простиранием 310---320°, примыкающие с юго-востока к Олекмо-Амурской зоне и являющиеся, по-видимому, ее продолжением. Северо-западная система линеаментов отражает скрытые поперечные разломы древнего (архейскопротерозойского) заложения, в различной степени омоложенные в позднейшие эпохи активизации.

Северо-западные линеаменты широко распространены в Северном Приохотье, на Камчатке.

В Северном Приохотье северо-западная (300—330°) система линеаментов является наиболее прямолинейной и выдержанной по простиранию, хорошо дешифрируется на снимках и имеет вид линеаментов-фотоконтрастов, а в рельефе выражена четкими уступами и линейными понижениями. Линеаменты группируются в пояса и зоны шириной 100—250 км, расстояние между линеаментами в которых равно 10—25 км, в то время как между зонами — 50—100 км. Одна из таких зон ограничивает с северо-востока Алазейское длоскогорье и сечет Юкагирское нагорье В предслах Колымской низменности линеаменты выделяются менее уверенно, чем в предслах нагорья, и связаны в основном с элементами гидросети и с отдельными уступами на границе плоскогорья и низменности. Более четко выделяются Момская и Верхнеиндигирская (Адыча-Индигирская) зоны,

ограничивающие широкий (до 350 км) Момско-Индигирский пояс линеаментов, который представлен протяженными речными долянами и ограничениями многочисленных горных хребтов. Линеаменты внутри пояса ветвятся, располагаются кулисообразно или пересекают друг друга (линеаменты с простиранием 300 и 330°). Общее простирание пояса 315—320°.

Из южнее расположенных северо-западных (300—310°) линеаментов особенно интересна зона, проходящая вдоль южной окраины субширотного отрезка Верхоянского хребта и вдоль хребта Сунтар-Хаята к Охотскому побережью, к устью р. Тауй. Ширина зоны 50—75 км, простирание 305°, протяженность более 1000 км. Она состоит из отдельных отрезков кулисообразно подставляющих и пересекающих друг друга линеаментов с простиранием 300—310, реже 315°. Эта зона приурочена к Алданской системе сдвигов раннемезозойского заложения [Межвилк, 1970; Парфенов и др., 1979] и к ее юго-восточному продолжению, активизированных в кайнозое.

Северо-западные линеаменты Северного Приохотья чаще всего секут кольцевые структуры и смещают отдельные части последних. Можно предположить, что линеаменты этого направления трассируют разломы со сдвиговой составляющей.

На Камчатке северо-западные линеаменты группируются в Поперечно-Камчатский пояс шириной 400 км, являющийся восточным продолжением Момско-Индигирского пояса Северного Приохотья. Максимальная протяженность пояса 475 км. По ширине он протягивается от устья р. Облуковина и Авачинской губы на юге до устьев рек Воямполки и Камчатки на севере. Расстояние между линеаментами 50—75 км и менее, простирание их 320—325°, реже 315 или 330°. В рельефе линеаменты выражены прямолинейными участками долин, уступами или понижениями. В ряде случаев по линеаментам пояса наблюдается смещение Срединно-Камчатской субдолготной продольной зоны, что позволяет предполагать сдвиговую природу Поперечно-Камчатского пояса. Создается впечатление, что в целом пояс несколько смещен (на 100—125 км) к югу и развернут к северу (на 5°).

Севернее Поперечно-Камчатского пояса наблюдаются разрозненные линеаменты с простиранием 300—310° (север Камчатки) и 320—330° (Корякское нагорье). Эти линеаменты тоже продолжают северо-западные пояса Северного Приохотья.

Меридиональная система линеаментов (350—10°) прослеживается главным образом в Приохотье и Нижнем Приамурье и представлена несколькими линеаментными зонами и поясами. Наиболее выраженным и протяженным (свыше 2700 км) среди них является Верхояно-Уссурийский пояс шириной 250-300 км, с простиранием 335—5°, протягивающийся от бассейна р. Яны на севере (Верхоянье) до р. Уссури на юге. Наиболее отчетливо пояс выражен в Западном Приохотье. Его восточной границей здесь является Сетте-Дабанская зона линеаментов, приуроченная к одноименному хребту и к зоне разломов, согласной с Южно-Верхоянской мезозойской складчатой системой. Ширина зоны 50-75 км, расстояние между линеаментами в ней 5-10 км. Для нее характерны кулисообразно расположенные, сменяющие друг друга в восточном направлении, ветвящиеся и пересекающие друг друга линеаменты. Ряд ответвлений этой зоны сопрягается с дуговыми линеаментами, как бы охватывая кольцевые структуры, другие же линеаменты пересекают их без изменения направления. При общем простирании зоны 5—10° простирание составляющих ее волнообразных линеаментов колеблется от 345 до 20°. На северном окончании хребта Сетте-Дабан зона сопрягается с северозападными разломами согласно изгибу хребта в этом направлении. Однако общее меридиональное простирание зоны сохраняется, и она прослеживается в междуречье Яны и Индигирки в виде отдельных протяженных, рассеянных, волнообразно изогнутых линеаментов с простиранием 0---20°.

Западнее, в восточной части Алданского щита, расстояние между линеаментами Верхояно-Уссурийского пояса увеличивается до 50—75 км, в огдельных зонах сгущается до 10—30 км. Степень их выраженности в рельефе уменьшается. Они представлены меридиональными отрезками рек Алдан, Учур, Мая, Маймакан и их притоков. Простирание линеаментов в целом меридиональное (0—10°), но из-за их волнообразности колеблется в пределах 350—10°. Восточные линеаменты этого пояса трассируются прямолинейными отрезками речных долин (левые притоки Алдана, низовьев Учура, р. Тыркан и др.) и отделяют Алдано-Амурский район от Приохотского.

В Нижнем Приамурье Верхояно-Уссурийский пояс выражен слабее линеаментов других направлений и представлен субпараллельными хребтами и впадинами Нижнего Приамурья, Баджало-Буреинской области. Расстояние между линеаментами колеблется от 40—50 до 75—100 км, простирание волнообразно изогнутых линеаментов 355—5°. Линеаменты пояса трассируют разломы, секущие геологические образования Монголо-264 Охотской палеозойской и Сихотэ-Алинской мезозойской складчатых систем и в отдельных местах являющиеся тектоническими ограничениями структурных элементов складчатых областей. В гравитационном поле меридиональные линеаменты Приамурья выражены нередко гравитационными ступенями протяженностью до нескольких сотен километров. Заложение Верхояно-Уссурийского пояса разломов относится к мезозою.

В Северном Приохотье меридиональные линеаменты развиты широко и представлены отдельными линеаментами и зонами сгущения (шириной 50—75 км) с простиранием 0—10°, расположенными на расстоянии 150—200 км друг от друга. Наиболее ярким их представителем является Индигиро-Охотская зона, расположенная в 300 км восточнее Сетте-Дабанской. Она имеет сложное строение и образована кулисообразными раскодящимися, ветвящимися и пересекающими друг друга линеаментами с простиранием 350—15°. Ширина ее местами достигает 100 км. Другие зоны представлены более выдержанными по простиранию (0—10°) линеаментами. Все они являются секущими по отношению к складчатым сооружениям Яно-Колымской складчатой системы и к Охотско-Чукотскому вулканическому поясу.

В Забайкальском районе меридиональные (350—10°) линеаменты относятся к субдолготной системе, образующей вместе с субширотной единую решетчатую систему, рассмотренную выше. Одной из характерных линеаментных зон этого направления является Чара-Жуинская (с простиранием 360°), которая приурочена к одноименной меридиональной зоне разломов древнего заложения, являющейся западным краевым швом Алданского щита. В пределах Алдано-Станового региона меридиональные линеаменты проявлены слабо, дешифрируются в виде рассеянных ландшафтных фотоаномалий [Гришкян, Малышев, 1976], почти не выраженных в рельефе, и на схеме не показаны.

#### Кольцевые структуры

Кольцевые структуры на изученной территории распространены широко и представлены концентрическими морфотектоническими объектами самых различных размеров, строения и генезиса. Из-за новизны и слабой геологической изученности этих образований в настоящее время возможна лишь самая общая их классификация, основанная на форме, размерах и строении. По этим параметрам среди кольцевых (концентрических) структур, выделенных на изученной территории с помощью морфотектонического анализа (с учетом масштаба карты), можно выделить следующие классы: 1) гигантские кольцевые структуры размером более 1000 км в поперечнике; на схеме отображен только полукольцевой фрагмент такого объекта; 2) крупнейшие суперовалы концентрического строения, размером 500—700 км и более; представлены единичными объектами; 3) крупные образования округлой и овальной формы, концентрического и вихревого строения, размерами 200—500 км в поперечнике; выявлено не более трех десятков таких объектов; 4) средние изометричные, реже овальные структуры концентрического строения, диаметром 100—200 км; число таких объектов определяется многими десятками; 5) мелкие округлые и овальные структуры концентрического строения, диаметром 40-60 км и менее; их число исчисляется многими сотнями; на схеме показаны только наиболее выраженные из них.

Концентрические структуры в пределах изученной территории распространены повсеместно и более или менее равномерно. Наибольшая их концентрация отмечается в пределах Охотско-Чукотского и Восточно-Сихотэ-Алинского вулканических поясов и на Камчатке.

Первый классохватывает гнгантские кольцевые структуры диаметром 1000 км и более. На схеме показано только южное полукольцо одной такой структуры диаметром 1100 км. Это кольцевое образование впервые было выделено при анализе топографических карт и описано как Алданская морфоструктура центрального массива. На нашей схеме она отображена фрагментарно и оконтуривается плавно сменяющими одна другую зонамя линсаментов: Олекмо-Амурской с запада, Тукурингра-Джагдинской с юга, Западно-Приохотской с востока. В ядре этой структуры залегают архейские образования Алданского щита, обрамленного по периферии более молодыми складчатыми системами. В геологическом отношении Алданское мегакольцо отражает древнейшее тектоническое образование центрального типа, сформировавшееся еще в архее, охватывающее земную кору и проникающее, по-видимому, в верхнюю мантию.

В торой класс тоже представлен только одним объектом — Буреинским овалом размером 500—700 км. Он охватывает большую часть территории Нижнего Приамурья и отображен на схеме почти полностью, за исключением юго-восточного фрагмента.

Буреинский овал вписывается в Сихотэ-Алинский пояс разломов северо-северо-восточного простирания и вытянут вдоль него. С востока он ограничивается Главным Сихотэ-Алинским линеаментом, с запада — Бурея-Гербиканским. Буреинский овал ограничен дугообразными речными долинами, понижениями и устулами и хорошо выражен на снимках и в рельефе, охватывая Баджальскую горную страну, Буреинский, Дуссе-Алинский, Ям-Алинский, Турганский, Малохинганский хребты. Наиболее приподнятой является северная часть овала, пруроченная к Баджальскому, Буреинскому и Дуссе-Алинскому хребтам. Южный и восточный фланги овала заняты Среднеамурской и Эворон-Чукчагирской впадинами. Западная и восточная окранны его имеют неровные кулисообразные зубчатые очертания. По ним происходит сочленение Туранского поднятия с Зейско-Буреинской равниной, окаймляющей Буреинский овал с запада, а также Эворон-Чукчагирской и Среднеамурской кайнозойских впадии с Сихотэ-Алинским хребтом, окаймляющим Буреинский овал с востока. Более детальный морфотектонический анализ ограничений Буреинского овала позволяет предполагать, что в их формировании определенную роль играли новейшие сдвиговые перемещения. Четкого концентрического строения овал не имеет. Геометрический центр его приурочен к верховьям р. Аргуня, к концентрическому объекту четвертого класса четкой концентрической структуры, обусловленной кольцеобразным расположением Баджальского и Буреинского хребтов вокруг Верхнеамгунской впадины. Днище ее располагается на 1—2 км (на юго-западе на 300-400 м) ниже водораздельного уровня хребтов.

Геологическое строение Буреинского овала гетерогенно. Он включает северо-восточную часть Буреинского массива и восточную часть Монголо-Охотской складчатой системы, которые занимают около трети площади овала, его западную и северо-западную окраины. Остальная территория овала относится к Сихотэ-Алинской мезозойской складчатой системе. В целом Буреинский овал заложился в мезозое и вновь активизировался в кайнозое. Его западная часть тяготеет к Хингано-Олонской вулканической зоне и к Тайканскому вулканическому прогибу мелового возраста. Восточная периферия овала трассируется полями вулканитов позднемелового, палеоценового, эоценового, миоценового и плиоцен-раннечетвертичного возраста. Юго-восточная периферия овала проходит по западной окраине Западно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса, сложенного вулканитами позднемелового—кайнозойского возраста и интрузиями позднемеловых гранитоидов. Центр Буреинского овала приурочен к Баджальской вулканической зоне меловых гонемелового возраста.

Буреинский овал отражается и в геофизических полях. Длинная северная полуось его приурочена к региональному гравитационному минимуму. Пониженные в рельефе периферические восточная, юго-восточная и южная части овала характеризуются положительными значениями гравитационных аномалий. Западная часть Буреинского овала подчеркивается полосовыми дифференцированными магнитными аномалиями.

По-видимому, Буреинский овал является отражением на земной поверхности крупного тектоно-магматического комплекса, образование которого связано с существованием и длительным развитием значительного по размерам глубинного (верхнемантийного?) магмоэнергогенерирующего очага, сформировавшегося еще в мезозое.

Третий класс представлен крупными кольцевыми структурами округлой и овальной формы, размером 300—500 км в поперечнике.

В Забайкальском районе выявлено восемь таких объектов размером от 200—250 до 300—400 км в поперечнике. В большинстве случаев они имеют овальную форму и вытянуты вдоль преобладающей в этой части района системы линеаментов. Длинная ось Патомского овала ( $250 \times 325$  км) приурочена к одному из самых северных линеаментов северо-восточной Забайкальской системы, Витимского овала ( $300 \times 375$ ) — к северозападному линеаменту, проходящему вдоль р. Витим. Северо-западное простирание имеет и Мамаканский овал ( $250 \times 300$  км), фрагментарно прослеживающийся в пределах субширотного Байкало-Ханинского пояса линеаментов. К Селенгино-Витимскому линеаменту приурочены Курбино-Удской ( $200 \times 250$  км), Верхневитимский ( $250 \times 400$  км) и Калаканский ( $200 \times 250$  км) овалы. Особняком стоят Торо-Жуинская и Чаро-Олекминская кольцевые структуры диаметром 350—400 км, расположенные в пределах западной части Алданского щита.

В Алдано-Амурском районе выявлены [Юшманов, 1979] Олекмо-Тимптонская (диаметр 500 км) и Тимптоно-Учурская (400 × 500 км) кольцевые структуры, на периферии пересекающие друг друга. В рельефе они представлены сложными незамкнутыми, нечетко выраженными кольцевыми горными системами с концентрической и радиально-концентрической морфоструктурой, выделяемыми по отдельным фрагментарным дугообразным хребтам различного раднуса кривизны с общим центром. Олекмо-Тимптонская горная система изометрична, обладает четкой концентрической морфоструктурой и представлена слабо выраженными хребтами шириной 10-20 км, с радиусом кривизны 100, 150 и 225 км. Ее ядро образует изометричное понижение рельефа диаметром 150 км. Тимптоно-Учурская кольцевая структура резче выражена в рельефе и более сложно устроена. Она вытянута вдоль Тимптоно-Учурского пояса линеаментов и на земной поверхности представлена резко выраженными хребтами шириной 20-60 км, с радиусами кривизны 175, 200 и 250 км. Периферическое горное кольцо окружает понижение размером до 200-250 км в поперечнике, в центре которого располагается Нингамский горный массив размером  $60 \times 75$  км. Обе кольцевые структуры обрезаются с юга Становым поясом линеаментов и в пределах последнего почти не прослеживаются или прослеживаются фрагментарно.

В Нижнем Приамурье отдешифрированы Нижнеамурская (450-500 км) и Шантарская (500 км) кольцевые структуры, пересекающие одна другую и накладывающиеся на северную и северо-восточную части Буреинского овала. Обе структуры располагаются в поле пересечения Верхояно-Уссурийского, Нижнеамурского и Сихотэ-Алинского поясов линеаментов и имеют четкое концентрическое строение, обусловленное чередованием кольцеобразных и дуговых речных долин, хребтов. Шантарская кольцевая структура располагается в приохотской части Приамурья, частично захватывая южную оконечность Западного Приохотья. Она характеризуется полукольцевой формой, поскольку береговой линией. Геометрический центр северо-востока обрезается С структуры располагается в районе Шантарских островов. Гипсометрический уровень земной поверхности в ее пределах понижается к центру. Ядро кольцевой структуры располагается ниже уровня моря, и лишь Шантарские острова приподняты на 300-400 м выше уреза воды. Концентрическая структура Нижнеамурской кольцевой структуры подчеркивается дуговыми участками хребтов Смальского, Чаятын, Пуэр, дуговыми отрезками рек Амура, Амгуни, Бичи и других, контурами береговой линии Охотского моря (в том числе Сахалинского залива и Амурского лимана), очертаниями бортов Эворон-Чукчагирской впадины. Геометрический центр Нижнеамурской кольцевой структуры находится в верховьях рек Харпи, Бичи, Боктор. Наиболее поднятой является западная окраина кольцевой структуры, приуроченная к хребтам Дуссе-Алинь, Баджальскому, Мяо-Чан, наиболее опущенной — центральная кольцевая зона (Эворон-Чукчагирская и Нижнеамурская впадины). Возможно, что окаймленный этими впадинами горный массив является действительным центром Нижнеамурской кольцевой структуры.

В Западном Приохотье выделяются Маймаканская (диаметр 325 км), Кыллахская (диаметр 325 км) и Юдомская (300 × 500 км) кольцевые структуры.

Маймаканская кольцевая структура охватывает восточную часть Алданского щита и располагается в области пересечения Верхояно-Уссурийского пояса линеаментов с Забайкало-Охотским. С запада она обрезается внешним ограничением Тимптоно-Учурской кольцевой структуры, с востока ограничивается Сетте-Дабанским поясом линеаментов. Маймаканская кольцевая структура отчетливо выражена на телефотоснимках и в рельефе системой вложенных один в другой дугообразных отрезков речных долин (реки Алдан, Маймакан, Омня) и отдельных горных хребтов и характеризуется концентрически-спиралевидным строением, которое почти не отражается ее вершинной поверхностью

Кыялахская кольцевая структура приурочена к Сетте-Дабанской зоне линеаментов и представлена только западной половиной. Восточнее этой зоны кольцевая структура практически не выражена. Она характеризуется отчетливым концентрическим строением, обусловленным дугообразными отрезками долин рек Алдана, Амги и их притоков, многочисленными дугообразными уступами и Кыллахским хребтом. Геометрический центр кольцевой структуры располагается в северной половине хребта Сетте-Дабан и приурочен к гидрографическому кольцу диаметром 25 км в среднем течении р. Ханды. Уровень вершинной поверхности в пределах кольцевой структуры понижается с востока на запад и к ее периферии.

Юдомский овал выделен в верхнем течении р. Юдомы [Гришкян, Юшманов, 1977]. Он вытянут вдоль Верхояно-Уссурийского меридионального пояса линеаментов и обрезается с запада Сетте-Дабанской зоной. Характеризуется концентрической спиралевидной морфологической структурой.

В Северном Приохотье отчетливо выявляются семь кольцевых структур этого класса: Нера-Индигирская — 350  $\times$  500 км, Среднеколымская — 200  $\times$  350 км, Омолонская — 300  $\times$  400 км, Ичигемская — 200  $\times$  350 км, Сугойская — 200  $\times$  350 км, Охотская —  $275 \times 350$  и Кулу-Кавинская —  $300 \times 400$  км. Кроме того, фрагменты дуговых линеа. ментов большого радиуса кривизны отмечаются и в других местах, что позволяет пред. полагать существование еще не выявленных объектов этого типа.

Нера-Индигирский овал приурочен к южной окраине Мома-Индигирского пояса линеаментов, к Верхнеиндигирской зоне (на пересечении ее с Охотской), по которой проходит его длинная ось. Северная и южная стороны овала обрезаны линеаментами пояса. Лучше дешифрируются западная и северная половины овала. Наиболее четко вырисовывается его ядро (125 × 200 км), оконтуриваемое полностью дугообразными отрезками рек Индигирки, Неры, Тымтея и включающее хребет Таас-Кыстабыт и Тарынский блок. Омолонская кольцевая структура имеет концентрическое вихреподобное строение. Среднеколымская кольцевая структура представлена полукольцом. Ичигемская и Сугойская кольцевые структуры частично обрезаны береговой линией залива Шелихова. Охотский и Кулу-Кавинский овалы, расположенные на северном побережье Охотского моря, характеризуются четкой концентрической структурой и вытянуты вдоль северного продолжения Западно-Охотской зоны линеаментов и вдоль Северо-Охотской зоны.

Особенностью крупных кольцевых структур Приохотья является сложное строение их ядерных частей, в которых нередко выделяется несколько интерферирующих кольцевых объектов более высоких рангов. Концентрическое строение кольцевых структур выявляется по отдельным дуговым линеаментам одинаковой кривизны, которые в большинстве случаев не замкнуты, а местами образуют спиралевидную или вихреподобную структуру (Юдомская, Омолонская и некоторые другие кольцевые структуры).

Все кольцевые структуры приурочены к крупным линеаментным зонам или линеаментам и располагаются на пересечении их с другими зонами и линеаментами.

На Камчатке выделяются две кольцевые структуры этого класса. Одна из них — Восточно-Камчатская представлена чебольшим фрагментом, оконтуренным дуговым линеаментом, который прослеживается от Камчатского залива в Авачинский залив. Центром этой структуры служит Кроноцкий залив. Размеры Восточно-Камчатской кольцевой структуры можно оценить в 500 км (если она изометрична). Другая, Западно-Камчатская, кольцевая структура диаметром до 300 км располагается в пределах Поперечно-Камчатского пояса линеаментов. Она отчетливо видна на снимках и имеет концентрическое вихреподобное строение, обусловленное соответствующим рисунком речной сети. С запада кольцевая структура обрезается береговой линией, с востока — Срединно-Камчатской зоной линеаментов. С юга она ограничена дуговым линеаментом по р. Иче, с севера — северо-западным линеаментом по р. Тигиль. Центр Западно-Камчатской кольцевой структуры приурочен к пересечению северо-западного и северо-восточного линеаментов.

Вопрос о геологической природе кольцевых структур этого класса является очень сложным и малоизученным. Большинство из них в той или иной степени отражено в геофизических полях. Геологическое строение их гетерогенно. Многие из них имеют древнее (архейско-протерозойское) заложение. Так, все четыре кольцевые структуры Алданского щита — Чаро-Олекминская, Олекмо-Тимптопская, Тимптоно-Учурская, Маймакапская — приурочены к его четырем широко известным [Фрумкин, Нужнов, 1968] мегаблокам — Олекминскому, Иенгрскому, Тимптоно-Учурскому и Маймаканскому — и отражают архейские ядра консолидации, неоднократно активизировавшиеся в последующие тектонические эпохи. Все эти кольцевые структуры контролируют распределение мезозойских щелочных интрузий, а Маймаканская — определяет и локализацию протерозойских щелочных ультраосновных пород. Интенсивную активизацию в позднем архее — протерозое пережила и Чаро-Олекминская кольцевая структура.

Омолонская и Среднеколымская кольцевые структуры приурочены к Омолонскому срединному массиву, а Охотская — к Охотскому, что также указывает на их древнее происхождение. Забайкальские кольцевые структуры (Патомская, Витимская) отражают строение протерозойских складчатых комплексов и палеозойских гранитоидных массивов (Мамаканский). Нижнеамурская и Шантарская кольцевые структуры заложились в мезозое и имеют магматогенное происхождение. Так же сформировались некоторые кольцевые структуры Приохотья и Камчатки. Происхождение части кольцевых структур (Кыллахская, Верхнеиндигирская) пока не ясно. Вихреподобные кольцевые структуры или отражают вращательные движения воздымающихся магматических масс, или связаны со сдвиговыми перемещениями блоков. Так объясняют некоторые исследователи [Шарапов и др., 1980] строение Западно-Камчатской кольцевой структуры.

Четвертый класс представлен кольцевыми структурами средних размеров (100-200 км), в основном изометричных, реже овальных. Число их достигает многих десятков или даже первых сотен. Они характеризуются четким концентрическим и радиально-концентрическим, иногда концентрически-вихреподобным строением и обычно хорошо выражены в рельефе в виде куполовидных или кольцевых поднятий. Они осложняют более крупные кольцевые структуры, располагаясь в их центральной части и на периферии, а также контролируются линейными зонами и поясами динеаментов. Кольцевые структуры данного класса нередко хорошо выражены в геофизических полях в виде изометричных или дуговых аномалий. Происхождение большинства структур этого типа, по-видимому, магматогенное. На это указывает приуроченность массивов гранитоидов различного возраста (от протерозойских до мезозойских) к ядерным частям кольцевых структур, а также интенсивное развитие кольцевых структур этого класса (в большинстве случаев обрезанных береговой линией) в пределах Охотско-Чукотского и Восточно-Сихотэ-Алинского вулканических поясов. Их типичным представителем является Центрально-Алданская кольцевая структура (до 100 км в поперечнике), контролирующая мезозойский магматизм и оруденение Центрально-Алданского района.

В Забайкальском районе отмечаются случаи размещения полуколец кольцевых структур по разным берегам оз. Байкал. Создается впечатление, что единые раньше кольцевые структуры были разорваны на две половины в результате раздвиговых тектонических процессов, сформировавших в кайнозое впадину оз. Байкал.

Пятый класс является наиболее многочисленным и охватывает многие сотни кольцевых структур размером 10-60 км в поперечнике, из которых на схеме показаны лишь некоторые. В большинстве случаев они имеют изометричную, реже овальную форму, нередко хорошо выражены в рельефе как куполовидные или кольцевые поднятия. Однако для многих из этих кольцевых структур вершинная поверхность совершенно не согласуется с их внутренним строением, обычно очень простым. Его элементами являются один внешний обвод, состоящий из участков речных долин и уступов, проходящих у подножия изометричного поднятия, или два-три таких кольцевых морфотектонических элемента. Центральное кольцо нередко ограничивает понижение в рельефе. Подобные образования наиболее характерны для южной части Станового поднятия, вызывая четко видимую на снимках «ячеистую» структуру земной поверхности, обусловленную множеством тесно расположенных (по принципу плотнейшей упаковки) и нередко пересекающихся кольцевых структур размером 20-75 км. Центральная часть большинства из них представлена округлыми понижениями рельефа. Широко развиты они и в других районах, где осложняют строение более крупных кольцевых структур. На Алданском щите объекты этого класса контролируют мезозойские и протерозойские интрузии центрального типа [Юшманов, 1975]. С этими кольцевыми структурами непосредственно связано размещение рудных районов и узлов.

Полуостров Камчатка <sup>1</sup> — эта область справедливо считается эталонной при анализе взаимодействия континентальных и океанических блоков земной коры. Именно здесь поставлены задачи тепловой ИК-съемки вулканических районов, детального и регионального дешифрирования линеаментов, изучения вулкано-тектонических круговых структур и глубинного строения региона [Геологическое..., 1978], поэтому дешифрированию структуры Камчатки посвящен специальный раздел.

Современная структура Камчатки начала формироваться в неогене, но район не вступил еще в стадию позднего орогенеза, интенсивно развивается и поэтому весьма дифференцирован на космических изображениях (рис. 98). Наиболее общей и заметной особенностью Камчатки является ее «полосчатое» строение, обусловленное чередованием вытянутых на северо-северо-восток структурно-фациальных зон, разделенных крупными нарушениями, что проявилось на телевизионных изображениях в виде чередования белых и темных полос.

Поднятие Срединного хребта на западе постепенно погружается под Охотское море. Оно сложено вулканогенно-осадочными породами мелового и третичного возраста, а также включает блок древних метаморфических пород (Малкинский свод), который с севера отсечен «шовной зоной». К сводовой части хребта приурочена зона растяжения, где образовался ряд грабенов, около которых возникли вулканы, дешифрируемые как линейно вытянутые цепочки внутреннего вулканического пояса.

Центрально-Камчатская депрессия является структурой современного прогибания, в центре которой находится одна из крупнейших в мире Ключевская группа вулканов.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Раздел написан И. В. Флоренским и П. В. Флоренским.



Рис. 98. Схема геологического строения Камчатки, дополненная результатами дешифрирования космических снимков, полученных с космических аппаратов «Метеор», «Ландсэт-1» и «Салют-4». По И. В. Флоренскому, П. В. Флоренскому [1976]

1-5 — отложения: 1 — четвертичные рыхлые, 2 — четвертичные вулканогенные, 3 — третичные вулканогенные, 4 — меловые и третичные дислоцированные, 5 — домеловые дислоцированные; 6 — вулканы; 7 — шлаковые конусы и одноактные вулканы; 8, 9 — разломы: 8 — хорошо выраженные в рельефе и геологической структуре, 9 — плохо дешифрируемыс; 10 — сбросы; 11 — дешифрируемые геологические и литолого-фациальные границы

Помимо ограничивающих ее северо-восточных разрывов, здесь дешифрируются два крупных северо-западных нарушения, находящиеся к юго-востоку и северу от вулкана Николка. По элементам ориентировки современного рельефа их можно отнести к правосторонним сдвигам. Эти разломы прослеживаются и дальше. С востока Центрально-Камчатская депрессия ограничена зоной взбросов. Видно, как по серии нарушений, пересекающих эту зону с востока на запад и срезающих ее, произошли правосторонние сдвиги, усложнившие передовой фас Восточно-Камчатских хребтов и определившие в плане его ступенеобразную границу.

Восточная Камчатка (хребты Валагинский, Тумрок, Кумроч) сложена геосинклинальными формациями в основном третичного возраста. К западной ее части приурочены линзы палеовулканов, заметные на изображениях, так как они, образуя более жесткие блоки среди плотных пород, интенсивно воздымаются.

Внешний, восточный, пояс современного вулканизма выделяется заснеженными вулканами. Меньшая насыщенность дешифрируемыми разломами объясняется тем, что здесь линеаменты перекрыты вулканогенными осадками. Однако, например, в районе Камчатского залива выделяется несколько систем линеаментов. Определяющее значение для воложения здесь вулкано-тектонических структур имеют места пересечения северовосточной линеаментной зоны с северо-западнымя и субширотными разломами. Кольцевые структуры связаны в основном с вулканическими аппаратами и крупными вулканотектоническими структурами, наиболее крупными из которых являются Гейзерный Узон и Малый Узон, а также Мутновский вулкан [И. В. Флоренский, П. В. Флоренский, 1976; Апрелков, Ежов, 1978].

На востоке Камчатка ограничена зоной нарушений, которые выражены на Камчатском полуострове линейно вытянутыми ультраосновными интрузиями, на Кроноцком полуострове — зоной чешуйчатых надвигов, а на Шипунском — перепадами рельефа. Судя по данным геофизики и батиметрическим исследованиям, система этих нарушений продолжается далее на юго-запад, определяя прямолинейное строение берега.

Таким образом, анализируя комплекс космических изображений Қамчатки, удалось получить новые сведения, выделить парагенезы структур, определить их относительный возраст, значимость для региона, отдешифрировать сопряженные линейно вытянутые зоны северо-восточного простирания, в отдельных участках — второстепенные разрывы северо-западного и субмеридионального простираний; установить, что современные вулканы и состоящие из них вулканические пояса вытягиваются в линейно вытянутые северовосточные зоны, выражающиеся как «структуры растяжения», отличающиеся повышенной проницаемостью системы разрывных нарушений.

Глава 22

## ЛИНЕЙНЫЕ И КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ Складчатой области

Из результатов космических съемок, используемых в геологических целях, особенно ценны мелкомасштабные космические снимки. Необходимость использования материалов дешифрирования таких снимков очевидна при изучении протяженных зон сквозных разломов фундамента и орогенных сводовых и мегаконцентрических структур, элементы внутреннего строения которых при наземных исследованиях очень трудно зафиксировать. В то же время, как показывают металлогенические исследования последних лет, такие структуры играют чрезвычайно важную роль в локализации и концентрации оруденения [Томсон и др., 1977; Кравцов и др., 1980].

Предлагаемая ниже характеристика линейных и концентрических структур Верхояно-Колымской складчатой области основана на результатах дешифрирования именно мелкомасштабных космических телевизионных снимков юго-западной части территории Северо-Востока СССР, включающей бассейны верхних течений рек Индигирки, Колымы и Юдомы (рис. 99). Были использованы телевизионные снимки малого разрешения в спектральном диапазоне 0,5—1,0 мкм, получение со спутников «Метеор-18, -25, -29».

Рассматриваемая территория охватывает бо́льшую часть Яно-Колымской мезозойской складчатой области. Охотский массив, окраинные восточные структуры Сибирской платформы, охотскую часть Охотско-Чукотского вулканического пояса и юго-западную часть Колымского срединного массива (эвгеосинклинальной области по С. М. Тильману и др. [1977]). В палеозойско-мезозойской истории развития региона выделяются три основных этапа: допозднепалеозойский эпикратонный, позднепалеозойско-мезозойский геосинклинальный и позднемезозойский послегеосинклинальный, или орогенный. С геосинклинальным и орогенным этапами развития региона были связаны интенсивная магматическая деятельность и формирование месторождений различных полезных ископаемых. В орогенный этап проходило также дальнейшее развитие трансрегиональных систем разломов и возникали разномасштабные, наложенные на складчатость концентрические структуры, которые играли ведущую роль в локализации как магматических образований, так и оруденения.



Рис. 99. Схема дуговых и линейных разломов Верхояно-Колымского региона

Дуговые и линейные разломы: 1 — отдешафрированные по космическим телевизионным снимкам, 2 ···· выявленные по геодого-геофизическим и геоморфологическим данным

Ν.

Системы нарушений двух типов — линейные и концентрические, унаследованно развивавшиеся и в более поздние этапы, устанавливаются при дешифрировании мелкомасштабных космических телевизионных снимков.

К первому типу разрывных нарушений, дешифрирующихся на космических телевизионных снимках, относятся протяженные сквозные системы линейных разломов северозападного, северо-восточного и субмеридионального направлений. В подавляющем большинстве случаев разломы, входящие в эти системы, хорошо коррелируются с разломами, выявленными при геологическом картировании.

Северо-западные разломы в Верхояно-Колымском регионе образуют три крупнейшие параллельные системы, протягивающиеся на значительные расстояния. Каждая из них состоит из серии сближенных протяженных, кулисообразно расположенных нарушений. В совокупности эти разломы образуют единую мощную зону повышенной проницаемости, связанную с развитием крупного блока земной коры, вытянутого в северо-западном направлении и охватывающего территорию бассейнов верхних течений Колымы, Индигирки и Яны. В пределах этого Верхояно-Колымского блока сконцентрирована основная масса интрузивов колымских гранитоидов и малых интрузий различного состава, а также оруденения кварцевого и силикатно-сульфидного типов.

Протяженность Верхояно-Колымского блока составляет 1400 км при ширине 300 км. В плане он имеет прямолинейные очертания и достаточно четкие дизъюнктивные границы. Верхояно-Колымский блок с северо-востока ограничен мощной системой разрывных нарушений северо-западного простирания — системой Черского, которая приурочена к зоне сочленения области мезозоид и Колымского срединного массива. Эта система разломов протягивается из верховьев рек Сугой и Балыгычан (правых притоков Колымы) через верховья рек Ясачной и Россохи в бассейны притоков Индигирки — рек Эрикит и Чибагалах. Далее на северо-запад разломы этой системы продолжаются в бассейн верхнего течения Яны. Вторая система северо-западных нарушений — Брюнгадэ-Омчакская является юго-западной границей блока и прослеживается с юго-востока на северо-запад из истоков рек Яма и Армань через верховья рек Кулу и Аян-Юрях в истоки Индигирки и ее левого притока Эльги.

Третья система северо-западных разломов — Адыча-Дебинская прослеживается в пределах самого Верхояно-Колымского блока от междуречья Буюнды и Тахтоямы через верховья рек Дебин, Берелех и долину р. Неры на северо-запад, в истоки р. Ольчан и в верховья р. Адычи. Совместно с Брюнгадэ-Омчакскими разломами она образует более крупную диагонально-лестничную систему, в которой оперяющими являются такие известные разломы северо-западного простирания, как Тарыно-Эльгинский, Мугурдах-Селериканский (в верховьях Индигирки) и Аян-Юряхский (в верховьях Колымы). Геофизические данные показывают, что перечисленные три эшелонированные системы разломов протягиваются далеко на северо-запад, пересекая структуры Верхоянского мегантиклинория, Приверхоянского краевого прогиба и Анабарского массива.

Юго-западнее Брюнгадэ-Омчакских разломов в том же северо-западном направлении прослеживается еще одна аналогичная система нарушений. От истоков р. Тыры она протягивается через хребет Сетте-Дабан на правобережье р. Алдан вдоль подножия южной части Западно-Верхоянского хребта. В юго-восточном направлении она, вероятно, выходит к Амахтонскому заливу, ограничивая с северо-востока Охотский массив.

Группа сквозных линейных разломов северо-восточного простирания в бассейнах верхних течений Индигирки и Колымы образует три системы — Верхнеиндигирскую, Верхнеколымскую и Армано-Сугойскую. Первая из них, пересекая верховья Индигирки, простирается от истоков рек Тыра, Сунтар и Кобюме в бассейн р. Момы. В ее состав входит и известный Эргеляхский разлом, который прослеживается на междуречье Индигирки и Неры и, судя по космическим снимкам, тянется далее на северо-восток, в верховья Момы. В юго-западном направлении разломы Верхнеиндигирской системы протягиваются на значительные расстояния в пределы Алданского выступа Сибирской платформы, пересекая, судя по геофизическим данным, структуры Сетте-Дабана.

Вторая протяженная система разломов северо-восточного простирания — Верхнеколымская прослеживается по отдельным ее фрагментам, выявленным на космических телевизионных снимках, и по закартированным геологической съемкой разломам в верховьях рек Кулу и Иня (в юго-западной части системы) и в среднем течении Колымы (в северо-восточной части). К одному из таких разломов приурочена долина р. Коркодом в нижнем течении. Вероятно, на юго-западе, в пределах Южно-Верхоянского синклинория, к этой системе относятся протяженные разломы северо-восточного простирания в верховьях рек Юдомы, Маи, и Ульи. Третья, Армано Сугойская система нарушений северо-восточного простирания прослеживается в юго-восточной части Яно-Колымского блока из истоков рек Боханча и Армань на юго-западе в бассейн верхнего течения р. Сугой на северо-востокс. Разломы, входящие в эту систему, дешифрируются на космических снимках и закартированы геологической съемкой.

Перечисленные системы разломов северо-восточного простирания являются трансрегиональными и оказывают определенное влияние на особенности геологического строения территории. Секущий характер по отношению к складчатым мезозоидам позволяет отнести эти системы к категории поперечных структур, известных в верховьях Яны.

К третьей группе сквозных линейных разрывных нарушений, которые дешифрируются на космических телевизионных снимках, относятся субмеридиональные разломы. В бассейнах верховьев Индигирки и Колымы некоторые из них были известны и ранее. Это Сетте-Дабанские, Прииндигирский, Омсукчанский, Коркодон-Наяханский и другие разломы. Дешифрирование космических снимков, дополненное геологическими и геоморфологическими признаками, позволяет выделять на этой территории еще ряд субмериднональных разломов. В совокупности с известными ранее они образуют единую субмеридиональную систему в пределах Индигиро-Колымского региона. Субмеридиональные разломы достаточно четко прослеживаются на сотни километров. Самый западный из них, Юдомо-Адычанский, проявляется на космических снимках в виде единой зоны, вытянутой более чем на 800 км от верховьев Юдомы и Аллах-Юни через истоки рек Томпо и Эльга к верховьям Адычи и Чарки. В пределах Южно-Верхоянского синклинория зона протигивается параллельно разломам Сетте-Дабанского антиклинория. В эту систему входит также протяженная зона Армано-Ясачинского сквозного разлома, которая на космических снимках прослеживается с юга на север от верховьев р. Армань через приустьевые части долин рек Дебин и Таскан в междуречье Колымы и Ясачной. Зона имеет длину около 600 км и состоит из нескольких прямолинейных параллельных или кулисообразно расположенных разрывных нарушений. Восточнее этой зоны на космических снимках дешифрируется еще один субмеридиональный разлом — Буюндинский, который протягивается от верховьев р. Ямы через меридиональный отрезок долины р. Буюнды в бассейн р. Суксукая. Он располагается между Армано-Ясачинским и Омсукчанским разломами и ограничивает с востока широтно ориентированное Оротуканское поднятие.

Заканчивая характеристику основных систем линейных разрывных дислокаций Индигиро-Колымского региона, отметим, что в Охотской ветви Охотско-Чукотского вулканического пояса на телевизионных космических снимках дешифрируются широтные нарушения, и среди них — отчетливо выраженный Челомджа-Ямский глубинный разлом.

Вторым типом разрывных дислокаций, которые дешифрируются на космических телевизионных снимках в пределах Индигиро-Колымского региона и Южного Верхоянья, являются дуговые и концентрические нарушения. Опыт исследований в других регионах показывает, что такие нарушения представляют собой закономерно развивающуюся систему внутренних дислокаций сводовых, мегаконцентрических и очаговых структур, которые с радиальными нарушениями того же порядка определяют сложное блоковое расчленение последних.

При дешифрировании космических телевизионных снимков Верхояно-Колымского региона в верховьях Индигирки, Колымы, Юдомы и Маи выявлены системы дуговых и концентрических разломов, которые относятся к концентрическим структурам разных размеров. Наиболее крупной из них является изометричная Колымская мегаконцентрическая структура I порядка, которая охватывает весь бассейн Колымы. Впервые она была выделена А. И. Садовским и др. На востоке граница структуры проходит по долине р. Коркодон, затем в устье р. Вилиги выходит к побережью залива Шелихова; на юге она, срезаясь Челомджа-Ямским широтным разломом, пересекает бассейн Ямы, Армани, Яны, Челомджи и выходит на западе на правобережье верховьев Индигирки; на севере граница пересекает долину Колымы ниже пос. Зырянка. Диаметр Колымской мегаконцентрической структуры достигает 650—680 км. Образование структуры, несомненно, оказало большое влияние на размещение полей вулканитов Охотско-Чукотского вулканического пояса, которые обрамляют ее с востока, юга и запада.

К мегаконцентрическим структурам II порядка, установленным по космическим телевнзионным снимкам в Верхояно-Колымском регионе, относятся Верхнеиндигирская, Верхнеколымская, Ясачнинская и Южно-Верхоянская. Первые две из них расположены в пределах Верхояно-Колымского блока. Верхнеиндигирская мегаконцентрическая структура располагается на территории бассейна верхнего течения Индигирки. Протяженность ее превышает 450 км, а в поперечнике она достигает 300 км. В плане структура

асимметрична, на юго-юго западе она обрезана Брюнгадэ-Омчакской системой северозападных разломов и осложнена Куйдусунской кольцевой вулкано-тектонической структурой. Во внутренних частях структуры отчетливо выделяются три субпараллельные системы дуговых разломов. Радиальная система внутренних дислокаций дешифрируется хуже. По характеру современного рельефа Верхнеиндигирская мегаконцентрическая структура не относится к типичным сводовым поднятиям. Для горного рельефа территории верховьев Индигирки характерна ярусность с повышением гипсометрического уровия вершинной поверхности от ядра структуры к се северной периферии.

Концентрическое строение Верхнеиндигирской мегаструктуры находит закономерное отражение в поле силы тяжести, которое имеет в бассейне верховьев Индигирки зональный характер.

Верхнеколымская мегаконцентрическая структура охватывает большую часть бассейна верхнего течения Колымы. Ее длина 450 км, ширина 250 км. В плане структура также несколько асимметрична за счет северо-восточного крыла, которое с одной стороны срезается северо-западными разломами системы Черского, ограничивающими Верхояно-Колымский блок, а с другой — осложняется сочленением и перекрытием с Ясачнинской мегакольцевой структурой. Верхнеколымская мегаконцентрическая структура по характеру выражения в современном рельефе относится к типу сводовых структур; ее центральная часть приподнята относительно периферической. Из внутренних разрывных дислокаций структуры при дешифрировании космических телевнзионных снимков были выявлены только дуговые разломы. Тем не менее некоторые из закартированных геологической съемкой нарушений, а также радиальная по отношению к центральной части свода ориентировка ряда речных долин позволяет говорить о существовании здесь и радиальных внутренних дислокаций.

Ясачнинская мегаструктура охватывает северную часть Колымской структуры I порядка. Она имеет в плане изометричную форму и диаметр около 350 км. На космических телевизионных снимках отчетливо дешифрируются дуговые разломы, которые совместно с закартированными геологической съемкой составляют единую концентрическую систему внутренних дислокаций структуры.

Следующей структурой II порядка в рассматриваемом регионе является Южно-Верхоянский свод. Он отчетливо дешифрируется на космических телевизионных снимках но системе протяженных дуговых разломов, которые прослеживаются в бассейнах средних и верхних течений Ульи, Маи, Юдомы, Аллах-Юня, Тыры и Агаякана. Контуры этой структры были намечены ранее В. Н. Брюхановым и др. [1977], а принадлежность ее к поднятиям установлена А. И. Садовским и др. Южно-Верхоянский свод был сформирован в пределах одноимешного синклинория и структур его обрамления. В плане он представляет собой ориентированный в субмеридиональном направлении овал, длина которого достигает 550 км, ширина — 200 км. На западе свод ограничен системой субмеридиональных Сетте-Дабанских разломов.

Верхнеянскую мегаконцентрическую структуру, располагающуюся в северо-западной части Верхояно-Колымского блока повышенной проницаемости, мы, не имея космических снимков, выделили по геологическим и морфоструктурным признакам. Структура имеет почти изометричную форму и достигает в поперечнике 500 км.

Мегаконцентрические структуры Верхояно-Колымского региона, их концентрические и радиальные внутренние дислокации оказывают существенное влияние на размещение магматических образований и оруденения. Среди интрузивных образований наиболее четко внутренними дислокациями контролируется положение свит даек, широко распространенных здесь. Последние образуют дугообазные (концентрические) зоны и поперечные к ним пояса радиальной системы. Элементы внутреннего строения мегаструктур влияют и на положение крупных гранитоидных интрузивов. Положение металлоносных зон также определяется их внутренними дислокациями. В Верхнеиндигирской и Верхнеянской структурах наиболее ярко представлены дуговые и радиальные рудные зоны; в Верхнеколымском своде основное влияние на размещение рудных зон имеют дуговые разрывные дислокации и купольные поднятия.

Помимо мегаконцентрических структур, на космических телевизионных снимках региона дешифрируются кольцевые структуры меньших масштабов. По размерам их можно объединить в две группы: первая — с диаметром до 200 км и вторая — 100 км и меньше. К первой группе относятся Куйдусунская, Верхнеаллах-Юньская, Верхнемайская, Охотская, Челомджанская, Верхнекоркодонская. В некоторых из них достаточно отчетливо дешифрируются внутренние дуговые и радиальные дислокации.

Кольцевые структуры второй группы были выявлены нами в основном в пределах

18\*

Верхнеиндигирской и Верхнеколымской мегаструктур. Одна из них — Верхнетарынская по характеру современного рельефа представляет собой купол. Она располагается в центральной части Верхнеиндигирской мегаструктуры, имеет близкую к изометричной форму и достигает 110 км в поперечнике. В центральной части структуры располагается Тарынский субвулкан. В пределах Верхнетарынского купола дешифрируются две более мелкие кольцевые структуры, достигающие в поперечнике 50 км. Другой купольной структурой, хорошо дешифрируемой на космических телевизионных снимках, является Сунтарская, располагающаяся между реками Сунтар и Агаякан. Наиболее высокогорной является ее юго-западная часть, входящая в состав хребта Сунтар-Хаята. Западный, северный и восточный фланги купола отличаются меньшими высотами, а центр опущен еще ниже и ограничен дуговыми разломами.

Значительно большее количество кольцевых структур, относящихся ко второй группе, удается установить в пределах Верхнеколымского мегасвода. При этом подавляющее большинство купольных поднятий располагается в периферической зоне мегаструктуры. Это Арманская, Буюндинская, Сеймчанская и другие структуры.

Как правило, кольцевые структуры диаметром меньше 200 км в Верхояно-Колымском регионе контролируют рудные районы и узлы, положение которых во многом определяется внутренними радиально-концентрическими дислокациями структур.

Глава 23

#### ПЛАНЕТАРНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ ИЕРАРХИЯ ПО ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ, ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ И КОСМОСЪЕМОЧНЫМ ДАННЫМ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ

Геологическая интерпретация линеаментов, дешифрируемых на космических снимках разного разрешения, сопряжена с необходимостью их ранжирования (классификации). Последнее требует строгого определения объекта (региона), по отношению к которому рассматриваются линеаменты. В самом общем виде можно выделить не менее трех возможных уровней проявления линеаментов, соответствующих трем взаимосвязанным и взаимодействующим системам планетарного масштаба. Это тектоносфера в целом, построенная из элементов (объектов), различающихся на уровне верхней мантии, например из конвекционных ячей (I); система плитной структуры, построенная из объектов — плит, различающихся на уровне литосферы или астеносферы (II); система геотектур, построенная из объектов — континентов и океанов, различающихся на уровне коры — континентальной или океанической (III). В современной структуре Земли, запечатленной в рельефе ее поверхности, должны адекватно отразиться как собственная структура этих систем, так и объекты, возникщие в процессе взаимодействия целых систем или их элементов и образующие на первый взгляд хаос форм, трудно поддающихся расчленению. Выделение ликейных объектов, принадлежащих к той или иной системе, возможно, если использовать «фильтрацию», основанную на выборе определенной системы наблюдений.

Очевидно, что по отношению к элементам систем II и III линейные объекты могут занимать в плане два основных возможных положения — транзитное (в том числе пограничное) и внутреннее, определяющее черты внутренней упорядоченности структуры элемента системы. В отношении системы I транзитность линеаментов, по-видимому, должка определяться их относительно непрерывным прослеживанием от полюса до полюса, вдоль широтного круга или в другом направлении, независимо от границ плит или их группировок. С таких, наиболее протяженных, целесообразно начинать ранжирование линейных объектов.

Однако такие объекты не прослеживаются непрерывно даже на космических снимках глобальных уровней генерализации, поскольку фотографированию из космоса доступно менее 30% поверхности Земли, остальные скрыто водой и облаками. Поэтому для трассирования линеаментов через границу суша— море и континентальный склон специалисты вынуждены стыковать результаты анализа различных материалов: для сущи — космических снимков, для морского дна топографических карт Это нарушает единство картируемых свойств объектов. Отсюда вытекает необходимость признать наиболее общим критерием, на основе которого можно построить классификацию крупнейших
<sub>лин</sub>еаментов, их отношение к глобальному рельефу и к данным спутниковой гравиметрии <sub>как</sub> к свойствам Земли, наиболее непрерывно и равноценно наблюдаемым в мелких <sub>масці</sub>табах. Эти материалы приняты нами в качестве основы для анализа размещения <sub>кру</sub>лнейших линейных объектов западного сектора восточного полушария.

Научно-методической базой для выявления и картирования планетарных линеаментов приняты представления о регматической сети и ее возможных элементах, таких, как линии Шатского, Николаева, Тейссера—Торнквиста, Урало-Оманский линеамент и другие, а также данные о вероятном распределении глобальных напряжений [Долицкий, Кийко, 1963; Стовас, 1963; Долицкий, 1978], с которыми согласуется регматическая сеть. Эти представления позволяют изучить качественное распределение глобального рельефа и гравитационных аномалий по отношению к пространственной системе наблюдения, образованной сеткой параллелей, меридианов и диагоналей через узлы их пересечения.

Основным картируемым объектом был избран линейный объект, под которым понимались: а) протяженные прямолинейные или дугообразные зоны скачкообразного изменения свойств земной поверхности (ландшафтных, топографических, геологических, оптических и др.) или физических полей; б) прямолинейные (дугообразные) границы между объектами земной поверхности (се изображения) или геофизического поля, отличающимися друг от друга типом объемной упорядоченности внутренней структуры геоморфологической, геологической, геофизической, фототональной и др. Последнее определение подразумевает наличие дополнительного картируемого объекта — площадного, т. е. области, отличающейся от других определенным типом упорядоченности внутренней структуры.

Элементы планетарной упорядоченности, закономерности развития форм рельефа и геологической структуры, в том числе линейной зональности и линейных форм (разломов, линеаментов), известны давно. Достаточно вспомнить наблюдения В. Хоббса [Hobbs, 1904, 1911], «зоны эпирогенетических движений» Земли Б. Л. Личкова [1927], ортогональную систему морских поясов земного шара Д. Г. Панова [1966] или меридиональные и широтные «орографические волны» Ю. А. Мещерякова [1972]. Приведем некоторые дополнительные данные и представления, которые непосредственно связаны с космическими методами исследований и могут пролить свет на целый ряд отмеченных в предшествующих главах закономерностей развития линеаментов.

Геоморфолотическое отражение планетарных линейных поясов. Качественный анализ приращений относительных высот рельефа суши и дна океанов восточного полушария вдоль параллелей и меридианов (анизотропное преобразование), а также изучение типов упорядоченности элементов горизонтального расчленения рельефа позволяют обнаружить ряд закономерно ориентированных относительно оси вращения планеты глобальных валов и депрессий, образующих протяженные пояса, а также разнопорядковые линеаменты и линеаментные зоны.

В плане меридиональной упорядоченности форм рельефа планеты к числу поясов I ранга отнесены субмеридиональные мегавалы Афро-Европейский (без Западной Африки). Австрало-Восточно-Сибирский (без Восточной Австралии и Северо-Востока Евразии) и разделяющая их мегадепрессия — Индоокеанско-Западно-Сибирская, осложненная внутренним валом II ранга — Индо-Ямальским (рис. 100, A).

Пояса 1 ранга построены из чередующихся валов и депрессий 11 ранга и «гаснут» к северу от зоны Северного полярного круга. В пределах мегавалов наибольшая площадь занята относительно положительными формами мега- и макрорельефа — высокими равнинами, плоскогорьями, горными областями, а понижения между ними чаще всего имеют щелевидный облик как на суше, так и в подводном рельефе. Это видно на примере соотношения площадей, занятых долинами и возвышенностями в Центральной, Восточной и Южной Африке, Центральной Европе и в западной части Индийского океана (Сомалийская котловина, Мозамбикский пролив) В Индоокеанско-Западно-Сибирской мегадепрессии, между 60 и 90—100° в. д., наоборот, преобладают относительно отрицательные формы мега- и макрорельефа — низменности, равшины, широчайшие речные долинывиадины, обширные абиссальные котловины океана, тогда как относительно положительные формы нередко имеют гребневидное сечение (меридиональные хребты Индийского океана, Уральский хребет, Ямало-Казахстанский фрагмент Индо-Ямальского пояса, Сахалинско-Западно-Австралийский вал в зоне 140-го меридиана).

В плане широтной и диагональной упорядоченности форм рельефа (см. рис. 100, *Б*, *В*) субмеридиональные пояса 1 ранга осложнены широтной областью концентрации относительно положительного макрорельефа (см. рис. 100, *Б*) в интервале 30--50° с. ш. к западу от меридиональной зоны 85-90° (100°) в. д. и в интер-





Puc. 100. Анализ упорядоченности рельефа восточного полушария Земли

А — меридиональная зональность; Б — широтная зональность.

I — граннцы поясов I ранга — мегавалов (1 и III) и мегадепрессий (II); 2 -- участки относительно положительного рельефа; 3 — то же, в широтно ориентированных поясах; 4 - зоны относительно отрицательного рельефа — плоскогорный «фоновый» рельеф Африки, Иранского нагорья и Восточной Сибири; 5 — диагональные лицеаментные зоны.

В — основные рельефообразующие линеаменты: 1 — линеаменты; 2 — то же. разделяющие круппые области с различным типом упорядоченности тектонического рельефа и линеаментов; 3 — осевая зоца системы средкниых хребтов Индийского океана

вале 10° ю. ш. — 55—60° с. ш. к востоку от этой зоны. Эта область соответствует поясу активизации новейших движений и соответственно концентрации складчато-блоковых деформаций различных типов. Интересно, что Центрально-Американское «продолжение» этого нояса находится между 10 и 30° с. ш., скачкообразно сужаясь и смещаясь к югу также относительно субмеридионального пояса растяжения 1 ранга — мегадепрессии Атлантического океана.

К элементам I ранга, осложняющим структуру меридиональных мегавалов и мегадепрессий, следует отнести, вероятно, пояса мегадепрессий Средних широт и Субэкваториальный (см. рис. 100, Б) и диагональный Исландско-Австралийский пояс концентрации линейных форм рельефа.

Наиболее выражены в рельефе меридиональные пояса; широтные и диагональные играют подчиненную роль. В то же время наибольшие соотношения абсолютных высот и глубин в широтных поясах достигаются при пересечении последних с Индоокеанско-Западно-Сибирской мегадепрессией (Тибетско-Гималайский горный узел, Центральная, Кокосовая и Западно-Австралийская котловины Индийского океана).

К числу поясов 11 ранга, образующих ортогональную систему, отнесены среди прочих такие валы, как Транскавказский, включающий линию Шатского, Урало-Индоокеанский, включающий Урало-Оманский линеамент, Индо-Ямальский, а также депрессии, разделяющие их. Распределение поясов может быть проиллюстрировано изменением относительных превышений рельефа глобального уровня генерализации вдоль 42—44° с. ш. между 28 и 80° в. д. С запада на восток в этой зоне расположены: Черноморская впадина, Кавказский «перещеек», Каспийская впадина, возвышенность Мангышлака и Устюрта, Арало-Амударьинская впадина, Центрально-Кызылкумская возвышенность, Голодностепско-Восточно-Кызылкумская впадина, Памиро-Тяныцань, ский ороген. Резко отличаясь высотой относительно уровня моря, эти элементы макрорельефа сопоставимы по горизонтальным размерам и охватывают по широте дугу в 4-6, 8-10 или 12-16°. Именно такую ширину имеют меридиональные планетарные пояса II и III рангов, выделяемые в восточном полушарии.

Среди элементов широтной структуры II ранга можно отметить пояса концентрации линеаментов, выраженных в рельефе. К ним относятся пояса: Северного полярного круга (Циркумполярный), Срединный северного полушария, Тридцатых-сороковых широт, включающий «пояса разлома» В. А. Магницкого [Стовас, 1963; Панов, 1966], Северного тропика, Субэкваториальный и их аналоги южнее экватора. Широтные пояса представляют собой зоны резких изменений свойств поверхности суши, в том числе резких продольных и поперечных градиентов рельефа.

Среди диагональных поясов II ранга, имеющих северо-восточное простирание, можно отметить такие, как Ливийско-Таймырский, Афро-Азиатский и Индонезийско-Японский, Афро-Азиатский пояс является крупнейшим в этой системе и включает горные области «Высокой» и Восточной Африки, Аравии и части Высокой Азии, а также соответствующие им отрезки подвижных поясов [Хаин, 1971]. Характерной чертой этого пояса является преобладание субширотной или субмеридиональной ориентировки образующих его горных систем, диагональной к простиранию самого пояса.

К поясам северо-западного простирания относятся Скандинавско-Индийский и Баренцево-Микронезийский, а также ряд других. «Пустотные коридоры» на указанном рисунке отвечают поясам минимального на данном уровне генерализации горизонтального и вертикального расчленения рельефа и соответственно минимальной концентрации наблюдаемых линейных форм рельефа.

Два наиболее крупных диагональных пояса — Исландско-Австралийский I ранга и Афро-Азиатский II ранга — соответствуют положению диагональных элементов в поясах неотектонической активизации северной части восточного полушария (30— 55° с. ш.) и сильно генерализованным очертаниям континентального склона Индийского океана южнее этой зоны. Узел пересечения упомянутых диагональных элементов охватывает область, включающую Персидский залив, Аравийское море и юг Иранского нагорья.

Как внутри поясов II ранга, так и на границах между ними обнаруживаются планетарные линеаменты и линеаментные зоны меньших масштабов. Областями распространения последних являются обычно широтные пояса I ранга (см. рис. 100, Б), а границами — широтные пояса II ранга. Такое расположение упомянутых линеаментов и линеаментных зон позволяет считать их планетарными линейными формами III ранга, внутренними (см. выше) по отношению к указанным поясам. Среди них можно отметить такие крупнейшие линеаменты, как Крымско-Кавказско-Копетлатский [Расцветаев, 1974], целиком расположенный в поясе Тридцатых-сороковых широт, Баренцево-Монгольский, наследующий Баренцево-Микронезийский пояс II ранга, но не прослеживающийся южнее пояса Тридцатых-сороковых широт, Североземельско-Камчатский, также «гаснущий» в Тихом океане в зоне 30—40° с. ш.

Крупнейшим линеаментом (или линеаментной зоной — в зависимости от уровня генерализации рельефа) северо-западного простирания является Датско-Загросский, представляющий собой часть Исландско-Австралийского пояса. Он прослеживается в рельефе с северо-запада на юго-восток до сопряжения с широтным поясом Северного тропика, южнее которого он смещен к зоне юго-западного континентального склона п-ова Индостан. Как линеамент на глобальном уровне генерализации рельефа он теряется только в Субэкваториальном поясе депрессий.

Планетарные линеаменты (зоны) III ранга, наблюдаемые в глобальном рельефе, соотносятся с поясами I и II рангов по-разному. Обычно наиболее отчетливо выражены те из них, которые связаны с диагональными системами поясов I и II рангов. Широтные линеаменты III ранга наиболее отчетливы в поясе Тридцатых-сороковых широт, где чаще всего привязаны к 40 и 44—45° с. ш.

Меридиональные линсаменты, наиболее ярко выраженные в рельефе в виде самостоятельных форм, тяготеют к поясам мегадепрессий Средних широт (Днепровско-Волховский, Уральский, Енисейский линеаменты) и к Субэкваториальному (хребты Мальдивский и Девяностого градуса, Восточно-Африканская рифтовая система).

Из рис. 100 видно, что планетарные пояса и линеаменты не являются непрерывными на всем их протяжении. Это было отмечено В. Е. Хаиным в отношении систем глубинных разломов, образующих линеаменты [Хаин, 1973]. Что касается прерывистости меридиональных поясов II ранга, здесь заметную роль играют диагональные пояса северо-западного простирания, создающие эффект правостороннего смещения частей меридиональных поясов. То же наблюдается и в соотношении этих диагональных форм с широтными поясами. Левостороннее смещение последних, однако, менее значительно. Все это отвечает системе левых и правых сдвигов Евразии, полученных С. С. Шульцем при дешифрировании глобального снимка Земли [Шульц, 1976].

Таким образом, при анализе глобального рельефа Земли на соответствующем уровне генерализации меридиональные пояса оказываются наиболее выраженными, определяя наличие гигантских субмеридиональных мегавалов и мегадепрессий. Меридиональные и особенно широтные пояса играют определенную роль регуляторов в распределении тех или иных форм мега- и макрорельефа, их внутренней упорядоченности, в том числе в распределении выраженных в рельефе линеаментов и линеаментных зон. Диагональные пояса определяют морфологию границ широтных и меридиональных поясов, их внутреннюю упорядоченность, характер прослеживаемости в рельефе.

Геофизический контроль планетарных структур<sup>1</sup>. Сопоставление планетарных поясов, выявленных в рельефе, с планетарными аномалиями геопотенциала и крупнейшими региональными аномалиями силы тяжести, полученными при обработке данных мировой гравиметрической съемки [Жонголович, 1952; Гравитационное..., 1979] и наблюдений за отклонениями орбит искуственных спутников [Козленко и др., 1978], указывает на их тесную корреляцию.

Из карты превышений геоида над эллипсоидом видно, что Афро-Европейский, Австрало-Восточно-Сибирский мегавалы и разделяющая их Индоокеанско-Западно-Сибирская мегадепрессия отображаются соответственно повышенными и пониженными значениями геопотенциала I порядка. Такие пояса, как Афро-Азиатский, Исландско-Австралийский, Субэкваториальных депрессий, Таймыро-Индокитайский и некоторые другие, отображаются зонами градиентов аномалий геопотенциала, локальными аномалиями геопотенциала в разложении выше 5-го порядка или региональными аномалиями осредненного поля силы тяжести.

Имеющиеся в литературе оценки залегания источников аномалий геопотенциала [Тараканов, 1977] находятся на глубинах 900—1300 км, а источников суперрегиональных аномалий силы тяжести — на глубинах 200 700 км. Это дает оспование связывать яланетарные пояса I ранга с рельефом подошвы верхней мантии, а планстарные пояса II ранга — с вариациями рельефа нижней границы астеносферы или с морфологией границ фазовых переходов вещества верхней мантии.

Широтные аналоги планетарных поясов обнаруживаются в сферах менее инертных, чем литосфера или мантия, — в гидросфере и атмосфере. Такие широтно-зональные возмущения, как океанические течения, пояса низких и высоких давлений и пояса их градиентов в атмосфере пространственно совпадают с распределением планетарных поясов «упорядоченности» Земли [Атлас..., 1977]. В частности, в Индийском, Атлантическом и особенно в Тихом океанах под каждым из широтно-зональных течений в рельефе дна обнаруживается гигантская зона разломов (табл. 8). Все это говорит о едином ротационном генезисе поясов глобальной зональности лито-, гидро- и атмосферы планеты, различно выраженных в силу разной «компетентности» инертных сред по отношению к изменениям ротационного режима.

Поскольку зональность физико-географических явлений в значительной мере отражает ротационный режим планеты, надо полагать, что с ним связаны также широтная и сопряженные с ней меридиональная и диагональная «зональности», обнаруживаемые при анализе глобального рельсфа.

Элементы отражения планетарных структур в геологическом строении суши. Широтно-зональная упорядоченность современной геологической структуры и распределение древних зон деформаций земной коры достаточно подробно рассмотрена в работах В. А. Цареградского [1963] и М. В. Стовас [1963]. Элементы общепланетарной (регматической) сети линейных структур отражаются в геологическом строении Земли в виде таких известных в литературе линеаментов, как Урало-Оманский, Становой, «линий» Николаева, Шатского, Тейссера — Торнквиста, Дикси и др.

Пояса I, II и III рангов отражаются в распределении изометричных геологических объектов, что обнаруживается на мелкомасштабных геологических картах. Такие кратоны, как Восточно-Евронейский, Африканский, Аравийский или Индостанский,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Раздел написан при участии М. М. Семендуева.

Таблица 8

### Соответствие разломов и течений в Атлантическом (I) и Тихом (II) океанах

Разлом	I Течение	11	
		Раздом	Теление
Система Сан Паулу— Ро- манш—Чейн	Южное Пассатное (эквато- риальное)	Мендосино	Северо Тихоокеанское
Система Фолкленд Система Карибская—Зеле ного мыса	Западных ветров Северное Пассатное	Кларион Клиппертон Галапагос Элтанин	Северное Пассатное Экваториальное Южное Пассатное Западных ветров

Тибетская и Иранская «глыбы», Казахский щит, Туранская и Западно-Сибирская плиты обрамляются диагональной системой поясов II и III рангов, определяя, в част ности, и «клиновидную форму материков», замеченную Ф Бэконом и М В Ломоносовым [Панов, 1966] Внутренняя структура этих геологических объектов (подпорядковая) и их внешние связи (надпорядковые) между собой заметно подчиняются ортогональному планетарному плану I и III, IV рангов На территории СССР этот факт может быть уста новлен при сравиении Тектонической карты фундамента [1974] и Схемы зон глубинных разломов [1977]

Соответствие структурного плана суши планетарной поясной зональности, не только широтной, но также меридиональной и диагональной, проявляется в современном рас пределении докембрийских структурно-вещественных комплексов и в распределении современных и древних зон активизации тектонических движений [Хаин, 1971, 1979] Например, ограничения Афро Европейского «мегавала» совпадают с крупнейшими линейными поясами концентрации деформаций Североморско-Гвинейским поясом, включающим Рейнско-Ливийскую рифтовую систему, и Урало Индоокеанским поясом, включающим известные дислокации и особенности Урало-Оманского «суперлинеамента» Одновременно эти ограничения отвечают зонам гренвилльско байкальской (на западе) и готско-байкальской (на востоке) активизации

Распределение зон ассинтской (байкальской) складчатости [Милановский, 1976] и структурно-вещественных комплексов докембрия [Борукаев и др., 1977] указывает на исключительную роль в современном расположении докембрийских платформ и кристаллических массивов, в их внутренней структуре и позднейшей активизации не только 30—40-х и 60-х широт [Стовас, 1963, Цареградский, 1963], но также меридиональных зон 20° з д и 10 60, 90—100 и 140° в д и на заметную роль Ислаидско-Австралийской, Баренцево-Монгольской и Североземельско-Камчатской диагоналей (рис 101)

Концентрация некоторых зон новейшего рифтогенеза вдоль границ мегавалов I ранга, преобладание нисходящих неотектонических движений в пределах мегадепрессий I ранга [Карта , 1956] и преимущественное развитие в их пределах процессов современной аккумуляции позволяют говорить о мегадепрессиях как о глобальных поясах «фонового» растяжения, а о мегавалах как о поясах «фонового» планетарного сжатия, ориентирован ного вдоль широт При этом высокие градиенты «фоновых» напряжений, судя по распределению крупнейших рифтовых зон континентов, расположены в поясах сопряжения мегавалов и мегадепрессий

Космогеологический контроль планетарных структур. Выделение линейных структур, имеющих планетарное распространение на глобальных снимках Земли, затруднено атмосферными и гидросферными помехами, из-за которых они могут наблюдаться лишь фрагментарно Детали крупнейших линейных зон и отдельные зоны рассматривались в статье С С Шульца (мл) [1976] и в ряде других исследований [Копп, Расцветаев, 1976, Грифонов, 1976, Скарятин, Атанасян, 1976, и др ] Можно лишь еще раз отметить, что практически все линейные структуры, дешифрируемые на снимках глобальных уровней генерализации, оказываются в составе того или иного из указанных поясов, распола гаясь преимущественно внутри них или по границе с «пустотным коридором» В пределах последних на соответствующих уровнях генерализации дешифрируется, как лравило, наименьшее количество линеаментов

На космических снимках более низких, чем глобальный, уровней генерализации, например полученных со спутников серии «Метеор», планетарные пояса II и III рангов прослеживаются либо в виде зон концентрации линеаментов, либо в виде тональных полос, не всегда имеющих четкие границы, но протягивающихся на расстояния до



Рас 101 Соотношение докембрийских структурно вещественных комплексов и элементов планетар ной структуры 1---111 рангов

1 — эпикарельские платформы [Ханн 1971 1975, 1977, 1979, Муратов, 1975, 1978], 2 — массивы дори фейской консолидации [Муратов 1975, 1978], 3 — то же дополнительно по Ю Э Елизарову и др [1976], Б М Чикову [1978], 4 — массивы познернфейской — делийской и байкальской консолидации в Африкс [Ханн 1971], 5 — выходы докембрийских пород на геологических картах Европы и Евразки, 6 — границы планетарных поясов I ранга — мегавалов (I и III) и мегадепрессий (II) в соответствии с их отражением в рельефе, 7 — элементы планетарной ортогональной структуры II и III рангов 8 — элементы планетарной диагональной структуры II и III рангов, 9 — зона высоких граднентов мощности чехла Восточно Европей ской платформы

нескольких сотен километров. Такие полосы на изображениях более высоких уровней генерализации концентрируются в виде линеаментов

За примерами обратимся к результатам дешифрирования линейных структур обрамления Черного моря на серии снимков суперрегионального уровня генерализации, полученных в разное время со спутников серии «Метеор»

Результаты дешифрирования снимка М 28В-6978 представлены в виде схемы линеаментов на рис 102 На этом снимке элементы широтного простирания дешифрируются в виде отдельных протяженно-прерывистых линеаментов, зон их сгущения — линеаментных зон переменной ширины, в виде полос «градиентов» фототона, имеющих или не имеющих четких границ На схеме (см рис 102) видна довольно регулярная система таких элементов Ее видимым северным пределом распространения является зона 45—46° с ш, проходящая через «сиваши» и примерно совпадающая с северным ограничением планетарного пояса Тридцатых сороковых широт Наиболее ярко выра женными являются широтные линеаментные зоны, проходящие примерно по ли ниям Симферополь... Керчь—Тамань—Ставрополь, Хадыженск Черкесск—Георгиевск, а также зона, расположенная между городами Гудаута, Очамчира и восточнее их

Элементы меридионального плана на этих снимках обнаруживаются в виде отдельных прерывистых линеаментов в Северном Приазовье, а также зон переменной ширины, состоящих из сгущения субпараллельных линеаментов различной протяженности (в меридиональных полосах, включающих Крым и Кавказ) В крымской части выделяются



Рис. 102 Схема дешифрирования многозональных космических снимков Западного Кавказа и Северного Причерноморья, выполненных со спутников серии «Мстеор»

1 — линеаменты, 2 — зоны градиентов фототона, 3 — то же, на акватории. 4 границы районов, закрытых облаками, 5 — границы фрагментов иланетарных поясов II ранга и их номенклатура в соответствик с рис 100, 6 — пояса и зоны концентрации линеаментов более высоких порядков

три зоны: западная (примерно по линии Севастополь—Ингулец), средняя (Ялта-Никополь) и восточная (Феодосия—Запорожье). В кавказской части наиболее заметна дугообразно-субмеридиональная зона, осевая линия которой приурочена к меридиану г. Туапсе. Она совпадает с восточным ограничением Транскавказского планетарного пояса, но на данном уровне генерализации наблюдается только в пределах Северо-Западного Кавказа и его низких предгорий. Транзитными относительно Кавказа на этом снимке являются линеаментные зоны на меридианах Гудауты, Ставрополя и Минеральных Вод. Они расположены примерно в осевой части Транскавказского вала.

Наибольшая концентрация линейных элементов северо-восточного простирания также сосредоточена в Крымской и Кавказской областях. Внутри широких полос распространения линеаментов наблюдается чередование зон с разной плотностью их концентрации. Эта система принадлежит к днагональному Ливийско-Таймырскому поясу. Линеаментная зона, осью которой является линия Симферополь—Мелитополь, выступает, по-видимому, в качестве ее северо-западного ограничения. Линсаменты западсеверо-западного простирания (кавказского) оказываются ограничениями Крымско-Кавказско-Колетдагского линеамента — «секториала» — шовно-сколовой зоны Л. М. Расцветаева. Другая диагональная система (см. рис. 102) не соответствует каким-либо элементам системы планетарных форм. На данном уровне генерализации она представляет собой региональные формы, тогда как элементы первой системы обнаруживают принадлежность и к планетарному «фону», и к региональной структуре.

На снимке M-29B-3152 (рис. 103) наблюдается Восточно-Анатолийский фрагмент Ливийско-Таймырского пояса, выраженный в виде концентрации линейных форм различных простираний, а также фрагмент Датско-Загросского линеамента (Тавро-Загросского по С. С. Шульцу мл.). Последний проявляется в виде нечетко ограниченной полосы изменения фототона и серии отдельных линеаментов, одним из которых является восточная ветвь известного Северо-Анатолийского сдвига.

Часть Таймыро-Ливийского пояса в зоне между Датско-Загросским и Крымско-Кавказско-Колетдагским линеаментами смещена на юго-восток. Две ветви этого пояса, подходящие к указанной зоне с северо-востока и юго-запада, на снимке этого уровня генера-284



Рис. 103. Схемы дешифрирования космических снимков обрамления Черноморской впадины, полученных со спутника «Метеор»

Условные обозначения см. на рис 102

лизации не стыкуются, но находят свое продолжение в зонах концентрации линеаментов более высоких рангов. Так, продолжением Таймыро-Западно-Қавказской ветви пояса является зона линеаментов Западного Понта, которая будет рассмотрена ниже. Повидимому, при дальнейшем уменьшении уровня генерализации связность отдельных фрагментов планетарных поясов будет еще меньшей в силу преобладания региональных тектонических факторов. В полосе 37—41° с. ш. дешифрируются линеаменты и чередующиеся зоны изменения фототона, в ряде случаев контролирующие распространение линеаментов других простираний — в зоне 40° с. ш. Эти зоны тяготеют к южному ограничению пояса Тридцатых-сороковых широт на его ближневосточном отрезке.

На других изображениях «Метеор», кроме рассмотренного выше фрагмента Ливийско-Таймырского пояса, наблюдается ряд линеаментных зон, приуроченных к Датско-Загросскому линеаменту III планстарного ранга и к западной границе Транскавказского пояса. Ширина этих зон в первом приближении составляет 150—250 км. В пределах фрагмента Ливийско-Таймырского пояса можно выделить три продольные зоны сгущения линеаментов — по краям и в осевой части. Взаимоотношения этих зон с линеаментами и линеаментными зонами других простираний свидетельствуют о наличии внутри пояса как право-, так и левосдвиговых смещений с преобладанием последних в юго-восточной части На снимке видны парные линеаменты, ограничивающие полосы повышенных градиентов фототона, а также линеаментные зоны Западного Понта и Кипро-Истранжийская. Представляет интерес меридиональная линсаментная зона переменной ширины, являющаяся восточным ограничением Карпато-Срединно-Африканского пояса. На некоторых изображениях наиболее отчетливо виден северо-западный фрагмент Датско-Загросского линеамента III планетарного ранга, входящего в состав Исландско-Австралийского пояса.

Таким образом, планетарные пояса в принципе могут быть обнаружены и на космических снимках суперрегионального уровня генерализации, например со спутников серни «Метеор». На таких снимках они контролируются линеаментами, линеаментными зонами, состоящими из линейных форм, параллельных или непараллельных простиранию зоны высшего порядка, и полосами градиентов фототона. Наибольшие копцентрации линейных форм на рассмотренных примерах тяготеют к границам поясов и «пустотных коридоров». Этим границам соответствуют участки наибольших для данного конкретного региона градиентов рельефа. Внутри поясов иногда отмечается сравнительно регулярное чередование зон сгущения и разрежения линеаментов более высоких рангов. Наконец, в некоторых случаях наблюдаются пояса концентрации линеаментов, не обнаруженные при анализе рельефа континентов на глобальном уровне генерализации и расположенные в «пустотных коридорах» II планетарного ранга.

Учитывая иерархию планетарных липейных форм, их многопорядковую гармоничность к допуская, что концентрация линейных форм на данном участке прямо пропорциональна деформациям сжатия и скалывания (а следовательно, и соответствующим напряжениям), можно считать, что результаты дешифрирования линеаментов, представленные в виде карт плотностей, качественно отражают характер планетарных и региональных полей напряжений.

Приведенный пример комплексной интерпретации линеаментов, выполненной по изображениям, полученным со спутников серии «Метеор», показал, что линсйные объекты планетарного ранга на космических снимках этого разрешения, как правило, представляют собой зоны концентрации более мелких линеаментов, не всегда ориентированных согласно с простиранием самих зон. Поэтому для более обоснованных суждений о природе линеаментов в каждом конкретном районе необходимо предварительно прослеживать крупнейшие линейные объекты в рельефе и по другим доступным данным.

Наиболее хорошо по дистанционным и другим материалам выявляются линейные иояса северо-западного и широтного простираний. Это косвенно указывает на их ротациюнную природу. Среди меридиональных и северо-восточных поясов наиболее отчетливы Урало-Индоокеанский и Афро-Азиатский. Они проявляются в виде зон градиентов и в генерализованном варианте аномалий геопотенциала [Жонголович, 1952]. Степень выраженности всех поясов варьирует как вдоль них, так и вкрест простирания. Среди прочих наиболее хорошо прослеживаются по различным материалам пояса Датско-Загросский, Афро-Азиатский, Урало-Индоокеанский и пояс Тридцатых-сороковых широт. В размещения меридиональных поясов в западной части территории СССР наблюдается определенная периодичность: интервал между ними равен  $15\pm1^\circ$ . Периодичность нарушается к востоку от Индо-Памирского валообразного пояса. Это может быть связано либо с увеличением ширины следующего валообразного пояса до  $15^\circ$  (1), либо с неточным определением его границ. Урало-Индоокеанский пояс отличается наименьшей шириной и наибольшей концентрированностью проявления.

В размещении широтных поясов на территории СССР намечается тенденция к уменьшению среднего интервала между ними с юга на север начиная с пояса Тридцатыхсороковых широт (соответственно 16, 13 и 12°).

В соответствии с изложенным крупнейшие линейные объекты необходимо разделить на два генетических типа, один из которых связан с ротационными эффектами, а другой — с тектоническими процессами. Первые наиболее протяженны, охватывают всю планету или се крупные секторы; плотность составляющих их элементов мала. Вторые соответственно менее протяженны и выражены более резко — в виде линеаментных зон и единичных линеаментов типа линии Тейссера — Торнквиста в материалах глобального уровня генерализации. По протяженности и ширине можно выделить планетарные и секториальные (охватывающие отдельные секторы планеты независимо от плитной структуры литосферы) пояса, принадлежащие к первому типу, а также плитные (развитые только в границах плит), геотектурные (развитые в границах либо континентов, либо океанов), суперрегиональные (в границах нескольких геологических регионов, меньших, чем континент или океан) и региональные (в границах одного геологического региона), относящиеся, очевидно, ко второму типу. Предлагаемая классификация косвенно учитывает относительную глубинность процессов, отражением которых являются поверхностные линейные объекты. Это подтверждается и сравнением последних с глобальными геофизическими полями.

Для дальнейшего более детального обоснования предлагаемой классификации, кроме статистического анализа уже накопленных результатов, необходимо целенаправленное дешифрирование космических снимков малого разрешения и применение единых принципов «линеаментного анализа» геологических, топографических и дистанционных материалов.

Глава 24

# СИСТЕМЫ ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЛИНЕАМЕНТОВ ЕВРАЗИИ

Изучение космических снимков с метеорологических спутников («Метеор», «Нимбус», «ESSA», «NOAA» и др.) позволило обнаружить на Евразиатском материке многочисленные линейные и кольцевые структуры размерами в тысячи киломстров.

Линеаменты континента изучались достаточно давно [Ханн, 1969, 1971, 1977, 1979], но общей картины их пространственного распределения до сих пор не было. Первые мелкомасштабные схемы распределения линеаментов на территории СССР по данным космических съемок появились еще в 1978 г. [Макаров, 1978], но подробно линеаменты были откартированы лишь при составлении Космогеологической карты линейных и кольцевых структур территории СССР [1980], составленной под руководством В. А. Буша. Естественно, возникла задача проследить продолжение главнейших из откартированных линеаментов на всем Евразиатском континенте, его оксаническом окружении и раскрыть соотношение этих линеаментов с геологическими структурами континента и смежных территорий. С этой целью нами были отдешифрированы космические снимки малого (0,8—1,5 км) разрешения, сделанные с 18, 25, 27, 28 и 29-го спутников серии «Метеор». Они охватывали почти весь континент, за исключением крайнего запада Европы (Ирландия, Великобритания, Испания, Португалия) и крайнего юго-востока Азии (полуострова Индокитай и Малакка, Филиппинский и Зондский архилелаги).

Результаты дешифрирования сопоставлены с данными по тектонике континента и окружающих его акваторий, взятыми из тектонических и геологических карт [Международная..., 1962; Тектоническая..., 1966, 1979; Геологическая..., 1975; Геологическое..., 1978; Карта..., 1978], некоторых географических карт [Индийский океан, 1977; Атлас..., 1977; World..., 1977], а также из обобщающих работ А. А. Моссаковского [1975], Л. П. Зоненшайна и А. М. Городницкого [1977], В. Е. Хаина [1971, 1977, 1979]. На территориях, не обеспеченных космическими снимками, и акваториях крупнейшие ливейные структуры прослежены по упомянутым выше сводным материалам.

Анализ сети крупнейших линеаментов Евразиатского континента и прилегающих территорий показал, что по отношению к главнейшим блоковым структурам земной коры их можно разделить на граничные и секущие, подобно тому как это сделано на Космогеологической карте линейных и кольцевых структур территория СССР [1980; Буш, 1983]. Граничные линейные структуры отделяют друг от друга крупнейшие блоки земной коры, секущие линейные структуры пересскают такие блоки (не менее двух) и выходят за их пределы.

Инцейные граничные структуры, выделенные по космическим снимкам, почти на всем своем протяжении совпадают с разломами и системами разломов, установленными ранее геологическими и геофизическими методами. Можно выделить три ранга таких структур в зависимости от размеров тектонических блоков, границами которых они служат.

В качестве линейных структур I ранга следует выделять системы разломов, ограничивающих современные литосферные плиты [Ле Пишон, 1974; Морган, 1974; и др.] Границы литосферных плит, расположенные в пределах рассматриваемой нами восточной половины северного полушария, по геолого-структурным и геодинамическим особенностям можно разделить на три разновидности. Первую образуют зоны спрединга. Это океанические рифтовые системы (Срединно-Атлантическая на отрезке между Шпицбергеном и Исландией, хребта Гаккеля, Срединно-Индоокеанская) и современные внутриконтинентальные рифты (Красноморский, северное окончание Восточно-Африканского и Байкальский). Вторую разновидность представляют зоны субдукции, сопровождаемые глубоководными желобами и островными дугами. К ним относятся системы дуг северного и западного сегментов Тихого океана — от Алеутской до Зондской и Новогвинейской дуг. Третью разновидность образуют зоны коллязии на контактах двух континентальных мегаблоков разных литосферных плит. К их числу относятся северная и южная границы межконтинентального пояса Тетис.

В зонах коллизии на космических снимках удается, как правило, различать главный структурный шов, сутурную линию соприкосновения двух разных континентальных блоков: с одной стороны, крутопадающий разлом, часто сопровождающийся офиолитовыми поясами и протрузиями гипербазитов, а с другой — внешний фронт шарьяжей, выдавленных при соприкосновении континентальных блоков (подошву аккреционной призмы). Такого рода тектонопары линейных структур при дешифрировании космических снимков четко выделяются в Альпах и Карпатах (на северном борту пояса Тетис), в Динаридах, Эллинской дуге, Тавре, Загросе и Гималаях (на южном склоне).

К граничным структурам II ранга следует относить системы разломов, разделяющие мегаблоки земной коры континентального, океанического и переходного типов на тех участках, где их границы не совпадают с границами литосферных плит. Это системы ступенчатых сбросов континентального склона, т. е. следы раздвигов земной коры.

Линейные граничные структуры III ранга заключены в пределах мегаблоков земной коры. В мегаблоках земной коры континетального типа к таким структурам относятся системы разломов, разделяющие блоки с разным возрастом формирования коры [Пейве и др., 1976] или с разным возрастом и характером строения (складчатое, нескладчатое) осадочного слоя. Многие из разломов этого типа сопровождаются палеозойскими или мезозойскими вулканическими (андезитовыми) островными дугами, комплексами флишево-турбидитных осадков континентального склона или его подножия, континентальными вулканическими поясами [Моссаковский, 1975; Зоненшайн, Городницкий, 1977]. По-видимому, они являются отмершими зонами субдукции или же склонами древних континентов, т. е. палеоаналогами граничных разломов 1 или II ранга. Поскольку эти разломы существуют в современную эпоху в принципиально ином качестве, следует предполагать, что они лишились своих корней в подкоровых и подастеносферных областях и развиваются с тех пор лишь под влиянием порожденных ими вещественных или плотностных неоднородностей в земной коре. Геофизические данные подтверждают это предположение.

Граничные линейные структуры [1] ранга, характерные для земной коры переходного типа, изучены преимущественно по геолого-геофизическим данным; по космическим снимкам дешифрируются лишь их фрагменты на островах и периферии континента. Это прежде всего глубинные поддвиги, обусловившие формирование и развитие как тектонических (зоны тектонического скучивания, аккреции), так и вулканических островных дуг, — структуры конструктивные, связанные с процессами формирования гранитнометаморфического слоя земной коры. Деструктивные элементы представлены сбросами, ограничивающими котловины окраинных и внутренних морей, лишенные гранитно-метаморфического слоя.

Из граничных структур океанической коры для восточной половины северного полушария характерны разломы вулканических и глыбовых океанических хребтов. Трансформные разломы срединно-океанических хребтов, видимо, стоят ближе к секущим структурам.

Системы граничных линеаментов разных рангов заметно сгущаются в пределах основных складчатых поясов. По ним четко выделяются: Тихоокеанский пояс, ограничивающий континент с востока; межконтинентальный пояс Тетис, разделяющий Гондвану и Лавразию; Скифско-Европейский палеозойский пояс, окружающий Восточно-Европейскую платформу с севера, запада и юга; Урало-Монгольский палеозойский пояс, окружающий с севера, запада и юга Сибирскую платформу. В целом системы граничных структур окружают со всех сторон Евразиатский континентальный мегаблок и два его основных ядра — Восточно-Европейское и Сибирское. Эти черты структуры континента известны уже давно.

Секущие линейные структуры можно ранжировать по тому же принципу, что и граничные: структурами I ранга (трансплитными или глобальными) считать линеаменты, пересекающие не менее двух границ литосферных плит (границ I ранга); ко II рангу (трансконтинентальных структур) относить линеаменты, выходящие за пределы мегаблоков континентальной коры; а к III рангу (трансрегиональных линеаментов) причислять структуры, пересскающие не менее двух блоков континентальной коры разного возраста или строения. Такое ранжирование и принято при построении схемы, опублико<sub>ванной</sub> ранее (Буш, 1983). Трансплитные структуры, количество которых весьма ограни-<sub>ченно</sub>, отдельным знаком на схеме не показаны.

Секущие линейные структуры формируют геометрически упорядоченную сеть, расположенную закономерно по отношению к оси вращения Земли. Они установлены С. С. Шульцем [1973], Г. Н. Каттерфельдом [1962], И. И. Чебаненко [1963] и другими иследователями. Их обычно называют сетью планетарной трещиноватости или регматической сетью. Сеть секущих структур образуется, как известно, из двух сопряженных систем — ортогональной (меридиональные и широтные структуры) и диагональной (северо-западные и северо-восточные структуры).

Планетарные секущие линеаменты достаточно полно выделены преимущественно в пределах мегаблоков континентальной коры. Часто они пересекают границы континентов и выходят в межконтинентальный пояс Тетис и в зону переходной коры по периферии Тихого океана. Некоторые из таких линеаментов прослеживаются и в мегаблоках океанической коры, преимущественно в виде разломов океанических хребтов, но в целом здесь они еще очень слабо изучены.

Структуры ортогональной системы разделяются на две подсистемы → меридиональную и широтную. Лицеаменты первой подсистемы образуют в целом строюо упорядоченную сеть структур, отстоящих одна от другой на 600—800 км (8—10° по долготе) и уклоняющихся от меридионального направления не более чем на 10—15°.

Крайнее западное в Евразии положение запимает линсаментная зона Средиземное море — оз. Мьёса, или линия Штилле. Наиболее четко она выражена в пределах Рейнского грабена. Отсюда, по данным дешифрирования, меридиональные разломы протягиваются через Гифхорнский трог, соляные стены в низовьях Эльбы, меридиональные ограничения п-ова Ютландия и датских островов, через грабен Осло и меридионально ориентированные тектонические окна в шарьяжах каледонид (оз. Фемунн, Кальпе) далее на север в направлении Тропхейма. Вторая ветвь меридиональных структур дешифрируется по линии р. Изар-Айхсфельдско-Альтмаркское поднятие, через меридиональные структуры Пригницкого максимума и далее по разломам, смещающим платформенный чехол о-ва Эланд в Швеции. На западе к структурам линии Штилле, видимо, относятся грабены Нижнего Рейна и Североморский. Южное продолжение линии Штилле прослеживается вдоль долины р. Роны, где у берега Лигурийского моря она оборвана широтным левым сдвигом. Продолжение этой линии легко обнаружить в меридиональных структурах Корсики и Сардинии (грабен Кампидано), сдвинутых по отпошению к доливе р. Роны на 300 км. Южное продолжение линеамента В. Е. Хаин [1969] и Е. Е. Милановский прослеживают через нагорье Тибести к Гвинейскому заливу. Для линеамента характерны раздвиговые перемещения, происходившие с позднего палеозоя по настоящее время и сопровождаемые щелочпо-базальтовым вулканизмом. Наиболее активные фазы растяжения — ранняя пермь, ранняя — средня юра, плиоцен.

Следующим к востоку меридиональным линеаментом является линия Шпицберген— Вардар<sup>1</sup>. Этот линеамент объединяет каледонские меридиональные трансформные разломы порога Нансена, каледонские меридиональные структуры Шпицбергена. Он отчетливо дешифрируется к северу от Ботнического залива, вдоль западных берегов Финляндии и Курземского полуострова, фрагментами дешифрируется и подтверждается сейсмическими данными на правобережье Вислы. Далее он пересекает Карпаты, где подтвержден геологическими съемками, и Паннонскую впадину, где ограничивает с востока массив Татр, а с запада массив Апусени. Затем он соединяется с Вардарской зоной разломов, вдоль которой дешифрируются правосторонние сдвиговые перемещния. В динамике линеамента важную роль играют сдвиговые смещения: в раннем палеозое (на севере) — левосторонние, в кайнозое (на юге) — правосторонние.

Еще восточнее расположен Лапландско-Нильский линеамент. В северной части Балтийского щита с ним связаны гранулитовые покровы к югу от Печенги. Отсюда линеамент прослежен дешифрированием через Финляндию в район Чудского озера к Оршанскому авлакогену. Затем он тянется вдоль рек Березины и Днепра, образуя здесь седловину между Припятским и Днепровско-Донецким грабенами, и вдоль протерозойской Криворожской складчатой зоны. В Причерноморье линеамент дешифрируется слабо, но в Малой Азии вновь проявляется, разделяя Мендересский и Анатолийский массивы. Здесь с ним связаны системы многоярусных тектонических покровов. В акватории Средиземного моря фрагменты зоны линеамента установлены геофизическими методами.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Линеаменты в пределах Европы и Азии рассматривались в литературе неоднократно [Хаин, 1971, 1977, 1979; Кац и др., 1980; Трофимов, 1981, Molnar, Tapponnier, 1975].

Далее к югу он смыкается с широкой зоной меридиональных разломов вдоль долины р. Нила. В докембрийское время для линеамента характерны раздвиговые перемещения со сдвиговой составляющей. В поясе Тетис основную роль играют сдвиги и надвиги.

Следующая к востоку Транскавказская линеаментная зона [Шатский, 1948], или линия Шатского, на снимках наиболее ярко проявлена между Волгоградом и Тбилиси, где ее образуют Волгоградская, Ергенинская и Минераловодская флексуры. Южнее в этой зоне расположены четко дешифрирующиеся разломы, с которыми связаны проявления четвертичного вулканизма и плутонизма Малого и Большого Кавказа. Южнее хребта Загрос западные ветви линеаментной зоны отклоняются к юго-западу и, по данным дешифрирования, плавно сочленяются с системой левосторонних сдвигов Мертвого моря, ограничивающей с запада Аравийскую плиту. Северное продолжение линии Шатского устанавливается по данным дешифрирования вдоль восточного погружения Токмовского свода и прослеживается далеко к северу вплоть до п-ова Канин. Линия Шатского в пределах Евразиатского континента характеризуется преимущественно флексурно-сбросовыми движениями с опусканием восточного крыла, происходившими в конце палеозоя, в мезозое и кайнозое. В зоне Тетис эти движения сочетаются с поперечным воздыманием и растрескиванием. Далее к югу линеамент изгибается и приобретает правостороннюю сдвигово-раздвиговую динамику.

Урало-Оманский линеамент представляет собой одну из наиболее значительных линеаментных зон на земном шаре и относится к категории трансплитных разломов. В виде широкой (более 300 км) зоны субпараллельных меридиональных разломов этот линеамент протягивается вдоль Уральской складчатой системы. Основные движения по разломам происходили в палеозое, а постумные (с очень сложной динамикой, в которой, по данным дешифрирования, есть и продольная правосторонняя сдвиговая составляющая) — в мезозое и кайнозое. Далее к югу линеамент прослеживается по обе стороны Каракумского свода на Туранской плите, где документированы мезозойские--кайнозойские, видимо, постумные движения. В области Тетис линеамент включают меридиональные разломы (сдвиги), ограничивающие с обеих сторон глыбу Лут, откуда прослеживается на Оманский полуостров, где меридиональные разломы имеют сдвиговую динамику. К югу от полуострова эти разломы непосредственно соединяются с системой трансформных разломов Срединно-Индоокеанского хребта, самым значительным из которых является разлом Оуэн. Пересская границу литосферных плит, разлом Оуэн присоединяется южнее к системе субмеридиональных структур Мозамбикского пролива, разделяющих континентальные блоки Африки и Мадагаскара. Вдоль линеамента с севера на юг четко прослеживается омоложение движений; сдвиговая составляющая постоянно играет важную роль.

Весьма значительная зона меридиональных линеаментов пересекает центральную часть Западно-Сибирской плиты. К ней относятся желоб Святой Анны, меридиональные разломы, установленные геофизическими методами на шельфе Карского моря, крупный платформенный вал с месторождением Медвежьим, Колтогорско-Уренгойской тафроген, Центрально-Казахстанский правосторонний сдвиг, меридиональные структуры Ерменьтау и Селетинского прогиба. Возраст движений здесь палеозойский и раннемезозойский со слабо проявленными кайнозойскими постумными дислокациями. Далее к югу рассматриваемая зона в поверхностном геологическом строении почти не проявлена, но ее фрагменты дешифрируются в Актау-Моннтинском поднятии, в восточной части Чу-Сарысуйской синеклизы, в Чаткале и Кураме, в долине Зеравшана и на Памире. Окончание этой зоны, которую можно назвать Карско-Джеламской, расположено в Индостане, где проходит система кайнозойских меридиональных левых сдвигов, ограничивающих с востока Джеламский выступ и Индийскую платформу в целом. Наиболее известен из этой системы Мукуро-Чаманский сдвиг. Видимо, к этой же зоне относятся меридиональные разломы Чагос-Лакадивского океанического хребта.

Следующий к востоку меридиональный трансконтинентальный линеамент назван Енисейско-Салуэнским. К нему относится широкая зона меридиональных разломов вдоль р. Енисея, разделяющих Сибирскую платформу и Западно-Сибирскую плиту. Линеамент прослежен геологическим картированием в Кузнецком Алатау и по границе Западного Саяна с Горным Алтаем (левый сдвиг), легко устанавливается дешифрированием к юѓу от оз. Убсу-Нур и в Монгольском Алтае. Возраст движений в этой части линеамента докембрийский и палеозойский; сложная геодинамика изучена еще недостаточно. Далее к югу, на границе Циляльшаня и Цайдама, разломы меридионального простирания подтверждены геологическим картированием. Отсюда линсамент, по данным дешифрирования, протягивается в верховья Янцзы и соединяется с мощной зоной меридиональных правосторонних сдвигов, обрамляющих с востока Индостанскую платформу и следующих вдоль долин рек Иравади. Салуин, Меконг. С этой системой сдвигов, видимо, динамически связана многослойная система тектонических покровов, дешифрирующихся на месте «синклинория Лхассы» к северу от восточного окончания Гималаев. К этому же линеаменту относятся разломы океанического хребта Девяностого градуса и меридиональные разломы в низовьях Брахмапутры. На юге линеамент затухает перед Срединно-Индоокеанским хребтом.

Один из наиболее четких трансконтинентальных линеаментов проходит вдоль меридиана 100° в. д. К нему относятся разломы Северной Земли, линеаменты высших рангов, дешифрируемые в Хатангской депрессии, глубинный разлом Сотого градуса, рассекающий, по данным региональной геофизики, фундамент Сибирской платформы от Анабарского щита до Иркутского амфитеатра и легко дешифрирующийся на космических снимках. Геодинамика здесь не ясна; возраст движений допозднепалеозойский. Далее к югу этот линеамент прослежен дешифрированием через оз. Хубсугул в Гоби на восточную часть Циляньшаня и далее на мощную Сикан-Юнаньскую зону разломов, ограничивающую с запада Южно-Китайскую платформу и Индосинийский массив. Вдоль этой системы разломов дешифрируются левосторонние сдвиговые перемещения и связанные с ними надвиги, возраст движений мезозойский и кайнозойский.

Два следующих к востоку меридиональных трансконтинентальных линеамента прослеживаются менее четко. Первый из них проходит через район г. Мирный, где установлена группа меридиональных разломов. Далее к югу, в Урало-Монгольском поясе, линеамент прослеживается с трудом, но на Китайской платформе он диктует положение восточного края Ордосского блока. В Циньлиньской зоне линеамент вновь пропадает и появляется на Южно-Китайской платформе, где составляет меридиональные части Южно-Хунаньской и Северо-Гуандунской структур «типа эпсилон» [Основы..., 1962]. Южное продолжение линсамента составляют восточное меридиональное ограничение Индосинийского массива и меридиональные разломы на западе о-ва Калимантан.

Другой линеамент прослежен от о-ва Сулавеси на север через море Сулу к о-ву Тайвань и представляет собой правосторонний сдвиг. В материковой части линеаменту соответствуют меридиональные разломы, дешифрируемые вдоль восточного побережья Китая (в том числе и известный Лучжунский разлом) и вдоль западных склонов Большого Хингана. На территории СССР линеамент не прослеживается.

Далее к востоку следует весьма мощная меридиональная структура трансплитного (глобального) ранга, подобная Урало-Оманскому линеаменту, — Верхояно-Марианский линеамент. Он объединяет структуры современной срединно-океанической рифтовой системы хребта Гаккеля (не ясно, относятся ли к нему структуры глыбового океанического хребта Ломоносова), такие меридионально вытянутые структуры, как разломы Новосибирских островов, раннемезозойские сооружения Верхоянской складчатой системы и Сетте-Дабана, структуры Буреинского массива и их южное продолжение вдоль р. Муданьцзян, современные складчатые системы Сахалина, Хоккайдо, вулканические дуги Хонсю, островов Бонин и Марианских. Далее к югу Верхояно-Марианский линеамент прослеживается на Тихоокеанской литосферной плите в виде меридионального океанического хребта Муссау. Еще южнее он пересекает Новогвинейско-Соломонову зону субдукции и продолжается на Австралийской литосферной плите в виде меридиональных разломов осевой зоны Кораллового моря между Австралией и Новой Зеландией [World..., 1977]. Таким образом, Верхояно-Марианский линеамент пересекает три литосферные плиты и образует границу между четвертой и пятой. Возраст движений в зоне линеамента позднепалеозойский, мезозойский и кайнозойский. В средней части линеамента преобладают напряжения сжатия, а на концах — относительного растяжения.

Следующий к востоку Омолонский линеамент включает известные меридиональные зоны разломов вдоль восточного края Омолонского массива и структур Восточной Камчатки.

Один из наиболее четко дешифрируемых трансконтинентальных линеаментов — Чаунско-Олюторский на многих континентальных участках подтвержден геологическим картированием (не установлен только в Охотско-Чукотском вулканическом поясе). От Олюторского полуострова линеамент тянется через подводный вулканический хребет Ширшова до Алеутской островной дуги, с правосдвиговым смещением величиной около 300 км пересекает ее и прослеживается далее в океанической коре по Императорскому хребту вплоть до его пересечения с Гавайским хребтом. Возраст движений кайнозойский, динамика их пока не ясна. Трансконтинентальное значение Врангелевской зоны меридиональных разломов, доходящих до Алеутской дуги, не определено.

Трансконтинентальные евразиатские линеаменты широтной подсистемы распространены преимущественно в северо-восточной части Азии, где отстоят один от другого на 800—1000 км (8—10° по широте). Самое северное положение занимает Полоусненско-Воркутинский линеамент. На Аляске он представлен широтными складчатыми и разрывными мезозойскими структурами хребта Брукса. По данным дешифрирования, он пересекает Чукотский полуостров и выходит на широтные мезозойские структуры хребтов Улахан-Сис и Полоусненский. Пересекая без следов смещений Верхоянскую зону, линеамент ограничивает с юга Анабарский шит, хорошо прослеживается на плато Путорана, тянется далее через Завадно-Сибирскую плиту и через сочленение Полярного Урала с Пай-Хоем, затухая западнее Воркуты. Динамика движений по линеаменту не изучена, возраст, видимо, мезозойский.

Вторым широтным трансконтинентальным линеаментом является Корякско-Ухтинский. К нему принадлежат широтные линсаменты и структуры Корякского хребта, которые, по данным дешифрирования, тянутся далеко к западу, соединяясь с широтным левосдвиговым коленом Верхоянской складчатой зоны. На Сибирской платформе этот линеамент диктует положение широтного течения рек Вилюя, Нижней Тунгуски и ограничивает с севера неотектоническое поднятие Сибирских увалов на Западно-Сибирской плите. По данным дешифрирования, этот линеамент протягивается через Урал, затухая у Северной Двины (наземными наблюдениями существенных дислокаций в этой зоне не обнаружено).

Наиболее значительным трансконтинентальным линеаментом является Московско-Охотский. На востоке он начинается системой широтных разломов, определяющих положение широтного колена Охотско-Чукотского вулканического пояса и границу континентальной коры в этом месте. Разломы пересскают Сетте-Дабан и, по данным дешифрирования, тянутся далее на запад вдоль широтного течения р. Алдана, определяя в этом месте северную границу Алданского щита. На Сибирской платформе эта зона прослеживается вдоль широтного нижнего течения Авгары, затем пересскает Западио-Сибирскую плиту, не оказывая существенного влияния на ее структуру. На Урале линеамент не дешифрируется. В пределах Русской плиты он играет, по данным Д. М. Трофимова [1981], очень важную роль (Куршско-Красноуфимский линеамент), отделяя северную часть плиты с преобладающими северо-восточными структурами и уменьшенной мощностью земной коры от южной ее части, где господствуют северо-западные простирания структурных элементов и где кора более мощная. На южных берегах Балтийского моря линеамент затухает. Возраст его заложения, видимо, докембрийский, динамика маловыразительная.

Последний надежно выделяющейся широтной транскоптинентальной структурой является Иньшанско-Чуйский линеамент (В. Е. Ханл называет его Главным широтным Трансъевразиатским линеаментом). Наиболее четко он выражен в Китае, где образует северную границу Северо-Китайской и Таримской платформ. На восток этот линеамент прослежен дешифрированием в район Владивостока. Возможно, что его дальнейшее продолжение ограничивает с севера глубоководные котловины Японского и Охотского морей, лишенные гранитно-метаморфического слоя. К западу линеамент легко прослеживается в хребте Кетмень, где прерывается, а далее продолжается в Чу-Сарысуйской синеклизе вдоль течения р. Чу, откуда он протянут через северную часть Аральского моря в направлении г. Гурьева и далее на запад, где и затухает. Геологическое выражение линеамента в западной его половине пока не изучено.

Несколько неясно положение зоны линеаментов известной Циньлиньской широтной системы в Китае. Она имеет достаточно сложное строение и состоит из отдельных сочленяющихся фрагментов, простирание каждого из которых заметно отличается от широтного. К числу таких фрагментов можно отнести северную границу Тибетского массива (разломы зоны Тангла), разломы центрального актиклинория Восточного Куньлуня, саму Циньлиньскую систему, южное ограничение Ордосского блока Северо-Китайской платформы и широтные разломы, дешифрирующиеся вдоль нижнего течения р. Хуанхэ. Видимо, к этой же зоне принадлежат широтные структуры южного берега Японского моря у о-ва Хонсю. На крайнем западе к Циньлиньской линеаментной зоне может принадлежать Гиндукушский разлом, несколько выгнутый к северу против Джеламского клина. В зоне происходили в основном вертикальные шарнирные движения (вблизи Джеламского клина — сдвиговые); возраст их мезозойский и кайнозойский.

Изолированным в пределах Индостана фрагментом широтного линеамента выглядит

известная зона разломов Нармада—Сон, образующая (с продолжением на широтный отрезок нижнего течения Брахмапутры) северную границу Сатпурской системы и Шилонгского выступа. Однако эта зона отклонена от широтного простирания на 20° и не выходит за пределы Индостанского блока. Поэтому она отнесена к трансрегиональным разломам.

Последним широтным трансконтинентальным линеаментом в рассматриваемой части Земли является зона Ява—Флорес. К ней принадлежат следующие широтные структуры: нравые сдвиги Калимантана и Сулавеси с продолжением их на Новую Гвинею, отрезок тылового сутурного шва Зондской вулканической дуги от о-ва Ява до желоба Флорес и разломы на океанической плите Индийского океана к югу от о-ва Шри Ланка.

Линеаменты ортогональной системы геометрически представляют собой следы плоскостей, секущих земной шар вдоль оси его вращения или перпендикулярно сй.

Диагональная система состоит из трех подсистем: структур северо-восточного, северо-западного простирания и дугообразных структур.

Трансконтинентальные линеаменты северо-западного простирания распространены ва рассматриваемой части земного шара очень широко. На западе одной из наиболее четких структур является Красноморско-Боденский лицеамент. Он начинается северозападными структурами Корнуольско-Армориканской ветви европейских варисцид. По данным дешифрирования, эти линеаменты прослеживаются через Вогезы, Рейнский грабен и Шварцвальд, через Боденское озеро до внешнего края Альп. В Альпах этот линеамент не дешифрируется. Вновь он проявляется южнее разлома Гайльталь, предопределяя положение и простирание Динарид, особенно их северо-восточных структурных зон, где линеамент сопровождается офиолитовыми швами и смещениями по поверхности Мохоровичича. Испытывая небольшо правосдвиговое перемещение вдоль Лапландско-Вардарского линеамента, рассматриваемая структура прослеживается в Эгейское море Данные о положении линеамента в юго-восточной части Средиземного моря отсутствуют. Далее он протягивается вдоль рифтов Красного моря, структурное продолжение которых дешифрируется на Африканском трогс. Принадлежность к этому же линеаменту северозападных структур Сейшельского микроконтицента дискуссионна. Линеамент контролирует заложение и последующее замыкание варисцийских и альпийских геосинклипальных зон.

Эльбско-Загросский линеамент (Г Штилле выделял его под названием Британско-Подольского) прослеживается вблизи Срединно-Атлантического хребта по северозападным разломам Фарерского порога, видимо протягивающимся в Северное море. К нему же относится мощная система глубинных разломов северо-западного простирания между Среднеевропейской плитой и Восточно-Европейской платформой — линии Тейссейра-Торнквиста, Варты, Эльбы и др Этот линеамент пересекает по диагонали Карпатскую дугу (особенно четко выражена по поверхности Мохоровичича здесь Утесовая зона разломов), Добруджу, установлен геофизическими зондированиями в Черном море, отчетливо дешифрируется вдоль структур Восточного Понта и непосредственно прослежен в Загросском офиолитовом шве. Таким образом, линеамент пересекает по диагонали весь пояс Тетис. На загросском отрезке вдоль линеамента дешифрируются признаки правосторонних сдвиговых перемещений Далее его простиранию подчинены северозападные разломы в Мекране, располагающиеся непосредственно на продолжении юго-западного эскарпа Индостана Движения по линеаменту происходили по меньшей мере с начала палеозоя, весьма активен он был в альпийскую эпоху

Третьим трансконтицентальным линеаментом северо-западного простирания является Нарвско-Амударьинский. Наиболее четко он выражен в геологическом строении и на космических снимках в своей средней части в районе Рязано-Саратовского рифейского авлакогена. На северо-запад линеамент, по данным дешифрирования, протягивается через район Москвы вплоть до берегов Финского залива. Тектоническое значение его здесь не ясно. На юго-востоке линеамент весьма отчетливо прослеживается вдоль долин рек Большая и Малая Узень в Прикаспийской впадине, через район Гурьева. На Устюрте его простиранию отвечают малоамплитудные сбросы в низах платформенного чехла. Южнее линии Карпинского линеамент совпадает с Амударьинским разломом (возраст сбросовых подвижек мезозойский), далсе, судя по космическим снимкам, прослеживается в Гиссаре, Таджикской депрессии (фрагментами) и в Индостане В структуре Индийской платформы линеамент не выражен, за исключением крайнего юго-восточного отрезка, где он совпадает с гондванским авлакогеном Маханади. Имеющиеся ограниченные данные свидетельствуют о раздвиговых и сбросовых перемещениях по линеаменту, начавшихся в рифес.

Следующий линеамент, Баренцевоморско-Тайваньский, представляет собой очень широкую и сложно построенную систему глобального (трансплитного) значения. Он состоят из ряда параллельных ветвей, кулисообразно подставляющих друг друга к востоку. Начинается линеамент у фронтального шарьяжа каледонид Норвегии в виде разломов, ограничивающих Мурманский блок Балтийского щита. По данным дешиф. рирования, он протягивается вдоль Тимана (линеамент Нордкап-Тиман по Г. Штилле). пересскает по диагонали Урал, Тургайский прогиб (отражение в его геологической структуре здесь неизвестно) и смыкается с системой палеозойских глубинных разломов северо-западного простирания в Центральном Казахстане. Наиболее значительными в этой системе являются разломы, проходящие вдоль юго-западного и северо-восточного бортов Джунгаро-Балхашской складчатой зоны, разломы Чингиза и Тарбагатая, Джун. гарский И Джалаир-Найманский. Большинство представляют собой из них правосторонние сбросо- или взбросо-сдвиги и заканчиваются перед северным краем Таримской плиты. Лишь два разлома из этой системы протягиваются между Тибетским массивом и Циньлинем дальше на юго-восток, сохраняя свою сдвиговую динамику. Далее эта ветвь линеамента разделяет Индосинийский массив и Южно-Китайскую платформу и затухает на Калимантане.

На юго-востоке Азии ведущая роль переходит к второй встви Баренцевоморско-Тай. ваньского линеамента, которая отчетливо дешифрируется в Печорской впадине, пересекает Полярный Урал и Западную Сибирь и соответствует здесь простиранию вариеций. ских структур фундамента. Далее эта ветвь простирается вдоль каледонских структур Горного Алтая, по диагонали пересекает западную часть Гоби и Алашань (здесь отмечаются правосторонние сдвиговые смещения этой ветви по Иньшаньско-Чуйскому линеаменту), тянется по граяице Ордосского блока с Южно-Китайской платформой и вдоль поднятия Дабейшань. По данным дешифрирования, эта ветвь пересекает Катазиатскую складчатую систему, ограничивая с северо-востока область расространения мезозойских гранитоидов, и упирается в зону сочленения островных дуг Рюкю и Тайваньской. На продолжении ветви в Филиппинском море находится система разломов, которые по соотношению с вулканическими дугами представляются левосторонними сдвигами. Эта система проходит через южное окончание Марианской дуги на подводное плато Онтонг-Джава, желоб Витязя, хребет Донна в южное ограничение плато Манихики. Через цепи атоллов и гайотов архинелагов Общества, Туамоту и Кука она смыкается с трансформным разломом Челленджер, пересекающим Восточно-Тихоокеанский срединный хребет. Таким образом, Баренцевоморско-Тайваньский линеамент является одним из крупнейших трансплитных, или глобальных, линеаментов. Он пересекает почти всю Евразиатскую литосферную плиту, ее границу (зону субдукции Марианско-Бонинской дуги) и Западно-Тихоокеанскую океаническую литосферную плиту. Движения по нему происходят с позднего рифея, динамика их в значительной мере сдвиговая.

Далее к северо-востоку расположен Пайхойско-Корейский линеамент. Он протягивается через структуры Новой Земли и Пай-Хоя, пересекает по диагонали Западно-Сибирскую плиту, включает Восточно-Саянский разлом (правосторонний сдвиг) и параллельные ему нарушения. На территории Монголии и Северного Китая дешифрируются лишь отдельные отрезки линеамента, многие из которых уже нанесены на геологические и тектонические карты. Линеамент хорошо выражен (на снимках и в распределении гранитных массивов) на юго-западном побережье п-ова Корея. В дугах Японских островов он прерывается. На продолжении линеамента в Филиппинском море располагаются разломы, ограничивающие с севера хребет Палау.

Следующим линеаментом северо-западного простирания является Североземельско-Алеутский. В западной части он протягивается по уступам континентального склона от Шпицбергена через Землю Франца-Иосифа до Северной Земли, где разломы северозападного направления установлены геологическим картированием. Положение линеамента в море Лаптевых не выяснено. Восточнее он отчетливо прослежен дешифрированием и геологическим картированием через северное окончание Верхоянского хребта (Хараулахские горы), вдоль хребта Черского (Дарпирский разлом и параллельные сму нарушения) к п-ову Пьягина на северном берегу Охотского моря. Далее он пересекает Охотское море, п-ов Камчатка (где выражен правосторонними сдвигами) и на Камчатском мысу соединяется с разломами Алеутской дуги. Продолжение линеамента за пределы западной части Алеутской дуги неизвестно.

Линеаментов северо-восточного простирания в Евразни относительно немного. В Западной Европе выделяется Балеарско-Котласский линеамент. На юго-западе он начинается системой разломов Сьерра-Невады и Альнухарры в Испании, тянется далее через Балеарские острова, по границе континентального склона на севере Лигурийского моря, пересекает Северные Аленнины и Динариды (вдоль Люблянского прохода). Испытав небольшое правосдвиговое перемещение по Красноморско-Боденскому линеаменту, рассматриваемая зона продолжается на линию Балатон, пересекает Паннонскую впадину, Карпаты, Русскую плиту. На Карпатах и в Белоруссии она установлена геологическим картированием (Стрыйский, Сущано-Пержанский и Минский разломы), на Русской плите описана В. Е. Хаиным как Волынско-Котласская зона или осевой авлакоген Московской синеклизы. Этот линеамент прослежен и в Печорской впадине, где определяет, в частности, положение надвигов гряды Чернышева. Возможно, что он ироходит на Таймыр и далее на шельф Северного Ледовитого океана. Движения по линеаменту начались в рифее, важную роль играла раздвиговая составляющая.

Следующим является Атласско-Азовский линеамент. Он тянется вдоль структур Атласа, через Сицилию и Калабрию в поясе Тетис, в виде правостороннего сдвига пересекает Динариды (линия Шкодер—Печ и др.), а затем (только по данным дешифрирования) — Западные Балканы и Мизийскую плиту. Далее он простирается вдоль северного побережья Тарханкутского полуострова, северного берега Азовского моря (где разломы установлены с помощью теофизических исследований) и нижнего течения Дона до района Волгограда, где срезается другими линеаментами. В движениях по линеаменту значительна правосдвиговая составляющая; возраст движений мезозойско-кайнозойский.

Третьим трансконтинентальным линеаментом северо-восточного простирания является Алтынтагский. Наиболее ярко он выражен в хребте Алтынтаг вдоль юго-восточного края Таримской платформы, где представляет собой левосторонний сдвиг, сопровождаемый динамически связанными с ним надвигами. На юго-западе этот линеамент пересекает Гималан, где дешифрируется фрагментарно, затем он прослежен на Индостане вдоль р. Сатледж, где ограничивает с юга Джеламский клин В Сулеймановых горах линеамент вновь теряется. В Аравийском море он, по-видимому, включает подводный хребет Меррей с узким грабеном вдоль осевой части. В северо-восточном направлении линеамент по диагонали пересекает Беишань и Алашань, простирается вдоль поздневарисцийской Солонкерской складчатой зоны, затем — по юго-восточному краю каледонских структур Монголии и вдоль северо-восточных палеозойских складчатых структур Монголо-Охотского пояса (которые, в свою очередь, сменяются северо-восточными структурами Охотской ветви мезозойского вулканического пояса). Продолжение этого линеамента в Охотском море не установлено. Движения по линеаменту ориентированы в основном поперек его простирания. Начались они не позднее палеозоя.

Еще одним линеаментом северо-восточного направления является Катазиатский. Он прослеживается вдоль Катазиатской ветви мезозойского краевого вулканического пояса, через Желтое море к Корейскому щиту (где следует вдоль простирания складчатых структур и откартирован на поверхности) и далее по границе континентальной коры в Японском море до Татарского пролива. На Сахалине и в Охотском море линеамент проследить не удалось. Далее на континентальном продолжении линеамента расположена Пенжинская ветвь вулканического пояса, протягивающаяся до Чукотки.

Последняя зона линеаментов рассматриваемой подсистемы начинается северо-восточныма разломами Калимантана и о-ва Палаван, упирающимися в Филиппинскую дугу. В Филиппинском море это же простирание имеет ряд разломов, пересекающих Марианскую дугу у ее сочленения с Бонинской дугой и продолжающихся далее на северо-восток, к поднятию Шатского. Динамика последних двух линеаментов не изучена, возраст движений мезозойский и кайнозойский.

Разломы северо-западной и северо-восточной диагональных подсистем на всем протяжении устойчивы по простиранию, но падение их по мере продвижения к северу становится несколько более крутым. Севернее 70° с. ш. они не прослеживаются (в противоположность геоморфологическим построениям И. И. Чебаненко [1963]), так же как и разломы меридиональной подсистемы.

Линеаменты третьей диагональной подсистемы характеризуются дугообразной конфигурацией. По мере продвижения к северу их простирание постепенно приближается к широтному, а затем плавно изменяется на противоположное. Дугообразность линеаментов свидетельствует о том, что они представляют собой следы наклонных к оси вращения Земли плоскостей. Угол наклона каждой такой плоскости определяется географической широтой точки смены простирания линеамента на обратное. Выделение линеаментов этой подсистемы во многих случаях бесспорно; иногда же они замаскированы структурами диагональных и широтной подсистем. К этой подсистеме достаточно надежно может быть отнесена линия Қарпинского, которая лучше всего выражена в сбросах южного ограничения складчатого Донбасса. Далее к северо-западу линия Карпинского совпадает с флексурой, разделяющей Украинский щит и Диепровскую мезозойскую синеклизу (юго-западная граница Днепровско. Донецкого авлакогена от нее существено отклоняется). Постепенно изменяя свое простирание на широтное, она пересекает Украинский щит вдоль горстообразной гряды возвышенностей, расположеншых по границе двух основных структурных блоков щита –-Волынского и Подольского. На юге Польши линия Карпинского следует вдоль северного борта Предкарпатского краевого прогиба. Западное ее продолжение дешифрируется в районе Чешского массива (где частично совпадает с южным ограничением Барраидова синклинория) и вдоль северного борта Предальпийского краевого прогиба вплоть до гор Монтань-Нуар.

На восток от Донбасса линия Карлинского надежно установлена дешифрированием, геофизическими и буровыми работами вплоть до Каспийского моря. В Закаспии линия Карпинского, видимо, расщепляется. Основная ее часть прослеживается` вдоль Мангышлакского Каратау, южнее Султануиздага и на Гиссарском батолите (Сарматско-Туравский линеамент Д. П. Резвого). От нее последовательно ответвляются к югу флексуры и сбросы Туаркыра, Амударьинский и Бухарский разломы. По данным дешифрирования, все эти разломы прослеживаютсвя в области Тетис вплоть до Сулеймановых гор и отделыными фрагментами на левобережье Сатледжа. Характер и возраст движений по этим разломам в Индостане не установлены. Линеамент проявляется по крайней мере со среднего палеозоя, а также в мезовойскую и кайнозойскую эры шарнирными сбросовыми перемещениями.

К подсистеме дугообразных структур следует также относить Турано-Гималайский линеамент. Наиболее четко он выражен в Тянь-Шане (Таласо-Ферганский сдвиг). На северо-запад линеамент продолжается осевым разломом Большого Каратау с правосторонними сдвиговыми дислокациями. Северо-западное продолжение Каратауского разлома легко дешифрируется на космических снимках в Тургайском прогибе (где в глубинной структуре он отвечает юго-западному ограничению Южно-Тургайского массива) и прослеживается через Урал (в месте пересечения на детальных геологических картах установлены небольшие разломы северо-западного простирания). В Предуралье линеамент расщепляется на ряд параллельных ветвей, хорошо совпадающих с такими структурами, как Соль-Илецкий выступ и Самаркинская, Тимашевская, Большекинельская флексуры. Далее к северу он отклоняется к широтному простиранию и на Волге распадается на группу структур, расходящихся от Самарской Луки в виде «конского хвоста». Дальнейшее продолжение линеамента в широтном и юго-западном направлении не прослеживается.

Юго-восточная часть Турано-Гималайского линеамента состоит из ряда субпараллельных вствей, представляющих собой геологически хорошо изученные правосторонние сдвиги (Западно-Куньлуньский, Упрангский, Кумбельский, Карашарский и др.) с позднепалеозойским и мезозойско-кайнозойским возрастом движений. Эти сдвиги прослеживаются вплоть до шва Инда — сутурной линии между Индостанской и Евразиатской плитами. По данным дешифрирования, они фрагментами прослежены внутри покровноскладчатого сооружения Гималаев, а также в Предгималайском прогибе. Сведения о характере выражения этих разломов в поверхностной геологической структуре Индостана отсутствуют. Таким образом, Турано-Гималайский линеамент представляет собой крупномасштабный правосторонний сдвиг, амплитуда которого изменяется вдоль простирания, что приводит к формированию динамически связанных со сдвигом надвигов и шарьяжей. Возраст перемещений позднепалеозойский и раннемезозойский с последующим унаследованным развитием. В юго-восточной части линеамента возраст движений омолаживается до кайнозойского с сохранением динамических особенностей.

Третья структура этой подсистемы, видимо, проходит внутри Баренцевоморско-Тайваньской зоны. К ней принадлежит линеамент, который ограничивает Казахский щит вдоль р. Иртыша, а затем, постепенно приобретая широтное простирание, пересекает Урал (в районе Свердловска), где сливается с широтным Московско-Охотским линеаментом. Северо-восточная ветвь этого линеамента, видимо, совпадает с Балеарско-Котласским линеаментом.

Достаточно надежно может быть причислен к подсистеме дугообразных структур и Пальмиро-Апшеронский линеамент. Он был уже давно прослежен в северной части Аравийской плиты и в Куринской впадине на Кавказе. Однако он протягивается и в Закаспий к северным берегам Аральского моря (геологическое выражение его на этом отрезке не изучено), далее пересскает Тенизскую впадину и Ерменьтау, где фрагментами откартирован при геологических съемках, и переходит в систему разрывных структур фундамента, с которыми связаны Барабинские увалы. Вторая-ветвь этого линеамента протягивается южнее Каспийского моря, пересекает Туранскую плиту, где на отдельных отрезках установлена геофизическими и буровыми работами, пересекает Центральный Казахстан параллельно известным Успенской и Спасской зонам разломов и также подходит к Барабинским увалам. Широтный отрезок этой линеаментной зоны располагается на Сибирской платформе вдоль Московско-Охотского линеамента. Здесь с ним плавно сочленяется северо-западная ветвь рассматриваемой дуги, следующая вдоль систем разломов, установленных геологическим картированием, через Байкало-Патомское нагорье, Забайкалье, Монголо-Охотскую систему и выходящая к диагональным разломам пролива Цугару между островами Хонсю и Хоккайдо. Наклон плоскостей всех четырех рассмотренных линеаментов к оси вращения Земли составляет 50—55°. Динамика и возраст движений по двум последним линеаментам еще не изучены.

Предположительно выдсляется еще один дугообразный линеамент с наклоном плоскости около 75°. К нему, видимо, относятся северо-восточные структуры Таймыра, широтный уступ континентального склона в море Лаптевых, фрагменты северо-западных структур в Восточно-Сибирском море с их продолжением на Чукотку и Аляску.

Суммируя данные по геологическому строепию и истории развития линсаментов Евразии, можно прийти к следующим заключениям.

1. Крупнейшие линейные тектонические структуры отражаются на космических снимках в виде линеаментов I ранга, совпадающих с зонами упорядоченного расположения разломов определенного направления. Общая протяженность таких структур меняется от 3000 до 6000 км и более, ширина — от первых десятков километров до 200-300 км (иногда до 1000 км). Такими линеаментами выражаются на поверхности Земли зоны глубинных разломов — реально существующие геологические образования, подтверждаемые на многих отрезках своего протяжения данными геологического картирования и геофизических зондирований. Правомерность объединения фрагментов линсйных структур (одинаково ориентированных, но часто разобщенных) в единые протяженные зоны подтверждается единством характера тектонических движений на всем протяжении многих таких зон. Так, линия Штилле характеризуется раздвиговыми движениями, Турано-Гималайский линеамент — сдвиговыми, линия Карпинского — шарнирными сбросовыми и т. д. Линеаменты часто характеризуются определенным временем заложения, периодом развития и соответствующими постумными движениями. Отдельные их фрагменты могут иметь свои, иные геодинамические особенности и более древнее время заложения. По-видимому, такие фрагменты представляют собой механически включенные в линеамент более древние ослабленные зоны.

2. Ряд линеаментов характеризуется изменяющейся по простиранию динамикой и различным временем движений. Так, линеаменты северо-западного простирания, пересекающие Европу и пояс Тетис (Красноморско-Боденский, Эльбско-Загросский), в пределах Европы имеют палеозойский возраст движений (преимущественно вертикальных), а в поясе Тетис по ним отмечаются сдвиговые перемещения мезозойского—кайнозойского возраста. По Нарвско-Амударьинскому линеаменту в пределах Русской плиты отмечаются рифейские раздвиговые движения с постумными палеозойскими дислокациями, а в пределах Туранской плиты — мезозойские сбросовые движения. Для Турано-Гималайского липеамента характерны правосдвиговые движения, однако время их проявления меняется от позднего палеозоя—раннего мезозоя в западной и центральной частях линеамента до позднего мезозоя и кайнозоя в восточной его части.

3. Крупнейшие линеаменты Евразии образуют две совокупности, резко различные по соотношению с блоковыми структурами литосферы. К первой относятся линеаменты, образующие границы современных или древних литосферных плит и мегаблоков континентальной, переходной или океанической коры. Ко второй принадлежат линсаменты, секущие границы литосферных плит и блоков земной коры. Первая совокупность обнаруживает связь с геологическим строением континента Евразия, вторая совершенно определенно связана с фигурой Земли и с действием ротационных сил. Наиболее вероятно, что расположение линеаментов секущей сети фиксировано по отношению к неизменному положению оси вращения Земли (изменение положения оси невозможно вследствие гироскопического эффекта). Наоборот, линеаменты граничной сети тесно связаны со структурой литосферных плит и мегаблоков земной коры, которые в соответствии с данными геолого-тектонических и палеомагнитных исследований изменяли свое взаимное расположение по отношению к оси вращения. Выше было выделено несколько рангов секущих планетарных структур. Структурами I ранга в восточной части северного полушария являются Урало-Оманский, Верхояно-Марианский, Баренцевоморско-Тайвань, ский и, возможно, Эльбско-Загросский. Они пересекают целиком не менее двух литосферных шлит, характеризующихся резко различными направлениями внутримантийных течений, и являются секущими структурами по отношению во всей литосфере. Структурами 11 ранга являются трансконтинентальные линеаменты, пересекающие целиком континентальные мегаблоки и рассекающие земную кору промежуточного и океанического типов. Эти линеаменты являются секущими по отношению к земной коре.

Н. С. Шатский [1948], описывая Транскавказский линеамент, указывал на то, что наличие огромных тектонических структур и движений, охватывающих самые разнообразные по строению участки земной коры, ставит вопрос об общности движений и, вероятно, об общности процессов изменения вещества в глубинных оболочках Земли под весьма различными поверхностными структурами. Применяя этот подход к трансплитным и трансконтинентальным структурам, по отношению к которым «поверхностными» структурами являются границы не только разновозрастных складчатых систем или континентальной и океанической коры, но и границы крупнейших литосферных плит, можно утверждать, что секущие линеаменты первых двух рангов имеют подастеносферное, внутримантийное заложение. Форма проявления таких структур в мантии, видимо, имеет мало общего с привычным понятием «разлом», но градиенты изменения скоростей движения и свойств вещества в пределах структур должны быть существенно больщими, чем вне их.

4. Противоречие, заключающееся в одновременном существовании активных подастеносферных зон, фиксированных относительно оси вращения Земли, и перемещающихся над ними литосферных плит и блоков, является только кажущимся. Видимо, горизонтальные перемещения не могут осуществляться совершенно свободно, но предопределены и регулируются сетью подастеносферных структур, которые в значительной мере определяют направление перемещения, угол поворота и место столкновения литосферных плит и блоков.

На качественном уровне такое предположение подтверждается взаимоотношением горизонтальных движений по линеаментам и направлением движения микроплит в поясе Тетис. Конфигурация граничных структур подчеркивает существование хорошо известных ранее четырех пережимов пояса — Гибралтарского, Сирийского, Пенджабского и Бирманского, отчетливо выраженных на схеме линеаментов. Каждый пережим сопровождается с запада левосдвиговыми, а с востока правосдвиговыми линеаментами (впервые это было установлено для Пенджабского пережима П. Молнаром и П. Таппонье [Molnar, Тарропписг, 1975]). Таким образом, существование линеаментов трансконтинентального значения отнюдь не противоречит, но, более того, подтверждает большие горизонтальные перемещения при закрытии пояса Тетис.

Непреодолимым препятствием для палинспастических реконструкций может показаться вполне определениая связь линеаментных сетей Индостана и Северной Евразии. Однако следует обратить внимание на то, что древние линеаменты, хорошо совпадающие с внутренней структурой Индийской платформы (линеамент Нармада—Сон и др), не прослеживаются за пределы Индостанского блока, а линеаменты, продолжающиеся в Индостан с севера и запада, обнаруживаются только на космических снимках и не имеют сколько-нибудь значительного структурного выражения в геологическом строении. По-видимому, подастеносферные структуры, над которыми находится ныне Индийская илатформа, успели только «пробить» литосферу системами тектонической трещиноватости, которые уже отражены в рельефе, но не оказали еще заметного влияния на распределение фаций и мощностей осадочного чехла, на его внутреннюю структуру и поэтому не установлены геологосъемочными и геофизическими исследованиями.

Наконец, внутреннее строение некоторых линеаментов может быть правдоподобно объяснено только горизонтальными перемещениями. В частности, Баренцевоморско-Тайваньский линсамент, выраженный относительно узкой полосой структур в пределах группы блоков Китайской платформы, севернее, в Урало-Монгольском складчатом поясе, резко расширяется до зоны субпараллельных разломов шириной во много сотев километров. Можно предположить, что эта зона сформировалась при разнонаправленных перемещениях соответствующей части Урало-Монгольского пояса над одной и той же «горячей линией» внутри мантии (своеобразным аналогом «горячей точки»), т. е. узкая активная зона внутри мантни может порождать широкую зону дислокаций в земной коре.

Детальные палинспастические реконструкции Евразии требуют комплексирования палеомагнитных, палеографических, формационно-тектонических исследований при обязательном учете данных дешифрирования глобальных и трансконтинентальных структур.

5. Данные о длительном развитии глубинных разломов и линеаментов, с нашей точки зрения, не могут служить основанием для отрицания горизонтальных перемещений. Сторонники фиксизма, как правило, недооценивают активность и длительность постумных перемещений по разломам, отрезанным от своих корней в мантии. Многочисленные примеры палеозойских островных дуг и континентальных подножий, описанные в западной части Урало Монгольского пояса, продолжали активно развиваться и на орогенном этале, контролируя распределение гранитондов, субсеквентных эффузивов, красноцветных континентальных, моласс. В несколько ослабленной форме такие разломы «доживают» до илатформенного и неотектонического этапов. По-видимому, сформировавшиеся в земной коре неоднородности могут служить причиной дифференцированных тектонических движений на протяжении сотен миллионов лет.

6. Сеть трансконтинентальных линеаментов в Евразии имеет планетарное значение. Закономерностям этой сети подчиняются и основные структуры океанов. Достаточно вспомнить широтные трансформные разломы и меридиональные простирания структур срединного хребта в Атлантическом океане, устойчивые северо-западные и северо-восточные простирания срединных рифтовых хребтов и трансформных разломов в Индийском и Тихом океанах, субширотные трансформные разломы в восточной части Тихого океана.

Сопоставляя известные данные по планетарным структурам Луны, Меркурия, Марса, некоторых спутников Юпитера, мы видим, что для всех этих планет характерна сеть структур, диагональных к оси вращения. Лишь на Марсе в приэкваториальной части появляются крупные структуры широтного простирания (рифтовая долина, в частности). Примеров же чисто меридиональных структур, столь широко развитых на Земле, нет ни одной из этих планет. Причиной такого отличия Земли является ее активная геологическая жизнь.

Глава 25

# КРУПНЕЙШИЕ КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ Континентальной земной коры

Изучение аэро- и космоснимков показало широкую распространенность кольцевых структур различных размеров: от образований диаметром в десятки—сотни мстров- первые десятки километров, обнаруженных по аэроснимкам, до выделенных по космоснимкам крупных структур диаметром в несколько сотен километров. Сочетание мегалинеаментов и крупнейших кольцевых структур определяет основные черты земной поверхности [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, 1978].

Кольцевые структуры отвечают реальным геологическим телам. Как правило, это жесткие овальные блоки, огибаемые или раскалываемые линейными зонами повышенной проницаемости. Для овальных блоков характерны дифференцировавные неотектонические движения, проявленные в ландшафтах и в геофизических полях. Большинство исследователей считают кольцевые структуры большого диаметра древними.

Небольшие по размерам кольцевые структуры, выявляемые по аэрофото- или РЛаэроснимкам и иногда видные на космических снимках, обычно достаточно хорошо изучены. Структуры экзогенного происхождения в классификации Е. С. Кутейникова разделяются на аккумулятивные (грядово-мочажинные, рифовые, аллювиальные, ледниковые, криогенные, эоловые), девудационные (останцовые, оползневые, ледниковые), просадочные (термокарстовые, суффозионные, карстовые). Они развиваются в рыхлых гомогенных толщах и округлой формой иногда обязаны овальным блокам фундамента.

В улканические и вулкано-плутонические кольцевые структуры имеют размеры от первых километров до первых десятков километров. Ирирода вулкано-тектонических кольцевых структур весьма сложна. Часто вулканизм лишь обновляет ранее сформировавшиеся блоки фундамента излияниями магмы по кольцевым или радиальным разломам и движениями овальных блоков над формирующимися, а затем опустошающимися магматическими очагами [Применение..., 1981]. Структуры этого типа наблюдаются на мелкомасштабных фото- и РЛ-аэроснимках. На космических снимках подтверждаются некоторые из кольцевых структур, выявленнных по РЛ-аэроснимкам, и выделяются более крупные кольцевые и круговые вулкано-плутонические постройки [Применение..., 1981].

Недостаточно изучены прототсктон и ческие плутон и ческие кольцевые структуры, которые создаются концентрическим строением платформенных и субплатформенных интрузий, системами спаянных между собой отдельных центров гранитообразования и т.д. [Применение., 1981, Доливо-Добровольский, 1972, 1977].

Ряд дешифрирующихся по аэро-и космоснимкам кольцевых структур отвечают изометричным в плане складчатым формам: соляным кулолам, брахиструктурам (иногда их овальная форма предопределена блоками фундамента), гранито-гнейсовым куполам ит п Эти типы структур часто приурочены к пересечениям дешифрируемых разломов

Хорошо изучены метеоритные кольцевые структуры небольшого диаметра́итектонические кольцевые структуры отколового типа (по А. И. Петрову) [Петров и др., 1964, 1971; Плотинков и др., 1969].

Происхождение крупнейших кольцевых структур диаметром порядка 100 км и более, выделяемых по космическим снимкам, не очевидно Из многочисленных гипотез, объясняющих природу этих структур, можно выделить метеоритную, тектоническую, неотектоническую, панвулканическую и гранитоидную.

Метеоритные или импактные структуры (астроблемы) вызваны падением метеоритов. Для структур (кратеров) небольших размеров характерны кольцевые разломы, концентрический вал, окаймляющий пологую депрессию; для больших кратеров — центральное поднятие в ядре, признаки ударного метаморфизма в текстурах пород и минеральном составе, концентрический план наложенных геофизических полей, подъем глубинных слоев в ядре, сокращение мощности «гранитного» слоя -[Взрывные..., 1968; Заболоцкий, 1972, Замараев и др., 1975; Масайтис и др., 1975]. Астроблемы изучались различными дистанционными методами. С помощью комплекса РЛ-аэроснимков и геофизических материалов изучалась Карская астроблема [Осолодков и др., 1975]. (Исследователи пришли к выводу о неметеоритном происхождении этой структуры). Хотя бесспорные, эталонные астроблемы имеют небольшие размеры, ряд геологов связывают с метеоритными ударами чуть ли не все кольцевые структуры (особенно большого диаметра и проблематичного генезиса). Однако метеоритная гипотеза не столь универсальна. Пространственное распределение структур космического происхождения должно быть случайным, однако кольцевые структуры занимают определенное положение в геологическом строении [Доливо-Добровольский, 1974, Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978a, Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978] Сохранность древних астроблем маловероятна из-за их тектопической пассивности, отсутствия связи с эндогенными процессами [Масайтис и др., 1975]. Они проявляются лишь в избирательной денудации по кольцевым разломам, не поддерживаются ни ротационными силами (как мегалинеаменты), ни тектоническими процессами. На снимках отчетливо видны лишь относительно молодые астроблемы

Доказанная древность крупных кольцевых структур иногда истолковывается как свидетельство энергичной метеоритной бомбардировки в докембрии Это правильно лишь для планетарной эпохи формирования Земли из метеоритного роя, когда падение крупных метеоритов вызывало образование цервичных неоднородностей Земли При последующем формировании земных оболочек эти неоднородности не могли сохраниться (как сохранились, например, масконы на Луне), а гипотеза «великой катастрофы» вообще исключает их сохранение [Hess, 1962] Теоретические расчеты показывают, что случаи возможного формирования крупных астроблем ничтожно редки по сравнению с действительным наличием крупных кольцевых структур

Обсуждаются возможности ядерных превращений (в частности, алюминия в кремний [Choubert, 1977]) при высоких давлениях и температурах в зоне метеоритного удара. В экспериментах с подземными ядерными взрывами ясных доказательств возможности таких реакций (сиализации пород, формирования гранитоидов) не получено.

Тектонические гипотезы связывают формирование овальных блоков с тектоническими напряжениями. В. В. Соловьев выделяет «геоконы» и «астеноконы» —

конусы с вершинами на разных горизонтальных границах земной коры и мантии [Структуры..., 1978]. По А. И. Петрову [Петров и др., 1971, Скарятин, 1976], формирование таких блоков обусловлено наличием точечных долговременных источников тектонических напряжений. Последние отождествляются с очагами землетрясений. Однако эпицентры известных землетрясений приурочены либо к линейным, либо к кольцевым разломам (т с. к границам движущихся крупных блоков), но отнюдь не к их центральным тектонически спокойным частям [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а, Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978] Поэтому механизм структур отколового типа применительно к формированию крупнейших кольцевых структур пока недостаточно доказан.

Неотектонические гипотезы рассматривают крупные овальные блоки как отражение недавнего глубинного перераспределения вещества [Шульц, 1974]. Однако наличие современной неотектонической активности овальных блоков не доказывает их недавнего становления. Оно лишь свидетельствует о существовании глубинной латеральной неоднородности, поддерживающей эту активность овальных блоков. С. С. Шульц отмечал, что неотектонические воззрения возникают, когда при беглом анализе геолого-геофизических данных не находится подтверждения выявленных структур. Однако именно молодые кольцевые структуры должны паходить четкое отражение в региональных геофизических полях. В действительности же линейные геофизические поля накладываются или приспосабливаются к более древней кольцевой тектонике.

Панвулканические сипотезы объясняют происхождение крупнейших овальных блоков механизмами вулкано-тектоники при огромных масштабах излияний. Однако вулкано-плутонические структуры таких размеров неизвестны, а крупные овальные вулкано-тектонические депрессии отвечают, по-видимому, овальным блокам довулканического фундамента, обновленным вулкано-тектоникой.

Ряд авторов рассматривают крупнейшие кольцевые образования как первичные структуры земной коры, сформированные архейским основным вулканизмом на океанической коре (зеленокаменные ядра континентов), проводя аналогию с «лунными морями». Однако подобные аналогии недостаточно корректны [Доливо-Добровольский, 1974, Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а, Dolivo-Dobrovolsky, Streintkov, 1978]. На Луне отсутствует «гранитный» слой, определяющий неповторимое своеобразие земной коры. Лунные моря — не древние; они сформированы относительно молодыми вулканическими излияниями на жесткую контицентальную (для Луны) габбро-анортозитовую кору; их аналогами должны быть, скорее всего, тунгусские траппы Действительно, такие структуры выделены Е Н. Сапожниковой в Восточной Сибири. По мнению ряда исследователей, зеленокаменные комплексы архся и протерозоя формировались на уже существовавшей сиалической коре. При анализе космических снимков (см.: [Bodechtel, Crieloff-Emden, 1969, с. 95]) видно, что они огибают более древние гранитные или гранито-тнейсовые ядра или ложатся на них несогласно.

Излияние архейских базальтов на гранитное основание может привести к формированию крупных панвулканических синформных структур. Таково, по О. Б. Гинтову [1978], происхождение Северо- и Южно-Украинского концентров, выявленных по геофизическим данным. К панвулканической группе гипотез отпосятся идеи В. Г. Гутермана [1977] о кольцевых структурах как о центрах остывания гомогенной первично расплавленной земной поверхности. Однако такие крупнейшие структуры должны быть синформными, а они, как правило, антиформны.

Поскольку известные зеленокаменные пояса заложены на сиалическом основании, предприняты поиски еще более древних зеленокаменных поясов как первичных структур древнейшей океанической земной коры, М. З. Глуховский [1976, 1978; Глуховский, Павловский, 1973] в пределах сочленения Алданского щита и Становой складчатой зоны выделяет по космическим снимкам крупные кольцевые структуры диаметром до 350 км как структуры катархейского (доалданского) становления первичного базальтового слоя. Это чашеобразные структуры, сложенные катархейскими пироксенсодержащими сланцами и гнейсами, ранее включавшимися в разрезы курультинского, гонамского, джелтулинского и других комплексов архея и протерозоя. По химическому составу эти породы близки к толеитовым базальтам, но с повышенным содержанием Mg, Fe, Rb, Ba, Sr и литофильных элементов. В нижних частях разреза находятся согласные со структурами тела анортозитов; характерны условия гранулитовой фации метаморфизма высоких давлений (10—14 кбар), как в региональных зонах смятия. В статиграфических схемах Сибири эти комплексы находятся в разных частях разреза архея и даже нижнего протерозоя. Из-за положения в тектонических блоках реальные геологические взаимоотношения этих комплексов со стратотипическими не ясны [Салоп, 1973; и др.].

Перечисленные признаки сближают эти комплексы с породами гранулитовой формации на Балтийском щите (состав — пироксеновые сланцы и анортозиты, условия гранулитовой фации метаморфизма высоких давлений — 8—14 кбар, синформные структуры, положение в пределах крупнейшей региональной зоны смятия Главного Беломорского разлома [Богданов и др., 1974, 1980; Bylinsky et al., 1977]). Однако на Балтийском щите они не могут рассматриваться как возрастные аналоги катархея.

Г ранитондная гипотеза происхождения крупнейших кольцевых структур [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1974, 1976, 1978а; Применение..., 1981; Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978] связывает формирование овальных блоков с различными этапами становления «гранитного» слоя земной коры. Действительно, во-первых, такие блоки почти повсеместно проявлены как жесткие массивы, огибаемые или рассекаемые линейными структурами, т. е. слагают ядра стабилизации земной коры, образование которых связано с эпохами гранитизации. Во-вторых, изометричные в плане структуры возможны лишь в гомогенном веществе, а основным фактором гомогенизации являются процессы гранитообразования. В-третьих, гранитоидные массивы, образовавшиеся in situ, всегда имеют изометричное в влане строение или состоят из спаянных воедино отдельных изометричных ядер. В-четвертых, огромные масштабы гранитообразования на средних стадиях развития подвижных поясов, сопровождавшегося не менее чем 10%ным увеличением объема горных пород, и другие факторы объясняют энергетические проблемы формирования крупных кольцевых структур.

Наличие последовательных стадий развития «гранитного» слоя отражено в различных типах кольцевых структур: гранитных овалах, гнейсовых овалах, овальных структурах докембрийского гранитообразования, фанерозойских срединных массивах, структурах фанерозойского гранитообразования [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а].

Гранитные овалы — это ядра формирования первичного гранитного слоя Земли на «догеологическом» этапе становления ее оболочек [Богданов и др., 1976, 1980; Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Belaev et al., 1977; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]. О протогранитном фундаменте самых древних супракрустальных серий (беломория — алдания) свидетельствуют налегание их на гранитный фундамент, состав древнейших терригенных образований, происшедших при размыве сиалических пород [Горлов, 1967, 1972, 1975; Борукаев, 1971; Берзинь и др., 1974; Елизаров и др., 1976; Шейиман, 1976; Брюханов и др., 1977; Методические..., 1977; Condie, 1967a, b, 1973; Кгопег, 1976, 1977; Moorbath, 1977; Gorman et al., 1978; Winley, Davies, 1978], специфические особенности протогранитов, выделенных в отдельную формацию [Кратц и др., 1975], баланс сиалического и симатического вещества в земной коре [Лукьянов, 1965] и т. п. Гранитные овалы возникают в местах выплавки первичного гранитного слоя; позднее формируются кольцевые разломы, выделяющие мегаблоки овалов.

Анализ комплекса геологических, геофизических и дистанционных данных позволил выделить следующие поисковые признаки гранитных овалов [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]: 1) концентрические кольцевые разломы с диаметрами в сотни километров; 2) ареалы протогранитов и протодиоритов с грубой центральной симметрией (иногда не вскрытые эрозней); 3) признаки ядер ранней стабилизации (предполагаемых областей сноса сиалического вещества, формирующего древнейшие супракрусты, которые как бы обтекают центры овалов, к периферии увеличиваясь по мощности и изменяясь по формационному составу); 4) увеличение мощности «гранитного» слоя в эпицентрах выплавки протогранитного слоя при уменьшении общей мощности земной коры; 5) использование линейными структурами близких по простиранию фрагментов кольцевых разломов, резкие изменения их простираний при пересечении овалов; 6) блоковые движения на платформенных этапах, дугообразно изогнутые узкие неотектонические депрессии по периферии; 7) слабое отражение в гравитационном и магнитном полях из-за затушеванности линейными аномалиями.

Гнейсовые овалы образуются в результате следующего важнейшего этапа становления «гранитного» слоя и стабилизации земной коры [Салоп и др., 1973]. Сналические массы сосредоточиваются в них в результате как палингенеза древнейших осадков сиалического ряда и реоморфизма гранитного фундамента, так и продолжающегося процесса разделения Земли на оболочки с выплавкой коровых гранитов. Вместе с гранитными гнейсовые овалы образуют первичные формы овальной делимости земной коры [Доливо-Добровольский, 1974]. После катархея сналическая оболочка формировалась не повсеместно, а локально: по периферии уже стабилизировавшихся ядер гранитных овалов, в зонах относительно тонкой земной коры, характеризующихся высокой мобильностью, интенсивными вулканическими и термическими проявлениями. Только в дальнейшем (позднее архея) тепловые потоки приурочиваются к линейным зонам, а литосфера разделяется на кратоны и подвижные пояса [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978a; Dolivo-Dobrovolsky, Streinikov, 1978]. Необходимым условием для этого является достаточная жесткость земной коры, близкая к современной [Салол, 1971]. В более жесткой коре нелинейные структуры продолжали возникать как овалы в ранге мегаблоков или сложных блоков [Красный, 1972].

В работах [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978] выделены следующие поисковые признаки гнейсовых овалов: 1) концентрические кольцевые разломы диаметром свыше 100 км; 2) воложение в центрах архейских бассейнов осадконакопления; 3) дугообразно изогнутые складчатые структуры археид с грубо центральной симметрией и некоторыми другими признаками [Салоп, 1971]; 4) дугообразно изогнутые магнитные и сравитационные аномалии; 5) увеличенная мощность «гранитного» слоя и, возможно относительно менее четкое выражение по сейсмическим данным границы Конрада (в связи с процессами постепенно нарастающего реоморфизма крупнейших блоков при формировании гнейсовых овалов); б) автономность блоковых движений овалов или их частей на платформенных этапах, определяющая проникающие кольцевые разломы, изменения мощностей и фациального состава в осадочном чехле; 7) кольцевой мозаичный план современного рельефа, дугообразно изогнутые гряды, разделенные депрессиями (на территории плит дугообразно изогнутые валы и депрессии рельефа фундамента, в общих чертах повторяемые рельефом земной поверхности).

Овальные структуры докембрийского гранитообразования связаны в основном с саамской эпохой. Кольцевые разломы по периферии этих структур одновозрастны с ними и отражают реакцию пород на увеличение объема при гранитизации [Былинский и др., 1978; Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а].

Мощный процесс саамского гранитообразования не имеет по масштабам аналогов в последующие эпохи, затрагивает как области архейских бассейнов, так и фундамент археид. По пересечению кольцевых структур выделяют четыре акта гранитообразования. В первых двух образованиях диоритовые и гранитные ареалы в архейских супракрустах, а в последующих (после небольшого перерыва [Кратц и др., 1975]) — диоритовые и гранитные ареалы в протогранитном фундаменте. Формирование гранитных и гнейсовых овалов и овальных структур привело к становлению жесткой внешней оболочки Земли. С этого времени началось развитие системы глобальных линейных структур с использованием фрагментов кольцевых разломов, по простиранию близких к генеральным простираниям линейной складчатости [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978].

В более поздние эпохи докембрия образовывались кольцевые структуры меньших размеров и происходил реоморфизм саамских. Масштабы корового гранитообразования сокращались; оно заменялось реоморфизмом протогранитов и осадочной оболочки как продукта дезинтеграции первичного сиалического слоя. Поэтому в дальнейшем интенсивность гранитообразования зависела от мощности осадков, накопленных в подвижных поясах.

Выделены следующие поисковые признаки и отличительные черты овальных структур докембрийского (caaмского) гранитообразования [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978a; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnirkov, 1978]: 1) изометричность в плане структуры, наличие ограничивающей системы кольцевых разломов с диаметрами в десятки первые сотни километров; 2) мигматитовые формации в пределах фундамента археид, изометричные (олнородные или с центральной симметрией) складчатые структуры реоморфического типа в супракрустальных голщах над ними; 3) соотношение с вышележащими структурами, аналогичное таковому для фанерозойских срединных массивов; 4) изометричные, иногда с центральной симметрией региональные аномалии магнитного и гравитационного полей (диоритовые ареалы сопровождаются положительными гравитационными аномалиями); 5) однородность блока в неотектонических движениях. При последующих преобразованиях подвижных поясов или на платформенном этапе описываемые структуры, так же как гранитные и гнейсовые овалы, играли роль жестких блоков.

Овальные структуры фанерозойских срединных массивов представляют собой блоки в поле срединных массивов, ограниченные кольцевыми разломами. Впервые они выделены на территории Западного Прибалхашья [Доливо-Добровольский, 1974].

Известно, что срединные массивы, представляющие собой обломки платформ, на которых закладывались геосинклинальные прогибы, частично захватываются синхронными эндогенными процессами, которые приводят к обновлению в их пределах древних структурных форм (в частности, кольцевых) [Розен и др., 1974]. В ряде случаев наблюдаются дугообразно изогнутые по фрагментам кольцевых структур сопряжения срединных массивов с липейными геосинклинальными поясами; нелинейные структуры догеосинклинального фундамента, разбивающие линейную форму срединных массивов, обусловленную подвижными поясами, на ряд спаянных между собой, часто срезанных и потом обновленных изометричных глыб; синхронный магматизм, структурно подчиненный древним изометричных структурам (а для гранитондов и по вещественному составу отвечающий гранитизации догеосинклинального фундамента [Розен и др., 1974]). Таким образом, совпадение эндогенных процессов в геосниклинальных системах и срединных массивах посит временной характер, а по форме проявления (и по источнику вещества — для гранитондов) является унаследованным развитием древнего структурного плана догеосинклинального основания.

Овальные структуры срединных массивов отличают следующие их характеристики [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а; Dolyvo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]: 1) кольцевой план разрывной тектоники, сочетание дугообразных и прямолинейных сопряжений срединных массивов с геосинклинальными системами, продолжение дугообразных фрагментов разломов в теле массивов; 2) изометричный план структур основания; 3) использование кольцевых разломов срединных массивов магматизмом, синхронным с геосинклинальным магматизмом; 4) влияние кольцевого плана на структуры последующих осадочных и осадочно-вулканогенных комплексов как результат автономных движений овальных блоков и их частей на разных этапах развития; 5) изометричные гомогенные блоки современного рельсфа; 6) дугообразно изогнутые магнитные и гравитационные аномалии, подчеркивающие древнюю структуру основания и магматические тела.

Овальные структуры фанерозойского гранитообразования формируются на инверсионном этапе развития фанерозойских геосинклиналей. Они представлены в рангах простых или сложных блоков, реже мегаблоков [Красиый, 1972]. Впервые такие блоки отдешифрированы С. И. Стрельниковым по космическим сиимкам Урала. А. В. Доливо-Добровольский выдвинуя предположение о формировании их как центров гранитообразования [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]. Близкие иден высказаны М. А. Фаворской [Анализ..., 1979; Фаворская и др., 1969, 1974; и др.] о становлении так называемых очаговых магматических структуры]. Структуры этого типа — центры продолжающегося роста контипентальной земной коры. Область инверсионного антиклинория разделяется при этом на ряд отдельных овальных блоков, отвечающих формам глубинного гранитообразования. Эти блоки еще не выведены на поверхность в процессе эрозионного среза. Форма наблюдающихся в их пределах гранитоидных интрузий (перемещенных, выжатых из центра гранитообразования) отвечает сочетанию дуговых и линейных ослабленных зон в всрхних ярусах.

Увеличение при гомогенизации осадков их исходного объема и формирование огромных однородных пластично-вязких массивов обусловливают становление новых кольцевых структур, отмечающих эпицентры гранитообразования. Сводовое воздымание перекрывающих толщ с формированием кольцевых разломов лишь частично связано с интрузивной деятельностью и способствует наращиванию «гранитного» слоя. Если овальные структуры срединных массивов — это более ранние жесткие блоки, обтекаемые линейными структурами, то кольцевые разломы овальных структур гранитообразования накладываются на линейные области. Гранитоидные массивы подчинены плану как липейных, так и кольцевых разломов и не всегда достаточно ясно обрисовывают овальные структуры, хотя максимальная насыщенность гранитными телами характерна для последних.

Внедрение интрузий и проседания по кольцевым разломам над опустошающимся магматическим очагом обновляют овальные структуры фанерозойского гранитообразоваяня. Все это приводит к стабилизации, нарушаемой «горячими точками» позднегеосинклинального магматизма. Местоположение центров фанерозойского гранитообразования определяется пересечениями зон крупнейших разломов или, быть может, догеосинклинальными сиалическими овальными блоками [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1976, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, StreInikov, 1978].

Овальные структуры фанерозойского гранитообразовання характеризуются следующими отличительными особенностями [Доливо-Добровольский, Стрельников, 1978а; Dolivo-Dobrovolsky, Strelnikov, 1978]: 1) кольцевые разломы диаметром в первые сотни километров; 2) положение в пределах инверсионных антиклинальных структур; 3) наложение кольцевых разломов на линейную структуру подвижных поясов, отсутствие при-

способления линейных структур к овальным блокам; 4) сгущение гранитондных интрузий (при небольшом эрозионном срезе максимум последних находится в ядре овальной структуры, при глубоком — в периферических частях); 5) чечевицеобразные области увеличения мощности «гранитного» слоя, сопровождаемые погружением других границ (эффект «корней гор»); 6) региональные минимумы силы тяжести; 7) в современном рельефе наложение овальных блоков на линейные структуры.

Овальные структуры областей активизации формируются при гранитообразовании, тектоно-магматической активизации; диаметры их — первые сотии километров. Их детально изучали М. А. Фаворская, Н. И. Томсон, И. К. Волчанская и другие сотрудники ИГЕМ структурно-геоморфологическими и дистанционными методами (Анализ..., 1979; Фаворская и др., 1974]. По мнению М. А. Фаворской, И. К. Волчанской и др. (устное сообщение), овальные структуры, скорее всего, были заложены до этапа активизации, возможно еще в докембрии, и впоследствии обновлены.

Установление крупнейших кольцевых структур способствовало развитию «ринговой» концепции региональной металлогении [Брюханов и др., 1977; Былинский и др., 1978; Глуховский и др., 1977, 1978; Доливо-Добровольский и др., 1980; Буш и др., 1980; Ставцев, Ботов, 1975, 1979; Saul, 1978; и др.]. Эти представления наряду с другими, также связанными с развитием дистанционных методов, обобщены в обзоре [Доливо-Добровольский и др., 1980].

Перечисленные типы кольцевых структур и гипотезы их происхождения, по-видимому, не исчерпывают всех возможных типов этих структур.

Глава 26

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, АСПЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЛИНЕАМЕНТОВ И КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Практика выделения на космических изображениях Земли различного рода линеаментных и кольцевых (круговых) образований показала, что это не такое простое дело, как может показаться на первый вэгляд. Об этом свидетельствует прежде всего большое разнообразие схем дешифрирования, в том числе выполненных по одной и той же территории и по одним исходным материалам. Очевидно, что критерии, которыми руководствуются исследователи, выделяя линеаменты и кольцевые образования, достаточно различаются. Немаловажное значение имеет, очевидно, опыт дешифровщика и предварительное его знакомство с изучаемой территорией.

Еще более разнообразным является подход к геологической интерпретации линеаментов и кольцевых образований. Это разнообразие определяется многими факторами из которых важнейшими являются содержание решаемой задачи, харахтер геологического объекта, уровень предварительных знаний о нем и теоретические позиции исследователя (включая методологические основы дешифрирования).

Разделение процесса изучения объекта на дешифрирование и интерпретацию несколько условно. Элемент интерпретации в большей или меньшей степени имеется уже на стадни дешифрирования. В зависимости от уровня предварительных знаний и характера решаемой задачи (а исследования чаще всего имеют целевую направленность) при дешифрировании неизбежно проводится не только выделение, например, линеаментов, но и их определенная классификация, подразделение. Это обстоятельство и предопределяет различия в схемах дешифрирования, о которых упомикалось выше.

Поэтому, говоря о принципах дешифрования и интерпретации линеаментов и кольцевых образований, вряд ли можно предполагать существование некоего канона, обязательного для всех исследователей. Наши знания о рассматриваемых образованиях слишком еще малы для этого. Метод исследования также не разработан в достаточной мере. Вместе с тем накопленный опыт позволяет уже сейчас сделать ряд важных выводов принципиального характера, которые необходимо иметь в виду при дальнейших исследованиях с применением аэрокосмической информации.

Общие методологические вопросы использования космической информации в геологии рассмотрены в первой части монографии (см. также: [Макаров, Скобелев и др., 1974; Макаров, Трифонов, Щукин, 1974; Макаров, Соловьева, 1976; Геологическос..., 1978; Анализ..., 1979; Трифонов, 1979; Макаров, 1981а—в]). Здесь мы остановимся на некоторых

более конкретных методических аспектах решения геологических задач с использованием космических изображений.

Прежде всего необходимо, очевидно, исходить из трех главных условий, определяющих возможности, ширину и глубину проведения исследований: 1) поставленной задачи; 2) характера и качества имеющейся космической информации и 3) количества и качества имеющейся поверхности и строении литосферы.

В настоящее время в распоряжении исследователей имеются весьма разнообразные материалы космических съемок [Гонин, 1980]. Они различны по способам получения изображений, по высоте, с которой осуществляются съемки, по площади охвата (обзорности), по разрешению, спектральному диапазону, масштабу и по возможностям необходимых трансформаций и преобразований. Естественно, что во всех этих различияж заключаются объективные причины существующих различий в схемах дешифрирования и в интерпретации.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИНЕАМЕНТОВ И КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Мы считаем, что назрела необходимость в выработке единого принципа, согласно которому из всего множества линий и штрихов, более или менее узких полос и границ, видимых на космическом изображении, все исследователи достаточно единообразно выбирали бы именно линеаменты, а из множества замкнутых контуров и обособленных площадей округлой формы — именно кольцевые образования.

Следовательно, необходимо сформировать четкое и единообразное понимание линеаментов и кольцевых образований, достаточно определенно представлять себе те особые качества рассматриваемых объектов, которые выделяют их из множества внешне сходных форм и элементов структуры земной поверхности.

Термин «линеамент» был введен в геологическую литературу американским геологом В. Хоббсом [Hobbs, 1904, 1911]. Убедившись в структурной предопределенности многочисленных примолинейных особенностей земной поверхности, в том, что их происхождение связано с трещиноватостью и разрывами, он в то же время считал, что было бы неправильным ограничивать термин «линеамент» таким узким представлением, что линеамент есть не более чем прямолинейная особенность (черта) земной поверхности. При этом В. Хоббс уже тогда показал сложную природу и морфологию линеаментов, каждый из которых состоит обычно из нескольких ландшафтных (физико-географических) и (или) геологических деталей, расположенных вдоль него. Другой характерной чертой линеаментов, также подчеркнутой В. Хоббсом, является то, что они образуют некоторую единую систему и определяют повторяющиеся рисунки в рельефе и структуре.

Представления В. Хоббса о линеаментах, принципах их наблюдения и интерпретации можно считать правильными и в настоящее время. Поскольку здесь рассматриваются линеаменты, обнаруженные на космических снимках, очевидно, что все онн так или иначе проявлены в рельефе и других особенностях ландшафтов Земли. Действительно, образы линеаментов формируются спрямленными участками речных долин и ледниковых трогов, цепочками озерных и других понижений, линиями дренажа подземных и поверхностных вод, различного рода уступами, границами крупных элементов рельефа, почвенно-растительного покрова и т. д. Самым главным при этом является то, что все эти особенности ландшафта закономерно ориентированы и сгруппированы в более или менее узкие зоны, которые и являются линеаментами. Количество компонентов ландшафта и их удельный вес в формировании линеамента от места к месту не остаются постоянными.

Сопоставление линеаментов, отдешифрованных на космических снимках территории СССР, с независимой информацией, прежде всего с известными структурными картами, показывает, что лишь часть линеаментов отвечает разломам, выраженным в структуре поверхности. Многие линеаменты не находят прямой связи с известными элементами приповерхностной сруктуры и часто характеризуются резким несогласием относительно главных структурных направлений, развитых на поверхности. Геологический и структурно-геоморфологический анализ таких линеаментов, выполненный разными исследователями в различных областях, показал со всей очевидностью, что они также проявлены, прямо или косвенно, элементами новейшей тектонической структуры.

В некоторых областях такие линеаменты представляют собой зоны существенных морфологических и пространственных изменений новейших структур. Эти изменения могут состоять в общем воздымании (или, наоборот, опускании) целых горно-складчатых систем, сужении или расширении зон прогибаний и поднятий, их резком замыкании, преломлении, смещении, разделении на кулисы и пр. Такие особенности наблюдаются во всех структурно-морфологических единицах области и сохраняются на смежных, существенно иных территориях. Такие зоны, как правило, хорошо обозначены в рельефе, в распределении и характере областей денудации и осадконакопления, поскольку являются образованиями конденудационными или конседиментационными.

В других областях, особенно в условиях малой тектонической активности и слабо расчлененного рельефа, линеаменты могут создаваться также зонами достаточно резких фациальных изменений, зонами повышенной трещиноватости, подтока глубинных флюидов или выщелачивания, аномалиями в составе или распределении грунтовых и подземных вод — всеми особенностями геологического субстрата, которые отражаются в почвенно-растительном покрове и других деталях ландшафта.

Для областей цервого типа, характеризующихся более или менее активными новейшими движениями, выделение линеаментов в общем не вызывает затруднений. Изучение по космическим снимкам линеаментов в областях второго типа (прежде всего на платформах) позволило получить принципиально новую информацию о структуре этих областей. Традиционными методами разломы здесь выделяют по смещению геологических границ, резкому изменению фаций и мощностей, а разломы в погребенном под осадочным чехлом фундаменте — по большим градиентам геофизических полей. Выделенные по этим признакам разломы в большинстве своем отождествлены с линеаментами.

Но кроме того, на космических изображениях разных масштабов хорошо видна весьма сложная закономерная сеть линеаментов, которая находит объяснение лишь в сопоставлении с общими структурными направлениями. При более детальных сопоставлениях часть этих линеаментов можно отождествить с предполагаемыми разломами фундамента, другую часть — с зонами трещиноватости без сколько-нибудь заметных смещений. По-видимому, при описании платформенных областей необходимо выделять и этот тип линеаментов, отвечающих разрывам без существенного однонаправленного перемещения, но с систематическими взанмно компенсирующими движениями. Такие «разломы без смещения» контролируют зоны трещиноватости, определяющие коллекторские свойства нефтегазоносных горизонтов и вообще проницаемость земной коры

Выборочный анализ некоторых линеаментов, выполненный в различных горно-склад чатых и платформенных областях СССР (Кавказ, Средняя Азия, Русская и Туранская плиты, Западно-Сибирская плита и Восточно-Сибирская платформа), показал, что они, как правило, соответствуют крупным линейным деформациям, в частности разломам более или менее глубоких слоев земной коры и верхней мантии. Основанием для такого заключения служит соответствие линеаментов определенным особенностям различных геофизических полей, а также закономерностям пространственного распределения сейсмических явлений, магматизма и пневмо-гидротермальной деятельности.

Неотектоническую природу или, во всяком случае, активность рассматриваемых линеаментов хорошо доказывает их тесная связь и сопряженность с молодыми складками основания. В одних случаях линеаменты как бы осложняют эти складки, определяя их некоторые морфологические особенности, в других — они служат ограничениями складок; иногда линеаменты секут складки основания, иногда согласны с ними. Но во всех случаях линеаменты и молодые складки основания входят в единый структурно-динамический парагенез. Это достаточно определенно доказывается единством структурного плана неотектонических деформаций, например, Тянь-Шаня и смежных районов Туранской плиты, которому подчинены и складки основания, и разрывы, и линеаменты [Макаров, Соловьева, 1975, 1976; Макаров, 1977].

Кстати говоря, определенное однообразие рисунка линеаментов в смежных орогенных и платформенных областях (вообще в областях с существенно различной историей геологического развития и структурой) также позволяет предполагать, что линеаменты проявляют на земной поверхности прежде всего самые молодые структуры литосферы. Более того, они отражают, вероятно, не только и не столько структуры верхних горизонтов («покрова»), сколько деформации кристаллического основания и более глубоких слоев земной коры и верхней мантии. Таким образом, линеаментную сеть можно представить как инфраструктуру (струк гуру основания), преломленную и преобразованную структурами «покрова». Последние акивизируются в тех элементах, которые обеспечивают реализацию тектонических напряжений, связанных с глубинной линеаментной сетью. Таким образом, глубинные и поверхностные структуры проявляют одна другую, во всяком случае в некоторых своих частях. Это позволяет видеть на космических снимках и изучать элементы глубинной тектоники, а в свете последней более целенаправленно и с более общих позиций изучать н интерпретировать структуры «покрова». Подобное соотношение позволяет в той или имой мере решать вопрос о выделении в структурах «покрова» локальной и региональной составляющей, с одной стороны, и глобальной составляющей — с другой, т. е. создать иерархическую шкалу линеаментов и объяснить целый ряд геохимических, гидрогеологических, геофизических, сейсмологических и других «аномалий».

В общем итоги сопоставлений линеаментов с различными геологическими, геофизическими, сейсмологическими и другими данными о структуре приповерхностных и глубинных горизонтов литосферы, выполненных разными исследователями в горно-складуатых и платформенных областях, позволяют понять их природу. <u>Линеаменты представ-</u> ляют собой пренмущественно неотектонические или унаследованно развивающиеся в новейшее время разрывы, флексурно-разрывные зоны, зоны повышенной трещиноватости и проницаемости литосферы (в том числе глубияного заложения) и т. п. На земной поверхности они проявлены закономерной ориентировкой и приуроченностью к.единым линиям разнообразных форм и элементов геологической структуры и ландшафта.

Из приведенного выше определения линеаментов следует, что эти сложные и разнообразные линейные элементы структуры земной коры не должны отождествляться только с разрывами. В настоящее время, когда природа линеаментов ясна не полностью, не существует н всеобъемлющей их классификации. Имеющиеся в литературе опыты типизации линеаментов характеризуют, как правило, лишь пекоторые их особенности. К таким особенностям относятся: размеры (длина); морфология проявления линеаментов на космических изображениях (границы развородных площадей, линейные или полосовые аномалии яркостного или геометрического характера и т. д.); морфология проявления их на местности; соответствие и отношение к различного рода известным геологическим образованиям (разрывам, стратиграфическим и литологических районов, областей, блоков, плит; глубинность заложения (приповерхностные, глубинные, с различной конкретизацией приуроченности их активного развития к тем или иным слоям литосферы), возраст; структурно-динамическая и кинематическая характеристики (зоны сдвигов, растяжения, сжатия).

Природа и значение кольцевых образований в еще большей стенени разнообразны и дискуссионны по сравнению с линеаментами. В настоящее время можно достаточно определенно считать, что среди этих структур необходимо различать несколько морфологических типов: 1) собственно кольцевые образования, имеющие форму колец различной ширины, которые выделяются какими-то особенностями на однородном фоне или разделяют различные участки земной поверхности (и космических снимков) внутри и вне кольца; 2) концентрические структуры, представляющие собой систему кольцевых, последовательно вложенных одна в другую; 3) круговые образования, т. е. участки округлых очертаний, которые в целом как единые массивы теми или иными свойствами отличаются от окружающего пространства.

Образования первого и второго типов в некотором приближении могут рассматриваться в качестве замкнутых линеаментов. Круговые же образования, вероятно, отличаются от них по геологическому существу. Все эти особенности и различия, очевидно, необходимо учитывать при дешифрировании космических снимков и решении научных и практических задач.

Очевидно, что главнейшие отличительные особенности и закономерности распространения линеаментов и кольцевых образований предопределены их генезисом. Исходя из современных знаний и предположений, всякий раз необходимо иметь в виду, что линеаментам могут соответствовать либо общепланетарные, либо региональные или локальные явления (деформации). В обоих случаях они могут представлять собой системы достаточно различных образований.

### УРОВНИ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ЛИНЕАМЕНТНЫХ ФОРМ, Их ранговая соподчиненность '

В 30—60-х годах геологи разных стран (Вейнинг-Мейнес, Э. Кренкель, Р. Штауб, Г. Клоос, Г. Штилле, Ли Сыгуан, Э. Хиллс, Дж. Муди, Дж. Хилл, С. С. Шульц, В. Е. Хаин, Г. Н. Каттерфельд, Г. В. Чарушин и др.) пытались систематизировать данные о направлениях основных линейных зон, выяснить их генезис, глубинность. В 50—60-х годах

<sup>&#</sup>x27;Раздел написан Б. В. Сениным при участии В. И. Кара и М. М. Семендуева

в нашей стране были проведены теоретические исследования, посвященные вопросам ротационно обусловленных деформаций планеты (М. В. Стовас, В. А. Цареградский, А. В. Долицкий, И. А. Кийко). В результате этих исследований было установлено распределение планетарных деформирующих напряжений — главных нормальных и максимальных касательных, ориентированных соответственно вдоль параллелей и меридианов и диагонально к ним. Эти напряжения формируют две генетически сопряженные системы планетарных линейных структур: ортогональные — отрыва и сжатия и диагональные — скалывания.

По-видимому, реальное поле напряжений в Земле отличается от расчетного, полученного А. В. Долицким [Долицкий, Кийко, 1963; Долицкий, 1978], являясь интегральным, включающим элементы ротационного генезиса, формируемые на различных структурных уровнях (мантийном, литосферном, коровом, верхнекоровом) и отражающие взаимодействие объектов, существующих на каждом из этих уровней. Ротационные напряжения должны рассматриваться, по-видимому, как общепланетарный геодинамический фон, связывающий элементы структуры тектоносферы на самом общем — планетарном уровне, независимо от того, в какой коре — континентальной или океанической эти элементы возникли и в каких конкретных региональных геодинамических условиях они развиваются.

Это побуждает разделить всю совокупность линейных форм, обнаруживаемых в релеефе и геологическом строении земной поверхности, на ротационно обусловленные и тектонически обусловленные. Первый тип линеаментов возникает как реакция Земли в целом или отдельных ее оболочек на изменение ротационного режима. Системой, к которой относятся линеаменты первого типа, является планета, состоящая из элементов-оболочек. Второй тип линейных форм возникает в результате тектонического взаимодействия элементов оболочек (плит, глыб, блоков и т. д.), рассматриваемых как система высшего ранга в условиях приложения внещнего воздействия, связанного с эндогенными процессами (например, с мантийной конвекцией). Иначе говоря, линеаменты разных генетических типов принадлежат к разнопорядковым системам и соответствуют разным уровням организации структуры планеты.

Основания для определения целостности линейных структурных форм. Целостность (или единство) линейных форм планетарного масштаба может быть обнаружена только на материалах планетарного уровня генерализации, позволяющих выявить структурные элементы, охватывающие планету в целом и для которых неоднородности в строении земной коры будут являться элементами внутренней структуры. Такие линейные формы могут быть обнаружены при совместном анализе измерений рельефа, геофизических, геологических данных и дистанционных материалов малого разрешения. В наиболее общем виде они представляют собой протяженные прямолинейные или дугообразные зоны, являющиеся либо областями высоких градиентов изменения свойств земной поверхности (топографических, геологических, ландшафтных, оптических и др.) или геофизических полей, либо границами между участками поверхности (ее изображения) или геофизического поля, отличающимися типом объемной упорядоченности внутренней структуры (геоморфологической, геологической, фототональной, геофизической и т. д.).

Исходя из этих свойств, можно предложить два формальных основания для определения уровня существования липейных форм как единого целого и их ранговой соподчиненности: отношение к геологическому объекту (системе), который представляет собой структурную форму любого ранга в тектоносфере или часть этой формы, и отношение к внутренней структуре этого объекта.

Глубинные разломы и флексуры, системы которых проявляются «в разрывах, складчатости, рельефе и вулканизме», В. Е. Хаин [1973] выделяет как линеаменты именно по этим основаниям, по глубине проникновения и роли в разграничении крупных глубинных структур.

Разделение разломов по глубине проникновения, т. е. выделение среди них сверхглубинных, является формально и по существу их классификацией ло отношению к геологическому объекту. Объектами в данном случае являются элементы внутренней структуры Земли: кора и часть мантии до глубин 400—700 км, литосфера, оболочка, включающая литосферу и астеносферу, и т. д. Каждая из этих оболочек является одновременно и подсистемой, и самостоятельной системой, обособленной от других поверхностью раздела и имеющей в качестве системообразующего свойства, например, определенно упорядоченную сеть разломов.

Разделение глубинных разломов по роли в разграничении крупных глубинных структур, т. е. выделение периокеанических, перикратонных, краевых геосинклинальных и других, в том числе и межглыбовых, разломов, — это, в сущности, классификация их по отношению к внутренней структуре разделяемых ими геологических объектов различных рангов. Так, периокеанические разломы выделяются по отношению к внутренней структуре коры, поскольку разделяют области (подсистемы) с корой материкового и нематерикового типов. Перикратонные разломы выделяются прежде всего по отношению к внутренней структуре «гранитного» слоя, поскольку глубинные различия в строении кратонов молодых платформ и геосинклиналей, между которыми заложены эти разломы, сказываются на этом уровне и выражаются в различном времени консолидации кристаллического фундамента, т. е. в возрасте «гранитного» слоя.

В основе выделения систем глубинных разломов, образующих линеаменты, также лежат их отношения к геологическому объекту и его внутренней структуре. Однако объекты в этом случае более крупные, чем платформа или геосинклиналь, материк или океан. К ним относятся уже планета в целом и (или) составляющие ее оболочки, например лигосфера. Именно по отношению к объектам такого ранга могут быть выделены структуры типа Урало-Оманского линеамента или линии Шатского, которые распадаются при переходе к более высоким рангам структуры на участки с различной специализацией и историей развития. При определении уровня, на котором линейная зона существует как единое целое, необходимо прежде всего задаваться геологическим объектом, относительно которого она рассматривается. Этот объект представляет собой систему, т. е. совокупность элементов, связанных определенными системообразующими свойствами в единое целое на данном структурном уровне и по отношению к данной линейной форме.

Определение уровня генерализации структуры. Как показывают приведенные примеры, в качестве геологических объектов могут выступать единицы любого масштаба от Земли в целом до отдельных складок, слоев и их фрагментов. Их изучение возможно на определенном уровне генерализации структуры, под которым понимается изображение объекта в масштабе, позволяющем изучить совокупность взаимоотношений всех его элементов.

Возможны следующие ситуации (рис. 104), при которых уровень генерализации позволяет изобразить: 1) ряд объектов одного класса; в этом случае познаваемы внешние связи объектов, т. е. часть внутренней структуры системы более низкого ранга, элементами которой они являются; 2) весь объект целиком; познаваемы его внутренняя структура и часть внешних связей; 3) часть геологического объекта; в этом случае познаваема лишь внутренняя структура этой части, т. е. на более низком уровне повторяется первая ситуация.

В зависимости от решаемых задач и этапа исследований оптимальной может быть каждая из трех ситуаций. По-видимому, для изучения внутренней структуры объекта оптимальной нужно считать вторую ситуацию, из которой вытекает, что для любого геологического объекта существует свой собственный уровень генерализации и соответственно масштаб, поскольку в других масштабах не может быть полностью показана внутренняя структура объекта. Иначе говоря, для достоверного изображения любого объекта I порядка в его пределах должны быть показаны все слагающие его элементы II порядка.

Оценка масштабов, обеспечивающих оптимальный уровень генерализации, исходит из размеров исследуемого объекта и основана на допущении, что его длина и ширипа во много раз больше вертикальной протяженности. Внутренняя структура объекта достоверно может быть показана только тогда, когда минимальная площадь слагающих его элементов в масштабе карты (изображения) составляет 10 см<sup>2</sup>.

Масштаб следующего уровня генерализации определяется площадью объекта, для которого рассмотренный является единичным элементом. Отсюда следует, что масштаб, обеспечивающий один уровень генерализации для тектонических объектов одного класса, но разных линейных размеров (например, платформы и геосинклинальные пояса), должен быть разным.

Например, изучение внутренней структуры Северо-Западного Кавказа на уровне его элементов 1 порядка обеспечивается построениями в масштабе 1 : 2 500 000, а изучение его новейших связей и соответственно внутренней структуры Большого Кавказа в целом — в масштабе 1 : 5 000 000. Для Восточно-Европейской платформы, состоящей из элементов порялка сплеклиз и антеклиз, эти масштабы составляют соответственно 1 : 2 500 000, 1 : 5 000 000 и 1 : 25 000 000. Это показывает, что для понимания сущности внутренней структуры объекта вряд ли есть необходимость показывать ее с детальностью большей, чем та, которая соответствует оптимальному уровню генерализации. Очевидно также, что несоответствие масштабов, обеспечивающих одинаковый уровень Рис. 104. Схема различных уровней генерализации и рангов структуры

Пояснения в тексте

генерализации для объектов одного класса, но разных размеров, затрудняет однозначное выделение пограничных и транзитных к геологическим объектам линейных структур. Повидимому, оптимальные условия для их изучения достижимы при построении синтетических карт, приведенных не к одинаковому масштабу, а к одинаковому уровню генерализации.

На опредсленных уровнях генерализации структуры целый ряд тектони-



ческих элементов не выделяется. Так, глубинные разломы, как правило, не могут быть обнаружены на детальных геологических картах, а отдельные складки в слоях не могут быть доказаны при высокой степени генерализации. Таким образом осуществляются указанные выше ситуации (первая и третья). Методологически это означает некорректность распространения на весь объект закономерностей, выявленных на некотором его участке, за исключением тех случаев, когда эти закономерности отражают системообразующие отношения, сохраняющиеся на любом уровне генерализации и определяющие целостность объекта (системы) [Куражковская, 1970; Методы..., 1972; и др.]. Однако для доказательства принадлежности обнаруженных закономерностей объекту в целом возникает необходимость сквозного — на разных структурных уровнях — его анализа. Например, «зопа субдукции» может рассматриваться как системообразующий признак, свойственный литосферной влите в целом, однако этот признак не должен быть присущ в таком же виде каждому из составляющих плиту элементов, образующих системы высшего ранга. Исходя из этого, вряд ли правомерно искать доказательства наличия или отсутствия «зоны субдукции» в чистом виде на основе дальнейшего изучения одного или нескольких участков, образующих неопределенную часть системы или ее элемента неустановленного порядка [Гаркаленко, Ушаков, 1978]. Внешними проявлениями такого рода общих границ на более низких уровнях генерализации могут выступать, например, зоны смятия, сейсмогенные разломы, крупные рифтовые долины, системы взбросов, сбросов, надвигов, горизонтальные срывы и т. д., т. е. обычно картируемые деформации. Они возникают как объекты взаимодействия элементов системы высшего ранга, каждый из которых в отдельности не достигает подошвы литосферы.

Ранговая соподчиненность линейных структурных форм. Линейные структурные формы, как правило, выступают в качестве границ геологических объектов, а также в качестве элементов, определяющих их внутреннюю структуру — упорядоченность и внешние связи. Можно предложить следующую размерную нерархию линейных структурных форм как обособленных геологических тел: линеамент (система разрывов и флексур и других особенностей коры), линеаментная зона (система линеаментов) и линеаментный пояс (система линеаментных зон).

Опыт показывает, что, чем выше иерархическое положение линейной формы, выделяемой в рельефе, на геологической карте или на космическом снимке, тем сложнее определить глубинность ее заложения, пользуясь обычными геолого-геофизическими средствами низкого и среднего уровней генерализации. Это объективно обусловлено большой разрешающей способностью таких средств. Таким образом, возникает необходимость привлечения данных малого разрешения, адекватных размерности выделяемых форм глобальной (спутниковой) гравиметрии, магнитометрии, других видов глобальных съемок и измерений.

При рассмотрении линейных форм в качестве границ объектов среди них могут быть выделены три типа: транзитные к объекту, внешние, или пограничные, а также внутренние, существующие только в пределах объекта.

Эти типы включают и понятие глубинности линейной структуры по отношению к объекту. Под глубинной в данном случае понимается любая линейная форма, достигающая подошвы объекта и проникающая глубже (например, разломы, достигающие подошвы литосферы, коры, ее «гранитного» слоя, складчатого фундамента) К глубинным относятся, вероятно, все транзитные и часть пограничных разломов. Линейные формы, в частности глубивные разломы, не всегда нарушают физическую целостность геологического объекта. Так, если этим свойством обладают пограничные разломы, то оно почти ненаблюдаемо, во всяком случае в верхних частях земной коры, у транзитных линейных форм, например у «трансорогенных» разломов или секущих разломов «антипростираний» (антикавказских, антитяньшаньских и т. п.). Такие линии, далеко прослеживаясь за пределы геологического объекта, не нарушают его целостности, а лишь участвуют в формировании внутренней структуры, разграничивая объекты высшего ранга, различающиеся структурным планом и историей геологического развития.

Это положение может быть проиллюстрировано следующим примером. На космических снимках орогенной системы Тянь-Шаня видно, что ее границы и внутреннее строение отражают черты надпорядковой линейной структуры, транзитной и пограничной к данной системе [Макаров, Соловьева, 1975, 1976; Шульц, 1976; Сенин, 1979]. В формировании внутренней структуры транзитные зоны играют пассивную роль, проявляясь в виде наследуемой «канвы», создающей эффект перекрестного структурного плана [Макаров, Соловьева, 1975, 1976].

Активную роль системообразующих форм, позволяющих отделить орогенную систему Тянь-Шаня от других систем такого же или другого класса, играют пограничные надпорядковые линеаменты, вдоль которых или в процессе сопряжения которых возникают глубинные разломы, ограничивающие собственно орогенную систему Тянь-Шаня. Примером такой пограничной структуры является Оман-Балхашский линеамент (отдешифрированный на глобальном снимке Земли С. С. Шульцем (мл.) {1976}, вдоль которого заложен Западно-Тяньшаньский глубинный шов. Являясь элементом структуры более высокого ранга, последний, по-видимому, меняет и кинематическую специализацию: линеамент, выраженный в планетарной структуре, в целом представляет собой левый сдвиг [Шульц, 1976, Макаров, Шукия, 1979], а глубинный разлом регионального ранга в основном проявлен как сброс [Борисов, 1962; Резвой, 1962; Таль-Вирский, 1964].

На более низких уровнях генерализации транзитный к орогенной системе Тяньшаньско-Куньлуньский линеамент, представляющий собой правый сдвиг [Шульц, 1976], вдоль которого заложен Таласо-Ферганский разлом, делит систему на восточную и западную части, различающиеся современным структурным планом. В восточной части внешне преобладает субширотная ориентировка хребтов-поднятий и впадин, западные окончания которых слабо изгибаются к северу, образуя структуры «конского хвоста». В западной части в равной мере явно обнаруживаются северо-западные, северо-восточные и широтные простирания структурных форм — складчатых и разломно-блоковых. Восточная часть орогенной системы Тянь-Шаня обнаруживает явные признаки активного присдангового или надсдвигового структурообразования [Буртман, 1964; Лукьянов, 1965; Суворов, 1968], тогда как в восточной части Западного Тянь-Шаня эти признаки менее заметны.

В то же время детальные неотектонические исследования, проведенные в этих районах [Костенко, 1964; Костенко и др., 1972; Мальцев, 1973; Макаров, 1977; и др.], показывают, что неотектонические системы поднятий и впадин общетяньшаньского простирания «перехлестывают» этот сдвиг, что позволяет, по-видимому, более правильно оценить значение и роль сдвига в формировании структурных планов по разные стороны от Тякьшаньско-Куньлуньского линеамента. Этот «парадокс» с изложенных выше позиций может быть объяснен достаточно просто. Линеамент, в системе которого заложен Таласо-Ферганский сдвиг, захватывает несколько этажей земной коры. Относительно жесткое кристаллическое основание под действием внешних сил может деформироваться только хрупко, тогда как палеозойско-мезозойский складчатый комплекс, образующий приповерхностную новейшую структуру, деформируется (под действием тех же сил) пластично или хрупко-пластично. При этом в складчатом комплексе образуются серии больших надразломных кулис и горизонтальных флексур, сопровождающих глубинный сдвиг и ориентированных косо к его зоне [Мальцев, 1973]. В зоне глубинного разлома эти большие складки рассечены сериями сравнительно небольших рассредоточенных сдвигов, ориентированных вдоль зоны, как это показали наблюдения А. А. Никонова в зоне Таласо-Ферганского разлома или Б. В. Сенина в зоне Западно-Тяньшаньского глубинного шва [Сенин, Голикова, 1975; Сенин, 1979]. Принципиально сходные транзитные зоны секущих молодых флексурно-разрывных нарушений развиты в пределах Тянь-Шаня весьма широко [Костенко и др., 1972; Макаров, Соловьева, 1975, 1976; Макаров, 1977; Макаров, Щукин, 1979; и др.].

Транзитные линейные формы выступают здесь, по-видимому, в качестве скрытых
слубинных зон нарушения сплошности среды, выше некоторого уровня проявляющихся только в рассредоточенном виде через изменения структурного плана. Концентрация последних при более высоком уровне генерализации (назовем его условно уровнем А) создает эффект просвечивания глубинных линейных структур на космическом снимке. По существу, мы сталкиваемся с проявлениями тектонической расслоенности литосферы, которые были проанализированы на этих же и других примерах [Тектоническая..., 1982].

В этом смысле внутренние разломы нарушают целостность геологического объекта сосредоточенно (без ореола), распространяясь до некоторой глубины и далее затухая. Вероятно, отсутствием «ореолов рассредоточения» объясняется то, что некоторые из крупных в региональном плане разломов (таких, как Ахтырская шовная зона на Северо-Западном Кавказе) частично теряются на том же условном уровне генерализации (А) например на снимках масштаба около 1:25 000 000, полученных со спутника «Метеор-29». Однако в случае, если совокупность внутренних структур объекта образует «ореол рассредоточения» линейной формы низшего ранга, целиком или частично вмещающей рассматриваемый объект, указанные структуры концентрируются в виде линеаментов на изображениях еще более высокого уровня генерализации (Б) (упомянутая Ахтырская шовная зона вошла в состав субширотного линеамента на снимках масштабов 1:7 000 000—1:10 000 000, сделанных с «Метеора-29»).

Таким образом, одна и та же линейная форма с изменением уровня генерализации может выступать различно. Транзитные на каком-либо уровне генерализации зоны при понижении этого уровня рассредоточиваются на отдельные линии, специализация которых в общем случае не обязательно совпадает со специализацией линеаментаосновы. Наоборот, зоны внутренных разломов при последовательном повышении уровня генерализации могут образовывать линеамент с иной, чем у каждого в отдельности взятого разлома, специализацией.

Пример соотношения орогенной структуры Тянь-Шаня с надпорядковыми линейными структурами, установленными при дешифрировании космических снимков, показывает, что структурный план более высокого ранга отражается в структуре систем низшего ранга, играя активную или пассивную роль. Активную роль играют надпорядковые линейные формы, вдоль которых закладываются пограничные (системообразующие) глубинные разломы, отделяющие, например, данную орогенную систему от смежных тектонических систем с другой геологической историей на определенном этапе. Пассивную роль играют транзитные линейные формы, представляющие собой наследуемый элемент внутренней структуры системы.

По-видимому, степень «активности» или «пассивности» линеамента в отношении структуры объекта относительна и зависит от уровня ее рассмотрения. Как уже показывалось на примере Тяньшаньско-Куньлуньского линеамента, транзитная линейная форма, пассивная по отношению к системе в целом (т. е. не нарушающая ее целостности, но влияющая на изменение простираний ряда внутренних элементов), на более низком уровне генерализации распадается на ряд разломов и становится активной, разделяя две области с различной структурой и историей развития.

Представления об уровнях генерализации геологических структур чрезвычайно важны при классификации линеаментов и кольцевых образований, при изучении их соподчиненности и т. д. Они важны также и при выборе первичных материалов, по которым выделяются и исследуются геологические структуры. Особенно это относится к материалам космических съемок. Весьма различные масштаб, обзорность и разрешение космических изображений [Гонин, 1980] определяют различную их информативность относительно геологических структур различных рангов и глубины заложения, что связано со степенью генерализации структуры земной поверхности на этих изображениях. В связи с этим В. Д. Скарятин [1973] предложил космические изображения подразделять по уровню генерализации — величине, обратной масштабу (10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup> и т. д.).

Наряду с таким подразделением в литературе распространено менее формальное деление космических материалов на изображения глобального (планетарного), регионального и локального уровней генерализации. С указанных выше позиций такое деление более удобно и правильнее по существу изучаемых объектов. Однако с тех же позиций очевидно, что для разных областей, для разных классов и рангов геологических объектов это подразделение может не выдерживаться. В практической работе необходимо, по-видимому, учитывать обе системы классификации космических изображений.

#### СООТНОШЕНИЕ ЛИНЕАМЕНТОВ И РАЗЛОМОВ

В практике дистанционных исследований очень часто линеаменты, отдешифрированные на космических снимках, необоснованно отождествляются с разломами. В значительной мере это является следствием некоторых привычных образов и представлений, вынесенных из многолетней практики дешифрирования аэрофотоснимков. Однако космические изображения представляют существенно иной уровень генерализации структуры земной поверхности и характеризуются существенно меньшей разрешающей способностью, при которой многие разломы, а тем более сравнительно небольшие разрывы и трещины не могут проявляться. Особенно это характерно для изображений платформенных областей. Показательно также, что линеаменты регионального порядка и более крупные, дешифрирующиеся на мелкомасштабных изображениях со спутников «Метеор», «пронизывают» без существенных изменений оптической плотности и платформенные и горно-складчатые области, резко различные по интенсивности тектонических деформаций, количеству разрывных нарушений и связанных с ними структурных особенностей.

Следовательно, линеаменты и разломы в общем случае проявляют различные, специфические черты структуры земной поверхности. Забвение заключения В. Хоббса [Hobbs, 1904, 1911] о том, что линеаменты не должны отождествляться с разломами, хотя нередко проявляются как таковые, может направить исследование по ложному пути и привести к неточным выводам.

Отождествление линеамента с разломом вередко основывается на соответствии их простираний. Однако, во-первых, это основание явно недостаточно, во-вторых, неявное предиоложение о том, что разлом является причицой линеамента, а не наоборот, может оказаться неверным. Напомним в связи с этим образное заключение С. С. Шульца [1973] о том, что «тектоника вышивает свои узоры на канве планстарной трещиноватости».

В литературе, посвященной геологическому дешифрированию космических изображений, довольно часто термины «линеамент» и «разлом» употребляются как синонимы Кроме отмеченного выше соответствия простираний, эта подмена терминов обосновывается тем, что многие линеаменты являются поверхностными проявлениями глубинных разломов скрытого типа, развивающихся в более или менее глубоких слоях коры и верхней мантии. Но этот факт также не может быть достаточным основанием для того, чтобы все множество линеаментов относить к категории глубинных разломов. Если исследователь все же отождествляет линеамент с глубинным разломом, то, по-видимому, необходимо делать соответствующие пояснения, что в таком случае речь идет об элементах структуры погребенного основания, а не покрова. В последнем глубинные разломы проявлены не прямо, а обозначены комплексом в т о р и ч н ы х структурных и вещественных особенностей, которые обычно не могут быть квалифицированы как разлом. Поэтому было бы ощибкой ориентировать наземные геологические работы на поиск здесь, в приповерхностной структуре, разломов. Это может вызвать лишь недоверие к данным космических съемок и к самому методу дистанционного зондирования, а также резко ограничить попимание наблюдаемых и картируемых объектов и их свойств.

Есть еще один аспект рассматриваемого вопроса. Традиционным направлением геологических интерпретаций различных особенностей поверхности, в том числе разрывов и трещиноватости, является стремление объяснить их «снизу», установить связь с деформациями и вообще с процессами, происходящими в недрах коры и мантии. Однако нельзя забывать о возможности развития деформаций чисто поверхностного характера, связанных с напряжениями, которые развиваются непосредственно в приповерхностных горизонтах коры под влиянием, папример, ротационных факторов (изменения формы геоида и т. д.). Эти напряжения и связанные с ними системы деформаций достаточно хорошо изучены в рамках гипотезы планетарной трещиноватости. Линеаменты, дешифрируемые на космических снимках повсеместно, как правило, хорошо соответствуют построениям этой гипотезы.

Необходимо также допускать, что линеаменты, фиксируемые на космических снимках, могут отражать через вторичные индикаторы не только формы дислокационного происхождения (разрывы, трещины, складки), но и некоторые линии (зоны, полосы) повышенного или пониженного напряженного состояния коры.

Учитывая изложенное выше, необходимо критически нодходить к неоднократно уже публиковавшимся выводам о том, что на космических снимках дешифрируется густая сеть разломов, в том числе огромной протяженности разломы, не отмеченные ранее на геологических картах.

#### возраст линеаментов и кольцевых образований

При дешифрировании и интерпретации линеаментов и кольцевых образований как геологических объектов невозможно рассматривать их безотносительно ко времени. Возраст этих объектов обычно оценивается путем сопоставления с более или менее определенными во времени другими геологическими структурами. Этот способ достаточно опробован и результативен, но требует известной осторожности и учета ряда неопределенностей.

Так, соответствие линеамента структуре какого-нибудь складчатого комплекса, по-видимому, не является достаточным основанием для историко-генетической связи линеамента именно с этим комплексом. Линеамент может отражать любые более молодые деформации или другие особенности литосферы, «преломленные» более древними неоднородностями и поэтому им соответствующие.

Наибольшие трудности возникают при интерпретации линеаментов, простирание которых соответствует разломам или другим элементам структуры погребенного древнего основания платформенных массивов. Чаще всего в таких случаях считают, что линеаменты принадлежат к д р е в н е й структуре, и на основании этого делают те или иные предположения об этой структуре. В то же время эти линеаменты проявлены на земной поверхности, в структуре осадочного покрова (иначе они не проявлялись бы на космических изображениях). Следовательно, время их проявления нужно считать более поздним; обычно они являются новейшими образованиями.

В подобных случаях чаще всего делается вывод об унаследованном (с докембрия до современности) развитии некоего (предполагаемого) разлома. Но гипотетичность таких выводов, как правило, чрезвычайно высока. Геофизические данные их не подтверждают. Во-первых, свидетельствуя о неоднородностях глубинных горизонтов коры, они не фиксируют их возраста (особенно, если речь идет о «базальтовом» и более глубоких уровнях). Во-вторых, региональные аномалии гравитационного и магнитного полей, на которые в таких случаях ссылаются, в большей мере отражают неотектоническую структуру коры и литосферы вообще, и поэтому «глубинный» не всегда является синонимом «древнему». Следовательно, при изучении структур погребенных складчато-метаморфических комплексов и более глубоких слоев литосферы с помощью космических съемок необходимо учитывать всю неоднозначность исходных материалов и привлекать более полный и разнообразный комплекс конкретных данных и общих теоретических представлений.

Достаточно ясно обозначаются причины некоторых ошибочных или, во всяком случае, неоднозначных (односторонних) решений. Одной из них является попытка определить некоторое новое явление (линеаменты, кольцевые образования) через первичные (старые) понятия и термины. Например, весьма распространено мнение о глубокой древности субмеридиональных направлений и попытки объяснить субмеридиональные линеаменты, дешифрирующиеся на космических снимках, как проявление древних (докембрийских) направлений в структуре погребенного основания. Такие же выводы делаются нередко при интерпротации геофизических данных. Но тогда нужно было бы исходить из неизменности структурных направлений, возникших в докембрии, несмотря на многочисленные более поздние тектонические преобразования, деформации и перемещения блоков. Как при этом могли остаться неизменными именно меридиональные древнейшие простирания, осталось бы загадкой. Очевидно, что такие выводы требуют значительно более обстоятельных и разносторонних обоснований.

Аналогичные разногласия и трудности возникают при интерпретации кольцевых образований Существуют представления об их чрезвычайно древнем происхождении, они проявляют структурные элементы древнейшей стадии развития земной коры — ее «лунной» стадии. Материалы по площади открытого залегания древних комплексов как будто подтверждают этот вывод. Вместе с тем кольцевые образования дешифрируются и, по мнению многих исследователей, очень широко развиты в предслах фанерозойских складчатых областей и платформенных плит с мощным покровом молодых отложений (например, Западная Сибирь).

Следовательно, кольцевые структуры формировались в течение фанерозоя, проявляют свою активность и в настоящее время. Происходит ли в таком случае унаследованное развитие древних образований и каков тогда механизм, обеспечивающий их рост? Если же мы наблюдаем и новообразованные, и образующиеся кольцевые структуры на разных стадиях их развития, то каков тогда их генезис? Предположений на этот счет достаточно много. И поскольку с кольцевыми структурами в последнее время все чаще связывают месторождения рудных полезных ископаемых, нефти и газа, обоснованность заключений о возрасте и генезисе этих структур приобретает важное значение, не говоря уже о теоретическом аспекте.

По-видимому, все эти вопросы нельзя решать, не проведя достаточно строгой клас. сификации кольцевых образований, которые, как показывает опыт их изучения, весьма разообразны. Достаточно того, что среди них есть и собственно кольцевые, и концентрические, и круговые, а в каждой из этих категорий также существуют свои разновидности образований.

#### ВЗАИМООТНОШЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ И ЛИНЕЙНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Обобщая литературные данные, можно предполагать, что либо эти взаимоотношения могут носить генетический характер, либо связь этих образований исключительно пространственная. В последнем случае различные возможные варианты могут быть связаны в общем со случайным пересечением образований разного возраста или относящихся к различным слоям литосферы.

При генетической интерпретации наметились, по-видимому, два крайних подхода. Исходя из гипотезы первичности кольцевых образований, возникших на ранних стадиях развития земной коры, делают выводы либо о соответствующих преломлениях линеаментов, которые в ряде случаев как бы наследуют (используют) кольцевые структуры (неоднородности), либо о том, что линейные элементы в различной степени деформируют кольцевые, определяя редуцированность формы последних, дробление, смещения и т. д.

Последователи гипотезы планетарной трещиноватости склонны считать кольцевые образования многоугольниками, ограниченными планетарными трещинами (разрывами, линеаментами), среди которых разные авторы выделяют по признаку преобладающих направлений от двух до четырнадцати систем. Первопричиной, очевидно, считается планетарная делимость земной коры, которую используют тектонические структуры, в том числе изометричные купола, впадины и т. д. Более ярко делимость коры и многоугольность «кольцевых» структур проявлены, с этой точки зрения, в погребенных комплексах кристаллического основания и сглаживаются, давая почти правильные круговые контуры, в структурах покрова.

В общем же следует, по-видимому, предполагать многообразие временных, генетических и морфологических взаимоотношений кольцевых образований и линеаментов, которые нельзя описать какой-либо одной из упомянутых моделей.

#### КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНЕАМЕНТОВ И кольцевых образований

При выявлении закономерностей развития и классификации линеаментов и кольцевых образований нередко применяются методы статистического анализа их количественных характеристик. Это — размеры кольцевых образований, линеаментов, линеаментных зон и поясов, количество тех и других на единице площади, расстояние между параллельными линеаментами, распределение их простираний и т. д. Целесообразность такого анализа несомненна.

Вместе с тем многочисленные результаты, полученные в этом направлении как в нашей стране, так и за рубежом, зачастую противоречивы. Иногда они сходятся полностью, иногда — лишь отчасти, а нередко — вовсе различны. Причина этого заключается главным образом в отсутствии четкой и единообразной методики получения первичного картографического материала и его дальнейшей обработки. Поэтому публикуемые данные часто, по-видимому, просто несопоставимы. Другие же данные являются недостаточными для классификации рассматриваемых образований. Поясним это на некоторых примерах.

Одним из главных параметров, по которому линеаменты и кольцевые образования разделяются на порядки, или ранги (без чего невозможен их правильный дальнейший анализ), являются их размеры (протяженность и диаметр). При этом обычно а priori принимаются логарнфмически раввые интервалы ранжирования с граничными значениями, кратными десяти: 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup> км и т. д. Ясно, что такой подход к классификации геологических образований не может быть признан удовлетворительным. Он не является генетическим и не отражает сущности анализируемых объектов в их отношении к другим геологическим объектам, процессам, геологической среде в целом. Анализ протяженных линеаментов на территории СССР и в ее отдельных областях показал, например, что некоторые весьма протяженные линеаменты соответствуют лишь прило-

верхностным структурам складчатых комплексов (обычно это продольные по отношению к ним линеаменты), тогда как значительно более короткие секущие линеаменты относятся к категории глубинных [Макаров, 1978, 1980].

Наиболее перспективным является не формальный, а генетический системный подход к классификации, о котором говорилось выше.

Плотность (частота) линеаментов также является характеристикой многофакторной. Прежде всего она весьма сильно изменяется на изображениях разного разрешения. Значительные ее вариации связаны также с древностью и со степенью дислоцированности геологического субстрата, выходящего на дневную поверхность. По этому признаку на снимках с довольно высоким разрешением (МКФ-6, «Ландсэт» и т. п.) весьма резко разделяются, например, зоны поднятий с выходящим на поверхность складчатым палеозойским и более древним основанием и зоны впадин, выполненных значительно слабее дислоцированными мезозойско-кайнозойскими отложениями. Это ярко проявлено, например, на территориях МНР, Средней Азии и Казахстана. Однако на снимках малого разрешения («Метеор»), на которых трещиноватость, относительно небольшие разрывы и другие структурно-литологические особенности субстрата не проявлены, снивелированы, плотность линеаментов начинает более определенно выступать как показатель неотектонической подвижности территория.

Тот факт, что на космических снимках разного разрешения и территориального охвата прявлены линеаменты и другие образования разной глубины заложения, а также явление тектонической расслоенности литосферы, структурно-динамической дисгармовии образующих ее слоев, заставляет по-новому подходить к методике анализа и интерпретации плотности линеаментов и кольцевых образований. По-видимому, целесообразнее выполнять анализ не только суммарно для всех выделенных линеаментов, но и раздельно для разных (по рангам, глубине заложения и т. д.) категорий линеаментов. Другими словами, в анализ плотностей необходимо вводить методы своеобразной фильтрации линеаментов и кольцевых образований, что должно повысить конкретность получаемых выводов и дать больший эффект их практического использования.

Сходные вопросы возникают также при анализе периодичности в пространственном распределении линеаментов. Если таковая существует, то изменяется ли период (расстояние между соседними линеаментами) от одной области к другой или остается величиной постоянной, характеризующей некоторое общепланетарное свойство (делимость) земной коры?

Эти вопросы чрезвычайно важны и имеют не только теоретическое, но и практическое значение в области структурного прогноза. Разрабатываются они преимущественно в рамках гипотезы планетарной трещиноватости. Однозначных ответов на них пока нет, даже после получения такой всеобъемлющей, практически планетарной информации, которую обеспечили съемки из космоса.

Чехословацкий геолог В. Немец [Немец, Квет, 1976; Nemeč, 1970] дискретность геологических структур определил формулой

### $y_x = 2^{-x}D,$

где y — расстояние между структурами (трещинами, разломами, линеаментами) одного порядка; x — порядок структуры; D — диаметр Земли. Предлагались и другие эмпирические зависимости, которые, однако, не вошли в геологическую практику. Главной причиной этого является интегральный подход к изучению разрывов и линеаментов. Несомненно, что как геологические образования их следует дифференцировать по времени возникновения и развития. Кроме того, необходимо строгое, основанное не на формальном, а на системном подходе разделение этих структур на порядки (ранги) и морфолого-генетические типы, учитывающее также их возможную связь с разными слоями литосферы. Дифференцированный анализ возможной периодичности линеаментов, в сущности, должен быть направлен на выявление этой ритмичности в зависимости от состава и мощности слоев земной коры, от принадлежности их к той или иной тектонической эпохе развития Земли, от общетектонических, структурных условий их развития, от ориентировки и т. д. Отсюда следует и возможность постановки и решения с помощью линеаментного анализа ряда обратных задач.

Укажем еще на одно обстоятельство, важное для облегчения сопоставления данных разных авторов. Обычно расстояние между соседними параллельными линеаментами или разрывами указывается в километрах. Предполагая генетическую связь по крайней мере некоторой части линеаментов с ротационными силами, удобнее измерять это расстояние в градусах дуги. Действительно, длина дуги параллели, например, между меридиональными линеаментами зависит от широты, тогда как угловые величины будут неизменны (и легко сопоставимы).

Наконец, необходимо коснуться еще методики непосредственного измерения расстояний между линеаментами. Дело в том, что в пределах любой площади линеаменты одного (любого) простирания имеют разную длину и относятся к разным рангам. Чтобы получить представительные данные, следует внимательно относиться к выбору достаточного минимума перпендикулярных линеаментам линий, вдоль которых проводятся измерения. Поскольку специальных методических рекомендаций по такому выбору нет, необходимо, по-видимому, выполнить предварительный эмпирический подбор интервала между линиями измерений.

#### ЛИНЕАМЕНТЫ И КОЛЬЦЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ Как показатели структуры глубинных слоев литосферы

Этот вопрос так или иначе уже неоднократно затрагивался выше и рассматривался специально в ряде статей и монографий [Флоренский, 1973; Макаров, Скобелев и др., 1974; Макаров, Трифонов, Щукин, 1974; Кац и др., 1976, 1980, 1981; Геологическое..., 1978; Брюханов и др., 1979; Макаров, Трифонов, 1979; Макаров, Щукин, 1979; Трифонов и др., 1980; Макаров, 1981а—в; Трифонов, 1981; Макагоv et al., 1975; Макагоv, Solov'yeva, 1977; и др.]. Здесь мы остановимся на других аспектах методического характера.

Прежде всего зададимся целью выяснить «физиономичность» линеаментов в отнощении глубины их заложения. Предположим, что линеаменты являются проявлениями на земной поверхности разломов, которые: возникают в глубинах и развиваются в пределах некоторого слоя литосферы, не выходя за его пределы; выходят в более высокие слои, не достигая поверхности; выходят на земную поверхность (рис. 105). В последнем (наиболее простом) случае на космических изображениях дешифрируется обычно линия разлома, тем более четкая, чем интенсивнее смещение по разлому. Дешифрируются также некоторые морфологические особенности, связанные с наклоном плоскости смещения (извилистость в плане, соотнесенная с неровностями рельефа). Можно предполагать, что ореолы зон приразломных геотермо-геохимических, структурных и поверхностных особенностей при вертикальном и наклонном заложении разлома будут различны — сравнительно узкие и симметричные в первом случае и более широкие асимметричные во втором (см. рис. 105, В). Судить о глубине проникновения таких линеаментов (разломов) без дополнительных данных обычно очень трудно<sup>4</sup>. Главным критерием в данном случае является, конечно, соотношение их с другими локальными, региональными и панрегиональными структурами. В перспективе представляется возможной также дистанционная геотермо-геохимическая индикация глубинности их заложения [Макаров, 1981в; Макаров, Соловьева, 1976; Макаров, Трифонов, 1979; Макагоч, Solov'yeva, 1977[.

В двух других случаях, когда разрыв как таковой затухает на некоторой глубине, поверхностный «след» разлома (линеамент) будет представлять собой некую зону рассеянных деформаций и геотермо-геохимического влияния разлома, ширина которой и яркость проявления на снимках могут определяться тремя факторами: глубиной верхней границы разлома («верхней кромки возмущающего тела»), активностью его жизнедеятельности и опять-таки углом падения.

Ширина зоны рассеяния возрастает с удалением от разрыва: при прочих равных условиях она тем больше, чем толще «покровный» комплекс, не затронутый непосредственно разломом.

Разумеется, что «прочие» весьма разнообразные условия могут оказать существенное влияние на характер поверхностного проявления глубинных структур и процессов и требуют обстоятельного учета. Например, в разных геотектонических областях особенности глубинных процессов могут определить довольно различные формы и интенсивность проявления даже однородных глубинных образований. И наоборот, существенно разноглубинные швы могут проявиться как очень сходные. Поэтому методом аналогий при интерпретации космических изображений следует пользоваться очень осторожно, учитывая только все многообразие конкретной геологической среды. Кроме того, космические материалы сами по себе не дают в настоящее время достаточных оснований для отнесения дешифрируемых элементов к тем или иным конкретным слоям литосферы.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> В подобных случаях, вероятно, велико сходство многих типов (трещин, разрывов), развивающихся снизу (из недр коры) и сверху.



Рис. 105. Принципиальная схема положения разломов в разрезе литосферы и их отражения на земной поверхности и на космических изображениях в виде линеаментов

А. Б.— скрытые (не достигающие земной поверхности) разломы, прерывающиеся в качестве таковых на больших (1) или меньших (2) глубинах, в разрезе земной коры (а) и в плане на космическом изображении (б), В.— открытые (достигающие земной поверхности) разломы с наклонным (1) и вертикальным (2) заложением плоскости (зоны) смещения в разрезе (а) и в плане на космическом изображении (б). I.— разломы, 2.— блоки земной коры, разделяемые разломами, 3.— слои земной коры, не затронутые

1 — разломы, 2 — блоки земной коры, разделяемые разломами, 3 — слок земной коры, не затронутые непосредственно разломами, 4 — возможные варианты механических смещений по разломам, 5 — конус рассеяния механических деформаций, 6 — неравномерный восходящий поток глубинных флюидов, газов, тепла, 7 — конус рассеяния потока флюидов, газов и тепла, 8 — условная кривая величины теплового потока над зоной разлома. 9 — условная интенсивность аномалий на дневной поверхности, связанных с разломами и определяющих яркость и морфологию проявления линеаментов на космических наображениях

Для этого необходимо дальнейшее развитие средств и методов космических съемок в комплексе с соответствующими оперативными наземными исследованиями (измерениями, опробованиями и т д.).

Во всяком случае, выявление картины крупных глубинных деформаций должно считаться одной из основных задач, особенно в горно-складчатых областях, где эти деформации сильно замаскированы покровной тектоникой, находятся ниже одного или нескольких горизонтов тектонического срыва и несогласия.

Использование независимых данных при интерпретации линеаментов и кольцевых образований, как показывает имеющийся опыт, также требует известной аккуратности и соблюдения определенных правил При определении, например, по геофизическими данным глубины заложения рассматриваемых образований, их морфологических, динамических, кинематических и других характеристик необходимо прежде всего соблюдение правильного соотношения уровней генерализации этих данных и космических материалов.

Из совокупности данных разных масштабов почти всегда можно подобрать те или иные детали и особенности структуры геофизических полей, которые пространственно совпадут, по крайней мере частично, с изучаемым линеаментом или кольцом (кругом). Но имеет ли такое совпадение генетическую природу? Этот главный вопрос требует, как правило, многостороннего рассмотрения и системного подхода. Иначе говоря, всякий раз необходимо оценивать, может ли вообще имеющаяся в распоряжении исследователя информация относиться к рассматриваемому образованию.

По существу, такие же проблемы возникают и при использовании всех других данных (геологических, геохимических, гидрогеологических, металлогенических и т. д.). Широко распространены, например, выводы о связи очагов землетрясений или месторождений полезных ископаемых с узлами пересечения линеаментов (разломов), с зонами их пересечения с кольцевыми структурами или с областями взаимного пересечения последних. Эта связь закономерна и достаточно подтверждена практикой. Однако имеющиеся разномасштабные материалы космических, аэро- и наземных съемок позволяют конструировать «сетки» пересекающихся линеаментов самых разных размеров. Поэтому в конце концов можно почти всегда подобрать некоторый масштаб (детальность) дешифрирования, при котором любое землетрясение или месторождение совпадет с каким-нибудь узлом. Это облегчается значительными неточностями локализации эпицентров землетрясений, а также весьма большой шириной зон линеаментов и кольцевых структур. Решение обратной задачи — прогноз сейсмоактивного или рудоконцентрирующего узла — выполняется, как показывает практика, далеко не с такой уверенностью. Действительно, какой из множества довольно однотипных узлов является сейсмоактивным или рудоносным? Причем они развиты и в активных областях, и на платформах.

Этот пример является достаточно ярким показателем несовершенства методики сопоставления разнородных геолого-геофизических данных с данными космических съемок и высокой гипотетичности соответствующих выводов. Из него следует необходимость выполнения специальных научно-методических исследований по разработке методологии и методов выполнения корреляционных работ рассматриваемого типа

#### ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ И ОБЪЕКТИВНОСТИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ЛИНЕАМЕНТОВ И КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Значительные различия, имеющиеся в индивидуальных схемах дешифрирования линеаментов и кольцевых образований, о чем уже говорилось выше, требуют соответствующей оценки степени достоверности получаемых данных. Для такой оценки наметились определенные методы и критерии.

Одним из критериев, уже примененным в ряде геологических учреждений и коллективов, является количество участников совместного (параллельного) дешифрирования, которые отметили тот или иной исследуемый объект (линеамент, кольцевую структуру) на космическом изображении и одинаково определили его в качестве такового. Эта оценка путем «голосования», признания достоверности «большинством голосов» при кажущейся объективности неудобна и имеет определенные недостатки. Она весьма трудоемка, и может производиться только в достаточно ограниченном коллективе, в котором возможно выполнение работы по единым критериям выделения изучаемых объектов и по единому комплексу исходных материалов. Кроме того, такой подход может снизить значение и сделать неэффективной работу наиболее высококвалифицированных исследователей, а объективность мнения больщинства в данном случае может оказаться недостаточной.

Другим критерием достоверности линеамента или кольцевой структуры считается в ряде случаев устойчивость проявления его на серии космических изображений, полученных в различное время, а также в различных диапазонах спектра. При своих несомненных достоинствах этот критерий также имеет определенные недостатки. Целый ряд объектов геологического поиска на космических и аэроснимках выделяется достаточно четко лишь в определенное время (года, суток) или в каком-нибудь узком диапазоне спектра. Поэтому данным способом достоверность дешифрирования не всегда оценивается правильно. Очевидно, что нельзя отрицать существование объекта, отдешифрированного на каком-нибудь одном изображении и не проявленного достаточно ярко на других.

Критерием достоверности дешифрируемых объектов является также их соответствие известным ранее элементам геологической структуры и структуры геофизических полей. Его также нельзя признать удовлетворительным, так как он ограничивает исследование рамками известных данных, которые не являются полными и окончательными (к тому же разные территории изучены неравномерно). В целом это снижает поисковый характер исследований, направленность на выявление, изучение и использование новых объектов и явлений.

В общем, по-видимому, невозможно определить какое-то ограниченное число жестких критериев оценки достоверности дешифрирования и тем более интерпретации линеаментов кольцевых образований. Можно лишь пожелать исследователям сопровождать свои публикации некоторым минимумом характеристик использованных материалов космических съемок (тип носителя и аппаратуры, время съемки, спектральный диапазон, способы преобразования изображений, их масштаб) и критериев выделения на снимках линеаментов и кольцевых образований, чтобы эти публикации возможно было сопоставлять с другими данными.

Рассмотренные выше методические аспекты изучения линеаментов и кольцевых образований Земли с помощью материалов космических съемок не исчерпывают всех особенностей дистанционных методов геологических исследований. Остались, в частности, нерассмотренными способы и средства формализованного машинного дешифрирования и интерпретации, которые пока слабо развиты и не получили должного применения. Некоторые из приведенных соображений, возможно, являются спорными.

Принципиально важным является утверждение вывода о том, что линеаменты не есть категория разломов, что они имеют самостоятельное значение и представляют собой значительно более сложные и весьма различные по своему структурному проявлению.линейные образования, в том числе глубинного (нижнекорового и мантийного) заложения. Установлено, что при прочих равных условиях изображения более высокого уровня генерализации проявляют более глубинные образования. Это позволяет использовать разномасштабные космические изображения для изучения структур глубинных слоев литосферы и через их посредство по-новому рассмотреть и объяснить особенности многих известных приповерхностных структур, вскрывая ранее неизвестные причинно-следственные связя и закономерности их развития. Это означает вереинтерпретацию целого ряда теоретически и практически важных положений о сущности и роли некоторых казалось бы известных образований, а вместе с установленными путем дешифрирования новыми деталями стуруктуры литосферы открывает новые направления и критерни геологического прогноза полезных ископаемых, сейсмичности и т. д.

То же самое необходимо сказать относительно кольцевых образований, особо подчеркивая вывод о большом генетическом и морфологическом их разнообразии, которое определяет особенности их практического изучения и использования.

Многие аспекты методики изучения линеаментов и кольцевых образований с помощью космических снимков были рассмотрены выше в специальном разделе. Некоторые оригинальные подходы и приемы анализа линеаментов и кольцевых образований были разработаны и показаны при характеристике региональных особенностей их развития. Вряд ли эти подходы исчерпывают все многообразие методических направлений и вопросов. Но уже сейчас очевидны, во-первых, многофакторность линеаментов и кольцевых образований и, во-вторых, многоаспектный характер их возможного рассмотрения. В этих условиях только комплексный системный подход к анализу линеаментов и кольцевых образований позволит получить достаточно обоснованные конкретные выводы, которые будут весьма полезны и плодотворны в теоретических разработках и в практическом использовании.

## оглавление 👘

•

	Введение (А. В. Пейве, В. Г. Трифонов, А. Л. Яншин)	3
	Часть первая	
	ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРИ- МЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.	7
Глава I.	Методология и методические основы геологического дешифрирования космических снимков (В. И. Макаров)	7
Глава 2.	Использование математических методов в дистанционном зондировании для рещения геологических задач (В. К. Кучай, Д. Н. Чучадеев)	, 14
Глава 3.	Методика инструментального дешифрирования аэрокосмических изображения (С. Ф. Скобелев, А. С. Петренко)	20
Глава 4.	Корреляция космической и геолого-геофизической информации (А. С. Петренко, П. В. Флоренский)	31
Глава 5.	Структурно-геологические исследования и геологическое картирование с помощью материалов космических съемок	45
	Принципы составления космотектонических и космофотогеологических карт (В. А. Буш). Проблемы улучшения традиционных геологических карт (С. С. Шульц мл.).	45 50
	Применение многозональных космических снимков при структурно-геологических исследованиях (С. Ф. Скобелев).	52
	Выявление и картирование массивов плутонических пород и их петрохимическая диагностика (С. С. Шульц мл.)	58
	Металлогеническое значение структурно-геологической интерпретации космических снимков на примере Алтая (В. Д. Баранов, М. И. Диденко) Структурно-геологическое изучение горно-складчатых областей (С. Ф. Скобелев, К. И. Войтории, В. Н. Спириов. С. В. Казанора)	64 68
_	н. п. Бойговач, Б. П. Смарлов, С. Б. Гевишова),	00
Глава 6.	Методические основы, особенности и перспективы использования специальных видов дистанционной съемки	76
	Тепловая съемка (В. И. Лялько, М. М. Митник, с дополнениями Л. Д. Вульфсона) Раднолокационная съемка (А. В. Доливо-Добровольский) Снектрометрирование горных пород (Н. Кацков, Х. Спиридонов, М. Червеняшка) Лидарная спектрометрическая съемка (В. И. Лялько)	76 90 98 101
<b>Глав</b> а 7.	Комплексное применение дистанционных методов при геологических исследова- инях (В. Г. Трифонов)	105
	Часть вторая	
	ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ И НОВЕЙШИХ ГЕОЛОГИ- ЧЕСКИХ ПРОПЕССОВ	108
France 6		100
17404 0	$M_{0}$ повретенности повели и сопростритенные процессы $(R \ f \ Tauthover \ R \ M \ Maranee)$	108
	Соотношения между механизмами очагов землетрясений и проявлениями сейсми- ческих зон на космических снимках (И. В. Ананьин). Современные вулканические явления и структуры (П. А. Гусев).	108 117 122

.

.

Глава 9	Современные и новейшие экзогенные процессы	134
	Экзогенные процессы как индикаторы новейшей структуры равнинных территорий (Л И Соловьева, Г С Бурлакова, Ю А Лион) Изучевие погребенной гидрографической сети на примере Туранской низменности (О М Борисов, В Н Полтавченко)	134 139
	Изучение и прогноз оползневых процессов (В К Кучай, с дополнениями А И Гущина, М Ю Никитина, В Д Скарятина)	142
Глава 10	Неотектовика в морфоструктурный анализ приохеанических областей	146
	Морфотектоника и кайнозойская история формирования материковых побережий Охотского и Японского морей (А П Кулаков) Морфоструктуры молодых вулканических областей Камчатки (Б В Ежов, С Ё Апрелков)	146 154
Главо П	Новейшие и современные геологические процессы на шельфе (В В Шарков)	158
Глава 12 V	Космическая информация, новейшие тектонические движения и рельеф (С С Шульц мл) .	164

Часть третья

		ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИНЕАМЕНТОВ И КОЛЫЦЕВЫХ ОБРАЗО- ВАНИЙ	173
Глава	13	Линеаменты и кольцевые образования Восточно-Европейской платформы	173
		Балтийский щит (А В Доливо-Добровольский) Русская плита (С И Стрельников) Запад Восточно-Европейской платформы (Р Г Гарецкий, О И Карасев, Э В Левков, А А Святогоров) Юг Восточно-Европейской платформы и Скифская плита (М А Кикина, С В Порошик)	173 179 185 189
Глава	14	Линейные и кольцевые структуры Крымско-Кавказской области (Н В Лукина, А С Караханян, Б В Сенин, В Д Скарятин, В Г Трифонов)	195
Глава	15	Линейные и кольцевые структуры Урала (С И Стрельнаков)	207
Глава	16	Линеаменты Туранской плиты (П В Флоренский, В П Крючков)	217
Главо	17	Линейные и кольцевые структуры Памиро-Тяньшаньской области (О М Борисов, А К Глих Н Т Кочнева, В И Макаров)	226
Глава	18	Линейные и кольцевые структуры Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты (Б Я Пономарев)	234
Глава	19	Лянеаменты Саяно-Тувинской области (В Е Гоникберг)	242
Глава .	20	Линеаменты и кольцевые образования территории МНР (Г И Волчкова, В И Макаров)	249
Глава .	21	Линеаменты и кольцевые образования юга Восточной Сибири и Дальнего Востока (В В Юшманов, Г Ф Уфимцев, Ф С Онухов, В Н Ставров, с дополне ниями Л В Флоренского, И В Флоренского)	254
Г гова	22	Линейные и кольцевые структуры Верхояно-Колымской складчатой области (В С Кравцов)	271
Глава	23	Планетарные линейные объекты и их нерархия но геолого-геоморфологическим, гравиметрическим и космосъемочным данным высоких уровней генерализации (Б В Сенин)	276
Глава	24	Системы трансконтинентальных линеаментов Евразии (В А Буш)	287
Глава	25	Крупнейшие кольцевые структуры континенталькой земной коры (А В Доливо- Добровольский)	299
Глава	26	Основные принципы, аснекты и проблемы дешифрирования и интерпретации , линеаментов и кольцевых образований (В И Макаров, Б В Сенин)	305

528

	Часть четвертая	
	ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В РУД- НОЙ ГЕОЛОГИИ	322
Глава 27	Использование космических снимков при изучении линейных рудоконтролярующих и рудоконцентрирующих структур	322
	Общие принципы анализа линейных структур (М А Фаворская) Морфоструктурные и структурно-геоморфологические методы выявления сквоз- ных рудоконцентрирующих и рудолокализующих структур (И К Вол-	322
	чанская) Использование космических снимков для выявления металлогенически специали- зированных секущих систем линеаментов (В С Кравцов)	325 335
Глава 28	Применение космических снимков при изучении мелкомасштабных кольцевых рудоконтролирующих структур	340
	Методические вопросы ( <i>Н. Т. Кочнева, И. Н. Томсон, В. В. Середин</i> ) Кольцевые структуры в рудных провинциях Средней Азии ( <i>Н. Т. Кочнева,</i>	340
	И Н Томсон) Морфоструктурный анализ при структурно-металлогеническом дешифрировании	345
•	космических снимков континентальной окраины юга дальнего востока СССР (В В Середия) Морфоструктурное ранонирование и его зпачение для металлогенического про-	350
	гноза в Восточно-Сихотэ-Алинском поясе (на примере Петрозуевского и Усть-Амурского районов) (С М Тащи, А А Гаврилов)	368
Глава 29 -	Применение космических снимков в исследовании структур рудных полей и месторождений (ЮГ Сафонов, ВД, Парфенов)	372
Глава 30	Новые данные по геологическому строению Карамазарского рудного района	383
	Некоторые общие вопросы геологии и тектовики района (Е В Акимова, В И Завалин)	383
	Достоверность и информативность схемы дешифрирования разрывных парушений по космическим снимкам ( <i>Е. В. Акимова</i> )	387
	глубинное строение қарамазарского рудного района и структурные дозиции некоторых рудных полей и месторождений (В И Завалин)	393
Глава 31	Геологическая позиция рудных полей и месторождений в Джидинском и Балей- ском рудных районах Забайкалья (В И Микляев)	403
	Часть пятая	
	ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	

.

.

# В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ

413

.

Глава 32	Дистанционные исследования в комплексе нефтегазопоисковых работ (П В Фло- ренский, А Н Дмитриевский, И И Скворцов)	413 /
Глава 33	Нефтегазоносные провинции древних платформ	416
	Волго Уральская нефтегазоносная провинция (Д И Дмитриева, Д М Тро- фимов)	416
	Юг Северо Каснийской нефтегазоносной прованции (В Г Варламов, А В Гурья- нов)	422
	Западная часть Восточно Европейской платформы (Р Г Гарецкий В Я Коже- нов О И Карасев, Э В Левков А А Святогоров)	426
	Днепровско Припятская газонефтеносная провинция (В И Гридин)	428
	Наземные и дистанционные геотермические исследования нефтяных месторождений (В И Лялько, М М Митник)	438
	Отражение структуры фундамента нефтегазоносных провинций Восточно Евро-	442
	Украинский щит (Я И Белевцев, С С Быстревская)	446
	Восточно Сибирская газонефтеносная провинция (А В Копылов, П В Флорен- скии, Т В Флоренская)	450

Глава З	4.	Нефтегазоносные провинции молодых плит	454
		Туранская нефтегазоносная провинция (В. П. Крючков, А. Н. Руднев, П. В. Фло- ренский)	454
		Ферганская нефтегазоносная область (В. К. Флоренский)	460
			465
		Ландшафтно-индикационные признаки глубинной структуры (Л. И. Со-	409
		Структуры газонефтеносных районов (В. В. Боровский, А. Л. Клопов, И. Л. Пе-	409
		сковский, Л. Л. Подсосова)	479
		Сургутский свод (Е. Л. Курбала)	484
Глава З	5.	Нефтегазоносные провинции альпийских владин	486
		Закавказская нефтегазоносная провинция (М. В. Аллахвердиев, Н. А. Ащумов, В. Н. Еписадев)	486
		Западно-Туркменская нефтегазоносная провинция (Г. И. Амурский, М. С. Бонда-	
		рева, Л. В. Пименова)	490
Глава З	6.	Эффективность применения методов дистанционного изучения нефтегазоносных	
		территорий (В. И. Гридин, П. В. Флоренский)	497
•		Заключение (В. Г. Трифонов, В. И. Макаров, Ю. Г. Сафонов, П. В. Флоренский)	502
		Литература	506

К стр. 243



Рис. 95. Карта лицеаментов и дуговых структур Саяно-Тувинского региона и его обрамления

1 — линеаменты и дуговые структуры: а — четкие и непрерывные, б — относительно менее четкие и (или) прерывистые, в — расплывчатые (линейные и дуговые орографические и ландшафтные аномалии); 2 то же, активно проявившиеся в рельефе и новейшей морфоструктуре (а, б, в соответствуют а, б, в знака 1); 3, 4 — то же, наиболее активно проявившиеся в рельефе (3 — уступы, 4 — борозды)



Рис. 144. Схема структурно-тектопического районирования Волго-Уральской нефтегазоносной провинции по космическим и геологогеофизическим данным [Карта..., 1976]

а — схема структурно-тектонического районирования Волго-Уральской провянции; б — розы-диаграммы линеаментов и разломов блоковых структур Волго-Уральского района.

структур Болго-Уральского ранона. 1 — линеаменты; 2 — линеаментные мегазоны; 3 — линеаментные зоны; 4, 5 — разломы; 4 — выявленные по геолого-геофизическим данным, 5 — дешифрируемые на космических снимках; 6 — изометричные структуры; 7 — изогипсы по кровле фундамента (в км); 8 — месторождения нефти к газа. Зоны и мегазоны двелокаций: А — Астраханско-Сулинская; Б — Приуральская; В — Ореко-Варшавская; Г — Куршско-Красноуфимская; Д — Скандо-Соликамская; Е – Тиманская; А — Самаро-Токская, Блоки: 1 — Сыктывкарский, 11 — Кировско-Пермский, 111 — Ульяновско-Уфимский, IV — Куйбышевско-Оренбургский. Авлакогены: 1 — Вятский, 2 – Серноводско-Абдулинский

.



снямков

.

• .

Рис. 94. Карта линеаментов и кольцевых структур платформенных областей Сибири по данным дешифрирования космических

1—3 -- динеаменты, выраженные на космических спимках очень четко (1), хорошо (2) и слабо (3); 4 — линеаментные зоны; 5—8 — кольцевые структуры, выраженные на космических снимках хорошо (5), слабо (6), образующие в рельефе поднятия (7) и окускания (8);
9 — линеаменты, интерпретируемые как красвые швы, ограничивающие платформы, красвые структуры и складчатые системы. Крупнейшие линеаментные зоны (цифры на схеме): 1 – Салехард-Хантайская, 2 — Березовско-Ванаварская, 3 — Обская, 4 — Пурско-Гыданская, 5 -- Омеко-Игарская, 6 — Писино-Хатангская, 7 — Ангаро-Норгльекая, 8 — Ангаро-Таймырская, 9 — Хантайско-Кунамская, 10 — Анабаро-Вилюйская, 11 — Ангаро-Вилюйская, 12 - Илимско-Айхальская; кольцевые структуры: 13 — Надымская, 4 — Нижневартовская, 15 - Обь-Енисейская, 16 — Норильская, 17 - Путорацская, 18 — Котуйская, 19 — Анабарская, 20 — Попягайская, 21 - Куонамская, 22 — Олевскская, 23 - Нижнетунгусская, 24 — Верхлевилюйская



Рис. 86. Тектоническая схема Урала. Составлена с использованием результатов дешифрирования телевизионных космических снимков

1 — кристаллический фундамент Русской илиты; 2 — Предуральский краевой прогиб. расчлененаый понеречными поднятиями на ряд изолярованных впадия (1 — Короталинская, II — Косым-Роговская, III — Больпесынинская, IV — Берхнепечорская, V — Юрюзано-Соликамская, VI — Бельская; 3 — 5 — структурные комплексы Западно-Уральской миогеосинклинальной зоны складчатости; 3 — верхний территенно-карбонатный девоско-каменноугольный, 5 — нажний, преимущественно карбонатный, ордовикскосилурайский; 6 — метаморфические комплексы дападно-Уральской миогеосинклинальной зоны складчатости; 3 — верхний территенносилурайский; 6 — метаморфические комплексы прогерозоя кембрия Центрально-Уральской автиклянальной зоны; 7 — архейско-раянспротерозойские комплексы Хобензского массива Лянинского автиклинория и Уфалейского купола; 8 — позднедокскобрайские метаморфические комплексы Бошкирского автиклинория; 9 — палеозойские вулканогепно-осадочные толици Татикло-Магнитогорского прогиба; 10 — шалеозойские комплексие востокно-Уральского колдичые и докембрийские метаморфические комплексы Воликирского автиклинория; 9 — палеозойские комплексы Восточно-Уральского поднятия; 11 — область развития структурноформационных комплексов Восточно-Уральского поргиба и Зауральского кодиятия; 12 — выход на дневную поверхность байкальского основания Тимания; 13 — нижний плаеозойский территенных карбонатный комплекс Большеземельской койлогенной области; 15 — Сафовонский метавая, 7 — верхией мезозойским территенных карбонатный комплекс Большеземельской койлогенной области; 16 — поднятия и порядка платформециеговский метавал, 8 — вольшеземская вальский метавал, 8 — Варанский вая, 9 — политике гамания; 7 — архейскосо иснования Тимания; 17 — нижний полексом; 16 — поднятия 1 порядка платформециего чехла Большеземельской койлогенной области; 17 — Сафовоекий прогиб. выполнеенный мезозойским терригенным комплексом; 16 — поднятия 1 порядка платформециего чехла Большеземельской койлогенной области; 17 — 19 — масчевы магиатисска кой метавал, 8 — Варанскихи вальский ка





Рис. 80. Схема основных линеаментов и структур центрального типа Русской плиты. Составлена с использованием материалов В. П. Кирикова и С. Н. Тихомирова

I — линеаменты, отдешифрированные на космических снимках; 2 — кольцевые разломы, ограничивающие структуры центрального типа; 3 — архейские массивы кристаллического фундамента; 4 — архейско-протерозойские складчатые системы кристаллического фундамента; 5 — крупные массивы гранитоидов в фундаменте; б — изогипсы поверхности фундамента (в км); 7 — основные разломы на поверхности фундамента; 8 — контуры Русской плиты.

Цифрами на схеме обозначены: структуры центрального типа: 1— Прибалтийская. II— Новгородская, III— Тверская, IV— Белозерская, V— Вологодская, VI— Онежская, VII— Котласская, VIII— Вильцюсская, IX— Западно-Белорусская, X— Могилевская, XI— Гомельская, XII— Принятская, XIII— Волынская, XIV— Подольская, XV— Ворошиловградская, XVI— Тамбовская, XVII— Медведицкая, XVIII— Орлово-Липецкая, XIX— Курская, XX— бредяеволжская, XXI— Горьковская, XXII— Ковернинская, XXIII— Вятско-Сыктывкарская, XXIV— Ветлужская, XXV— Уфинская; архейские массивы: I— Беломорский, 2— Вычегодский, 3— Вятский, 4— Камский, 5— Пермский, 6— Горьковский, 7— Волго-Урадьский, 8— Новгородский, 9— Вышиеволоцкий, 10— Даугавлилоский, 11— Западио-Литовский, 12— Минский, 13— Бобруйский, 14— Черкасский, 15— Придневровский, 16— Воролежский, 17— Приазовский, 18— Подольский