

Основы линейamentной тектоники

Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ

ЧАСТЬ I

ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

1. ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКЕ

- 1.1. Линейamentная тектоника до открытия В. Хоббса
- 1.2. Открытие В. Хоббса и его значение для дальнейшего развития линейamentной тектоники
- 1.3. Изучение Земли из космоса и «новое открытие» линейamentов

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

- 2.1. Современная трактовка понятия «линейament»
- 2.2. Линейamentы – основной объект исследования линейamentной тектоники
- 2.3. Методы выявления, изучения и интерпретации линейamentов
- 2.4. Классификация линейamentов
- 2.5. Линейamentные сообщества: зоны, системы, поля, рисунки
- 2.6. Схемы и карты линейamentов

ЧАСТЬ II

ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ

3. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

- 3.1. Древние платформы Лавразии
- 3.2. Древние платформы Гондваны
- 3.3. Молодые платформы Евразии

4. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

- 4.1. Уральский и Андийский складчатые пояса
- 4.2. Средиземноморский горно-складчатый пояс
- 4.3. Горно-складчатый пояс Северо-Американских Кордильер
- 4.4. Горно-складчатые сооружения Аппалачского и Тихоокеанского поясов

5. ОСОБЕННОСТИ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ ЗЕМЛИ

ЧАСТЬ III

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

6. ГЕНЕЗИС ЛИНЕАМЕНТОВ

7. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИНЕАМЕНТОВ С ИЗВЕСТНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

- 7.1. Линейamentная и разрывная тектоника
- 7.2. Линейamentная тектоника и рифтогенез
- 7.3. Линейamentная тектоника и кольцевые структуры земной коры

8. МЕСТО ЛИНЕАМЕНТОВ В ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

- 8.1. Линейamentогенез и регматогенез
- 8.2. Линейamentогенез и тектоногенез
- 8.3. Линейamentогенез и новейшая тектоника
- 8.4. Линейamentогенез и новая глобальная тектоника

9. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

ЧАСТЬ IV

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

10. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

11. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

12. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

13. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линейamentной тектоники. – М.: Недра, 1986. 140 с., с ил.

Рассмотрены основные положения и проблемы линейamentной тектоники – интенсивно развивающейся новой отрасли геотектоники. Освещено современное состояние линейamentной тектоники, перспективы ее развития, прикладные аспекты, связанные с сейсмичностью, металлогенией и некоторыми закономерностями размещения нефтяных и газовых месторождений. Описана линейamentная тектоника платформенных областей и складчатых поясов, охарактеризована линейamentная тектоника планет земной группы. Показаны соотношения линейamentогенеза с процессами тектогенеза, с новейшей тектоникой, с новой глобальной тектоникой.

Для научных работников – геологов и геофизиков, изучающих строение земной коры, геодинамику крупных регионов Земли.

Табл. 3, ил. 36, список лит. – 50 назв.

Рецензент: В.В. Козлов, д-р геол.-минер. наук (Производственное геологическое объединение по региональному изучению геологического строения территории страны «Аэрогеология», ПГО «Аэрогеология»)

УДК 551.2

1904030000–248 043(01)–86

Издательство «Недра», 1986

Подготовка к публикации в Интернет: Л.В. Милосердова, А.В. Спиридонов, 2014 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года», утвержденных XXVII съездом КПСС, подчеркивается необходимость более широко и эффективно использовать аэровысотные и космические средства для изучения поверхности Земли и её недр.

Одним из современных методов прогнозирования различных явлений природы как в геологическом прошлом Земли, так и в её настоящем и даже в её геологическом будущем, может служить планомерное и систематическое изучение широко развитых в теле Земли линейных образований – так называемых линеаментов, которые выявляются практически во всех регионах нашей планеты и планет её группы по разномасштабным космическим снимкам и картографическим материалам самого разного содержания.

Резюме многочисленных современных геологических публикаций сводится к тому, что решение кардинальных теоретических и прикладных вопросов геотектоники так или иначе связано с возможностями определения делимости земной коры и тектоносферы в целом и прямо вытекающей отсюда проблемой выявления кинематического и динамического соотношений крупных блоков земной коры, истинные границы сочленения и характер взаимодействия которых часто замаскированы складчатыми ансамблями более молодых образований. Одним из возможных и, что немаловажно, эффективных ключей к расшифровке и познанию степени и формы делимости земной коры на настоящем этапе развития геотектоники является линеаментная тектоника. Под последней авторы понимают отрасль геологических наук, изучающую различные формы проявления и динамики линейных глубинных неоднородностей коры и мантии Земли в геофизических, геохимических, сейсмических и других полях, а также в геологической структуре и рельефе Земли.

Структурная роль и геодинамическое значение линеаментов и их систем, установленные к настоящему времени практически для всех геологических эпох гетерогенных регионов Земли, настоятельно требует постепенного перехода от «случайного» изучения к планомерному систематическому исследованию качественными и количественными методами закономерностей пространственного распределения и временной эволюции линеаментов.

Значительные успехи, достигнутые в последние годы в изучении линеаментов и их различных параметров привлекает внимание все большего числа исследователей, что ярко продемонстрировали всесоюзные и международные геологические совещания последних – XI конгресс ИНКВА (Москва, 1982 г.), Всесоюзное совещание по применению дистанционных методов зондирования (ГИН, 1983 г.), XXVII сессии Международного геологического конгресса (Москва, 1984 г.) и др. Растущий интерес к проблеме линеаментов способствует интенсивному накоплению громадного фактического материала, обработка, систематизация и корреляция которого приведут к качественному изменению традиционных геотектонических представлений и, вероятно, закономерному появлению принципиально новых теоретических и методических предпосылок, регламентирующих и ориентирующих глубинное геологическое районирование Земли.

В книге проводится систематика накопленного фактического материала по линеаментам различных регионов Земли, прослежена и критически проанализирована почти 150-летняя история развития представлений о линеаментах, оценен уровень современного состояния линеаментной тектоники, охарактеризованы прикладные аспекты и возможности, а также основные перспективы развития этой зарождающейся отрасли геологии.

Отдельные положения работы многократно обсуждались на международных и всесоюзных симпозиумах, на ученых советах геологического факультета МГУ, ВНИИГаза, ИГИРГИ, ВНИИЗарубежгеологии, на Ломоносовских и Гагаринских чтениях, на заседаниях геологической секции МОИП и в других организациях.

Авторы выражают признательность М.Л. Коппу, Н.В. Макаровой, Арк.В. Тевелеву за ценные советы и замечания.

ЧАСТЬ I ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ

1. ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКЕ

1.1. Линеаментная тектоника до открытия В. Хоббса

На первых этапах развития геологической науки проблема линеаментной тектоники рассматривалась в рамках решения вопросов и задач планетарной трещиноватости, по праву считающейся одной из основных причин не только закономерной делимости литосферы, но и направленности развития её структурных особенностей, а также основных форм ландшафта Земли.

В результате дальнейших исследований геологи обратили внимание на региональное значение ортогональных систем разрывов при формировании крупных форм рельефа Земли, их прямое влияние на рисунок гидрографической сети планеты, а также на ориентировку линейно вытянутых складчатых деформаций. Так, например, протяженные прямолинейные структурные элементы, дуговые структуры и поперечные (субмеридиональные) элементы Понто-Каспийской области, по Н.И. Андрусову, расположены на трассах широко известных ныне Транскавказского и Урало-Оманского линеаментов (рис. 1).

А в работах А. П. Карпинского по разломной тектонике земной коры Европейской части России показаны строго выдержанные северо-западные и северо-восточные простирания трещиноватости.

Непосредственным «толчком», который помог сформулировать понятие о линеаментах, послужили исследования закономерностей пространственного расположения эпицентров землетрясений в Южной Австрии и Южной Италии, проводимые в конце прошлого века Э. Зюссом и открывшие названные им «обычные линии ударов землетрясений», вытягивающиеся на значительные расстояния (рис. 2).

Проведенные в XIX в. исследования трещиноватости, складчатых деформаций, разрывных нарушений и изучение местоположения эпицентров землетрясений выявили в разных регионах (и в первую очередь в Европе) линейное расположение основных нарушений земной коры разного времени и глубины заложения, разной протяженности, ориентировки в пространстве и густоты распределения по площади.

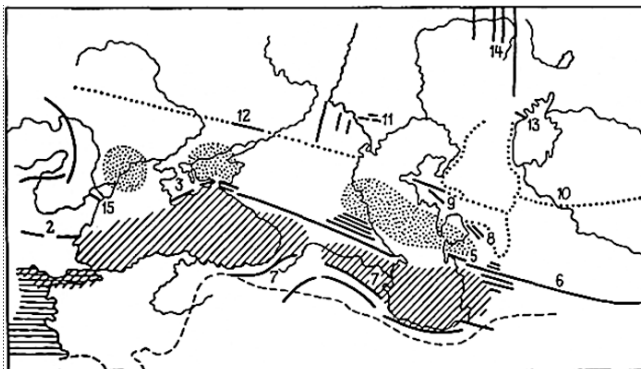


Рис. 1. Тектонические особенности Понто-Каспийской области; по Н.И. Андрусову.
2, 3 и т.д. – номер аномалии

Накопленный материал требовал первичного обобщения и систематизации и потому можно считать закономерным, что именно в то время В. Хоббсу пришла счастливая мысль объединить все выделенные линейные нарушения, независимо от их параметров и генезиса, единым термином – **линеаменты**¹, подразумевая под ними весьма гетерогенные образования – границы геологических образований и прямолинейные участки береговой линии моря, ограничения горных массивов и прочие спрямленные элементы ландшафта, а также и упоминавшиеся выше «сейсмотектонические линии», выделенные Э. Зюссом.

1.2. Открытие В. Хоббса и его значение для дальнейшего развития линеamentной тектоники

В 1904–1911 гг. В. Хоббс сформулировал понятие линеамента и ввел его в научный обиход, вынеся этот термин непосредственно в заголовок статьи, опубликованной в Бюллетене Американской геологической службы [47].

Сейчас трудно переоценить значение этого «терминологического открытия» в геологии, в чем-то, быть может, сходного с некоторыми открытиями в физике, но тогда оно подверглось резкой критике некоторых, в том числе и русских, геологов.

Открытие В. Хоббса имеет непреходящее методологическое значение для специалистов, изучающих строение и развитие Земли, потому, что оно предложило чрезвычайно простой и столь же чрезвычайно эффективный экспресс-метод изучения глубинного строения планеты по внешним (поверхностным) – выраженные чаще всего в различных элементах ландшафта – признакам.

К сожалению, это открытие резко опередило развитие геологии, не имеющей к тому времени солидной фактической базы для проверки и интерпретации линеаментов и их систем, и потому термин «линеament» начал считаться одним из искусственных терминов и понятие о линеаментах не получило ни теоретического развития, ни практического применения.

Рекогносцировочные экспедиции сменились региональными геологосъемочными и детальными геологопоисковыми и геологоразведочными работами; поиски месторождений полезных ископаемых все чаще ориентировались и корректировались теоретическими выкладками тектонистов и металлогенетов; началось геологическое применение аэрофотоснимков поверхности Земли и геофизических методов исследований. Кстати, интерпретация геофизических материалов с самого начала имела линеamentную направленность, ибо прямолинейные градиенты геофизических полей не могут быть ничем иным, как линеаментами (по определению), отражающими протяженные, прямолинейные неоднородности данных полей.

Но собственно понятие линеament из обширной геологической литературы практически (и надолго) исчезло и встречалось или у классиков, например, у Г. Штилле, или у геологов-энтузиастов данного метода, например, у Д.И. Мушкетова и др.

Г. Штилле, изучая древнейшие направления тектонических структур Европы, специально описал «Европейские линеаменты», нарисовал схему «Кардинальные линеаменты Европы» (рис. 3) и пришел к выводам, не потерявшим своего значения до сегодняшнего дня. По мнению Г. Штилле, «... земную кору, а также прежнюю Мегатгею следует считать весьма сильно изборозженной линеаментами, из которых, однако, только отдельные в ходе развития Земли активизировались и приобрели особое значение» [43]. Совершенно справедливо Г. Штилле указал, что возраст проявления (возраст активизации) кардинальных линеаментов Европы «... никоим образом не идентичен возрасту их возникновения», а «... заложение почти всей совокупности кардинальных линеаментов Европы произошло» перед альгонкской революцией. Г. Штилле допускал возможность проявления бесчисленного множества линеаментов в ходе последующих эпох орогенеза уже в неогее. Он отметил генетическую связь древнего и новейшего линеamentогенеза, показав [43], что «... на базе созданного благодаря древним линеаментам разделения на поля сложились такие тектонические условия, при которых возникли «новые» дислокации». Г. Штилле выделил в качестве «... наиболее существенного для формирования тектоники Европы ... Балтийско-Подольский линеament, который ... мог определять юго-западный край Фенносарматии», а вместе с юго-западным краем Праскандика он образует «Гренландско-Черноморский линеament» (см. рис.3)

Д.И. Мушкетов применил понятие линеament для названия сейсмотектонических дислокаций – прямолинейных протяженных уступов, появившихся на склонах Зайлийского Алатау в результате известного Кубинского землетрясения 1911 г.

Широко известные построения Г. Штилле не могли не «заставить» геологов задуматься о геотектонической роли линеаментов вследствие чего Р.А. Зондер [50] пришел к последующему их открытию.

Фактические данные о распространении прямолинейных элементов рельефа, трещиноватости и эпицентров землетрясений, полученные для разных регионов Земли геологами XIX в., помогли сформулировать В. Хоббсу понятие о линеаментах. Исследования геологов первой трети XX в., так или иначе показавшие роль и значение линеаментов и их систем в развитии структуры крупнейших регионов Земли, помогли Р.А. Зондеру выявить шесть основных направлений линеаментов Западной Европы – 20°, 45°, 340°, 290°, 315° и 70°; предложить понимать под ними (линеаментами) линии длительно существующих разломов земной коры, детерминирующих направление складок и разрывов, границ основных структур, контуров материков и океанов; сформулировать в целом понятие линеamentная тектоника и наметить круг проблем, решаемых этой отраслью геологии.

Однако инерция исследователей была достаточно сильной, чтобы открытие Р.А. Зондера использовалось полностью – оно было использовано, пожалуй, только наполовину и, если можно так выразиться, не в принципиальной (качественной) части, а в количественной. Не перейдя в целом на позиции линеamentной тектоники, а оставаясь на базе представлений о планетарной трещиноватости, многие геологи (И.Д. Мууди, М.Л. Жилл, С.С. Шульц, И.И. Чебаненко, П.С. Воронов и др.) начали искать в разных регионах Земли и повсеместно находить преобладающие (разные, кстати, у разных исследователей) направления линейных дислокаций.

1.3. Изучение Земли из космоса и «новое открытие» линеаментов

Можно уверенно констатировать, что новый качественный скачок в изучении линеаментов и в развитии представлений линеamentной тектоники в

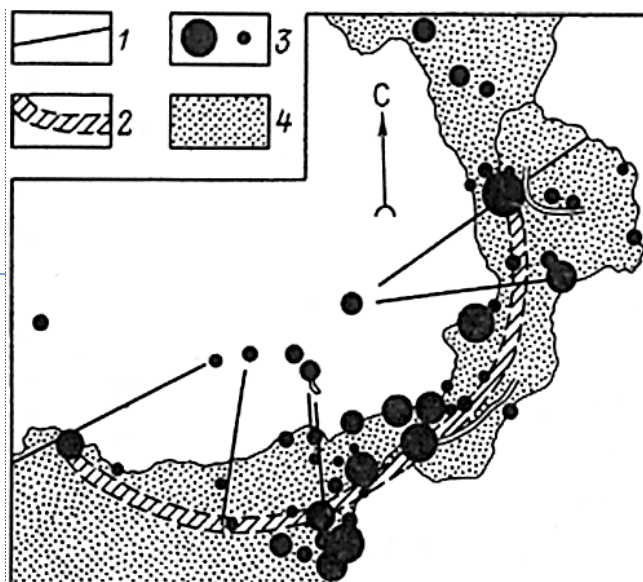


Рис. 2. Эпицентры и линии обычных ударов землетрясении Калабрии и Сицилии; по Э. Зюсс.

1 – линеаменты; 2 – периферическая зона; 3 – эпицентры землетрясений; 4 – вулканические породы



Рис. 3. Кардинальные линеаменты Европы; по Г. Штилле

целом связан с началом исследования Земли и планет земной группы с помощью космических аппаратов.

Первые же фото- и телеизображения Земли предоставили специалистам обилие новой информации о линейных, дуговых и кольцевых объектах отчетливо, иногда в мельчайших деталях, видимых на разномасштабных космических снимках земной поверхности, но не видимых на известных ранее географических, геологических, геофизических и прочих картах и схемах. Информация, полученная при дешифрировании космических снимков Земли, была обширной, а ее интерпретация настолько неординарной и интересной, что геологов всего мира захлестнул настоящий «линеamentный бум», не прекращающийся вот уже третье десятилетие, что может свидетельствовать о «новом открытии» линеаментов. Яркой иллюстрацией этого могут служить многочисленные сборники и монографии последних лет, а также значительное количество схем и карт. Не лишне будет отметить, что за это время издан первый в мире учебник «Космические методы в геологии» [11], а также «Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов» [24].

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ

2.1. Современная трактовка понятия «линеament»

Исторически сложившаяся неоднозначность понимания термина линеament, заложенная еще В. Хоббсом [47], привела к тому, что до настоящего времени под линеаментами продолжают понимать самые различные по генезису линейные образования.

Отсутствие единства в понимании термина линеament является не случайным или субъективным, а вполне закономерным и объективным явлением, причина которого кроется в отсутствии единства определения изначальной (первичной) природы линеаментов.

Так, например, большинство опубликованных к настоящему моменту трактовок геологической природы линеаментов понимают под этим «... некоторые линейные или линейно организованные элементы структуры земной поверхности, которые прямо или косвенно отражают особенности геологической структуры, в том числе глубинные разрывы и трещиноватость погребенного фундамента» [20]. При этом, самым спорным и, к сожалению, весьма далеким, хотя бы от приблизительного решения, в современной теории о линеаментах может быть вопрос о природе линеаментов или, иначе говоря, о механизме линеаментогенеза. Более того, изучение линеаментов носит до сего времени бессистемный характер, вследствие чего информация о линеаментах, даже самых изученных, например, Скутари-Печ-Вранча (в Карпато-Балканском регионе), Пальмиро-Ашперонском (в Тавро-Кавказском рече), Урало-Оманском (в Туркмено-Иранском регионе), имеет весьма «случайный» набор параметров. Непосредственное пространственное сопоставление схем линеаментов и одномасштабных с ними схем и карт не дает возможности определить генетические внутренние или глубинные связи, что далеко не всегда учитывается исследователями. Кроме того, вопрос о природе линеаментов самого разного масштаба (локального, регионального, глобального) не может быть решен позитивно без всестороннего обсуждения связи линеаментов и кольцевых структур Земли и без установления приоритета первых или вторых в истории планеты, что, в свою очередь, тесно связано с определением приоритета пластических или хрупких деформаций в структуре и развитии различных глубинных уровней Земли.

Таким образом, вопрос о природе линеаментов (равно как и вопрос о генезисе кольцевых структур) может быть решен только после построения общей теории тектоносферы и т.д.

С другой стороны, можно уверенно констатировать, что линеаменты являются уникальными природными объектами земной коры передающими на поверхность Земли достаточно убедительную и объективную информацию о разномасштабных глубинных неоднородностях, что может использоваться как в геологической теории так и в геологической практике.

В геологической теории линеаменты могут служить достаточно надежным инструментом познания современной геодинамики, так как совокупность линеаментов, зародившихся и сформировавшихся в течение всей геологической эволюции различных регионов, может существенно влиять на развитие регионов в целом и на стиль развития их отдельных частей.

В геологической практике линеаменты, трассирующие зоны повышенной нарушенности, деформированности или раздробленности земной коры, могут отражать и подводящие каналы различных флюидов и растворов, а значит, служить прямыми индикаторами при поиске месторождений различных полезных ископаемых.

2.2. Линеаменты – основной объект исследования линеamentной тектоники

Линейные гетерогенные глубинные неоднородности могут быть представлены в структуре земной коры и тектоносферы валами и валлообразными поднятиями; грабенами и грабенообразными понижениями; зонами повышенной трещиноватости; флексурами и флексурно-разрывными зонами; разрывами и разломами разных глубин заложения; поясами линейно ориентированных складок; зонами повышенной магматической проницаемости; цепочками интрузивных тел, потухших и действующих вулканов (в том числе и грязевых); сейсмомиграционными рядами; зонами повышенной обводненности, засоленности и т.д.

Опыт изучения линеаментов, накопленный к настоящему времени, показал, что в соответствии с исходными материалами дешифрирования могут выделяться линеаменты: географической среды – топо-, бати- и космолинеаменты; геологической структуры – гео-, гидро- и тектонолинеаменты; геофизических полей – магнито- и гравиталинеаменты; сейсмического поля – сейсмолинеаменты; теплового поля – термоллинеаменты.

По глубине заложения отражаемых неоднородностей земной норы могут выделяться линеаменты, отражающие нарушения чехла – Ч-линеаменты; дислокации фундамента – Ф-линеаменты; деформации поверхностей Конрада и Мохоровичича – К- и М- линеаменты соответственно.

По соотношению с ранее установленными разрывами геологической структуры линеаменты можно разделить на совпадающие с разрывами, установленными геологическими (или геофизическими) методами; продолжающими (продолжающими, наращивающими) известные ранее разрывные нарушения; автономные (независимые от известных ранее разрывов), секущие образования, генезис которых требует уточнения. По протяженности наблюдаются линеаменты – локальные, региональные, трансрегиональные или суперлинеаменты и глобальные (планетарные).

Многочисленными исследователями отмечено, что отдельные линеаменты с увеличением обзорности, т.е. с уменьшением масштаба дешифрируемого материала, концентрируются в сообщества – зоны и пояса регионального, трансрегионального и планетарного (глобального) значения.

По характеру расположения отдельных линеаментов и их зон по отношению к генеральному простираанию складчатых поясов и границ их сочленения с сопредельными платформами и щитами и срединными массивами могут различаться согласные (продольные), несогласные (диагональные) и секущие (поперечные) линеаменты. При этом отдельные линеаменты, как правило, «легко» подчиняются пространственной упорядоченности, образуя геометрически закономерно ориентированные системы ортогонального и диагонального простираания. В этом смысле, вероятно, можно говорить об элементарных линеаментах, линеamentных зонах, линеamentных системах и линеamentном поле. Особого внимания заслуживают участки пересечения линеаментов разной ориентировки – линеamentные узлы, к которым приурочено значительное количество месторождений полезных ископаемых.

Установлено, что разные регионы Земли характеризуются различным сочетанием простирааний линеаментов и их зон внутри линеamentного поля, что позволяет говорить о линеamentном рисунке того или иного региона, например, параллельном, перекрестном или Х-образном, сочлененном – У- или Т-образном и т.д.

Во внутреннем строении линеаментов выделяют следующие элементы [5]:

- контур – внешняя граница, выраженная относительно резкой сменой типов ландшафта, рельефа и структурно-геологических элементов;
- центральная зона (эндоструктура) – полоса, заключенная между двумя контурами, и выраженная положительными или отрицательными элементами рельефа и тектоники;
- структурная линия – линия, условно проведенная через середину центральной зоны по земной поверхности;
- плоскость – плоскость, проведенная по падению центральной зоны линеамента через структурную линию².

Авторам книги представляется целесообразным пополнить приведенные выше данные соображениями о том, что и вдоль простираания линеаментов наблюдаются различия:

- в знаке движения крыльев выявленного линеамента, тем более, что, движения эти имеют часто знакопеременный, шарнирный характер;
- в составе мощности и возрасте контактирующих вдоль линеамента геологических формаций;
- в преобладании простираций определенных (доминирующих) разрывных и складчатых структур внутри линеамента (или его зоны) и его (или ее) крыльях;
- в преобладании тех или иных кинематических типов линеаментов более высокого порядка внутри выделенного линеамента и в его крыльях;
- в удельной плотности разрывных нарушений, магматических тел или эпицентров землетрясений также внутри выделенного линеамента или линеamentной зоны и в структурах обрамления.

2.3. Методы выявления, изучения и интерпретации линеаментов

Почему линеаменты, открытые почти столетие тому назад не выявлялись столь бурно и повсеместно до современного – космического – этапа исследования нашей планеты? И могут ли линеаменты выявляться на земной поверхности обычными – не космическими – методами?

Ответим сначала на последний вопрос: линеаменты не только могут, но и должны выявляться на топографических, геологических и геофизических картах, схемах и пр. Доказательством этого является тот факт, что все операции по контролю и проверке правильности и достоверности выделения линеаментов по космическим снимкам связаны именно с материалами, полученными в результате наземных (визуальных или инструментальных) наблюдений, т.е. происходит как бы вторичное выявление линеаментов по имеющимся географическим, геологическим и геофизическим материалам после первичного их дешифрирования по космическим снимкам (рис. 4).

Ответ же на первый вопрос может в настоящее время уверенно связываться с уникальным эффектом недоверия исследователей к результатам работ не только предшественников, но и своих собственных. Поясним это предположение. Дело заключается, вероятно, в том что фотографии телеизображения Земли из космоса являются не только объективной, но и практически документальной информацией, бесстрастно фиксирующей все нюансы рельефа и ландшафта земной поверхности. Напротив, все традиционные изображения земной поверхности или ее особенностей в виде топографических, геологических, геофизических и прочих карт и схем имеют довольно низкий «коэффициент доверия», так как они построены или непосредственно субъектом или при его активном – субъективном – участии. Поэтому прямолинейные элементы земной коры, в том или ином виде отражаемые в рисунке разномасштабных схем географической среды, геологической структуры и геофизических полей, не находили должного объяснения – в плане их объективного существования в природе, не говоря уже об объяснении их собственной природы, а также роли и значения в развитии не только земной коры, но и Земли в целом.

Не следует забывать, что широкое и интенсивное внедрение космических методов исследований в изучении Земли и массовое появление результатов этих исследований совпало с этапом высокой степени географической, геологической и геодезической изученности Земли, что не могло не способствовать современному активному выявлению линейных образований не только на космических снимках Земли, но и на традиционных – топографических, геологических, геофизических – схемах и картах как отдельных регионов Земли, так и планеты в целом.

В настоящее время, когда природа линеаментов начинает проявляться, а их роль и значение в развитии структур, открытия полезных ископаемых и изучения современных процессов Земли с каждым годом становится все очевиднее и важнее, поиск, выявление и изучение этих структурных линий следует вести по всему комплексу разномасштабных изображений земной поверхности.

В геологической практике выявления и изучения линеаментов используются различные методы: прямые и косвенные, качественные и количественные.

Прямые методы выявления и изучения линеаментов связаны с визуальным поиском, выделением и трассированием протяженных прямолинейных, пересекающих (непрерывно или прерывисто) площадь исследования гетерогенных элементов географической среды, геологической структуры и геофизических полей.

Косвенные методы – связаны с поиском, выделением и трассированием линеаментов по данным о пространственном размещении масс Земли, характеризующихся различными параметрами (состав пород и их плотность, степень однородности или дробления структуры, плотность разрывных нарушений и формы делимости, доминирующая кинематика и простираение нарушений, преобладание дизъюнктивных или пликативных дислокаций, интенсивность геофизических и геохимических полей, рисунок гидросети, растительность и обводненность и т.д.).

Очевидно, что максимальный успех в поиске и выявлении линеаментов будет достигнут только при умелом сочетании прямых и косвенных методов, взаимодополняющих и взаимообогащающих друг друга.

Прямые и косвенные методы поиска, выделения и изучения линеаментов образуют вместе комплекс качественных методов поиска и выявления линеаментов.

Методам количественного изучения линеamentного поля Земли посвящены многочисленные публикации [2, 17, 19, 24, 28, 34, 42, 45]. Следует подчеркнуть, что большинство публикаций, рассматривающих специальные методики цифровой обработки результатов дешифрирования космических снимков, основной объект которых составляет информацию о линеаментах, тесно связано с актуальными проблемами геологии, имеющими важное народно-хозяйственное значение, например, с прогнозированием и поиском рудных месторождений [1, 42] или с долгосрочным прогнозом сейсмической опасности [17, 35].

Основной целью применения количественных методов при изучении пространственных закономерностей размещения линеаментов является максимальное исключение субъективного фактора при обработке полученной информации, для чего данные о линеаментах или о линеamentном поле того или иного региона предлагается представлять в виде роз-диаграмм или гистограмм простираций линеаментов, в виде карт роз-диаграмм линеаментов или карт удельной длины линеаментов и в виде различных графиков (рис. 5).

С целью количественных сопоставлений предложено ввести объемный параметр – коэффициент глобальной трещиноватости, характеризующий степень линеamentности различных блоков земной коры.

Процесс интерпретации линеаментов и их систем настолько тесно связан с процессом поиска и выделения собственно линеаментов, что часто неотделим от последнего и рассматривается как его составная часть.

Как и при поиске и выделении линеаментов, так и при их интерпретации применяются качественные и количественные методы, причем в настоящее

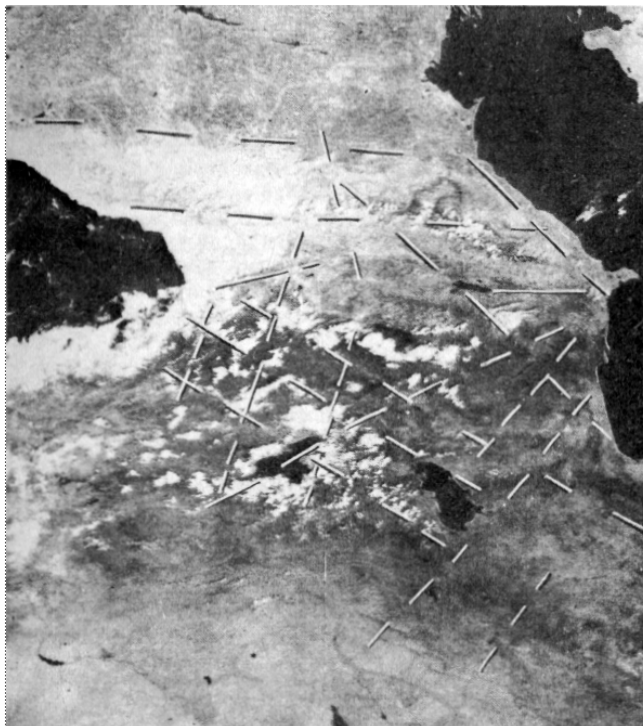


Рис. 4. Основные линеаменты Кавказа и прилегающих территорий на мелкомасштабном космическом снимке («Метеор-18», 21 августа 1974 г.)

время качественные методы преобладают.

Качественные методы интерпретации линеаментов и их систем заключаются, как правило, в прямом пространственном сопоставлении составленных схем линеаментов с известными схемами геофизических, геохимических, сейсмических и других полей, схемами и картами различного геологического и географического содержания, а также с разрезами земной коры.

Количественные методы интерпретации линеаментов и их систем находятся в настоящее время в стадии становления. Поэтому пристального внимания и всестороннего развития заслуживают эксперименты по количественной интерпретации линеаментного рисунка земной коры, проведенные в последние годы [4, 17 23 и др.].

Следует отметить, что процесс интерпретации линеаментов сложен и неоднозначен, результаты интерпретации далеки от бесспорности и воспринимаются далеко не всеми исследователями.

Авторы книги понимают процесс интерпретации линеаментов и их систем, как процесс отождествления вновь выявленных структурных линий земной коры именно с тем инициальным нарушением земной коры, след которого запечатлен в своеобразных изменениях географии, геологии или геофизики того или иного региона нашей планеты.

Не будет преувеличением сказать, что достоверность процесса интерпретации определяется фильтрацией вновь обнаруженного линеамента через весь комплекс имеющихся данных об истории геологического развития, современной структуры и физических свойствах региона. Отсюда следует настоятельная необходимость постоянного сбора и обновления собранного комплекса – банка данных, качественная или количественная корреляция которых с обнаруженным линеаментом поможет установить глубину и возраст заложения, а иногда и возраст активизации (омоложения) той глубинной неоднородности земной коры, следом которой на земной поверхности является обнаруженный линеамент.

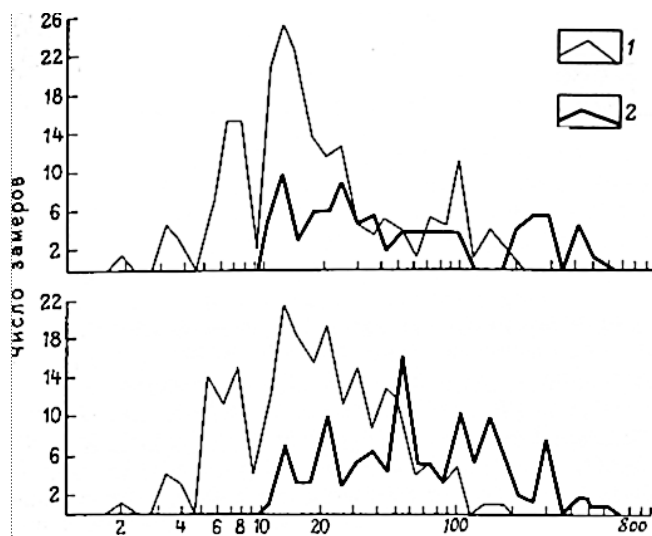


Рис. 5. Графики распределения интервалов между линеаментами разных простираний; по П.В. Флоренскому и В.П. Крюкову.
1 – на мелкомасштабных космических изображениях Туранской плиты; 2 – на среднемасштабных космических изображениях Каракумского свода

2.4. Классификация линеаментов

В вопросах классификации линеаментов до сего времени нет единого выработанного мнения или подхода. Поэтому нельзя не согласиться с одним из активнейших исследователей линеаментов В.И. Макаровым [20] справедливо указавшем, что в настоящее время не существует всеобъемлющей классификации линеаментов, а предложенные в литературе схемы типизации, как правило, касаются лишь некоторых их особенностей.

Попытка создания наиболее универсальной классификации сделана в работе О.М. Борисова и А.К. Глуха [5]. Однако предложенная ими классификация не может считаться всеобъемлющей, так как в ней отсутствует типизация линеаментов по их соотношению с региональными простираниями разрывных и складчатых структур, а также с границами сочленения складчатых поясов и сопредельных цитов и плит.

Исходя из предположения о том, что линеаменты отражают в параметрах географической среды, геологической структуры и геофизических, геохимических, сейсмических и других полей разновозрастные и разноглубинные неоднородности земной коры, авторы книги считают вполне целесообразным выделение типов линеаментов согласно первичного материала дешифрирования по следующей схеме [10, 29, 31]³.

Линеаменты географической среды:

- тополинеаменты, выделяемые по топографической карте;
- батилинеаменты – по батиметрической карте;
- фотолинеаменты – по аэрофотоснимкам;
- космолинеаменты – по космическим снимкам.

Линеаменты геологической структуры:

- геолинеаменты, выделяемые по геологической карте;
- тектонолинеаменты – по тектонической карте;
- металлолинеаменты – по металлогенической карте;
- гидролинеаменты – по гидрогеологической карте.

Линеаменты геофизических и прочих полей:

- магнитолинеаменты, выделяемые по карте аномального магнитного поля;
- гравиталинеаменты – по карте гравитационного поля;
- сейсмолинеаменты – по карте эпицентров землетрясений;
- термоллинеаменты – по карте теплового потока.

По протяженности своих трасс линеаменты и их зоны могут классифицироваться на – региональные, трансрегиональные и глобальные.

В связи с авторским допущением о том, что линеаменты являются вероятным отражением на земной поверхности неоднородностей или нарушений различных уровней земной коры, деление элементов по глубине заложения на коровые и мантийные, предложенное выше О.М. Борисовым и А.К. Глухом [5] представляется недостаточным, так как по этому признаку рациональнее выделять линеаменты, отражающие нарушения различных уровней земной коры – чехла, фундамента, поверхностей Конрада, Мохоровичича и др.

2.5. Линеаментные сообщества: зоны, системы, поля, рисунки

Одной из характерных особенностей распределения линеаментов в геологическом пространстве является их «групповое», а не «одиночное» распространение, причем, как правило, довольно строго упорядоченное. Важным моментом этой упорядоченности является наличие «определенного ритма или шага между линеаментами одного порядка и возможных вариаций этого шага, которые могут определяться мощностью и составом земной коры, различной ориентировкой линеаментов, принадлежностью их к разным тектоническим эпохам или к существенно различным областям» [20].

Уже А. Добре использовал «принцип равноудаленности элементов геологической структуры». В. Хоббс также исследовал данное явление и показал [47], что «в восточных районах Северной Америки характерные расстояния между разломами северо-восточного, северо-западного и меридионального простираний составляет соответственно 125, 75 и 40 миль». Дальнейшее накопление эмпирических данных неоднократно приводило различных исследователей к подтверждению наблюдаемой закономерности постоянства расстояний⁴ между линейными нарушениями земной коры – разрывами, трещинами и линеаментами.

Наряду с этим описаны многочисленные факты сгущения (концентрации) линеаментов одного ранга в протяженные непрерывные или прерывистые зоны, характеризующиеся резко сокращенным «шагом» между линеаментами.

О.М. Борисов и А.К. Глух [5] показали, что линеаменты объединяются часто в регматические пары (динамопары) и образуют перекрестный структурный план двух разновидностей – миндалевидно-петельчатый и «решетчатый». Кроме того ими выделены парагенетические ассоциации:

- линеаментно-планетарная трещиноватость, представленная разноориентированной сеткой небольших по протяжению линеаментов, для которых

- характерны торцовые сочленения, частые изломы и т.п.;
- регионально-линейная мегатрещиноватость, образованная зонами сгущения субпараллельных в сочетании с диагональными или кулисовидными короткими линейментами с довольно крутыми сместителями; зонами – шириной до десятков, протяженностью до сотен километров и приуроченными к ним дайками основного – субщелочного состава (например, Карамазар) и очагами неглубоких землетрясений (например, Танды);
 - линейментные пучки, сформированные преимущественно дуговидными линейментами, отходящими от одного центрального (осевого) в одну сторону в виде «конского хвоста» и фиксирующимися по линейным и линейно-полосовым аномалиям рельефа;
 - линейментные зоны, представляющие собой «колоссальные» по протяженности структуры литосферы континентов, уходящие в пределы океанов, шириной до сотен километров, сопровождающиеся интенсивной деструкцией земной коры, процессами вулканизма, и частично включающими зоны геосинклинального развития, которые являются границами различных по строению сегментов литосферы.

В.И. Макаров и Л.И. Соловьева в 1976 г. выделили под линейментными зонами достаточно протяженные (регионального порядка) полосы сгущения линейментов сравнительно небольшой протяженности, которые прерывисто продолжают или нередко подставляют друг друга по простиранию зоны.

На примере изучения линейментов платформенных и складчатых областей СССР и других районов земного шара нами [7, 30] предложено выделять следующие линейментные сообщества: зоны регионального значения, мегазоны трансрегионального значения и пояса глобального значения.

Если за основу принять линеймент, т.е. элементарную линию резкого изменения параметров географической, геологической и геофизической сред, то различные их сочетания могут привести к образованию пространственных сообществ [31]:

1. зон узких протяженных концентрации элементарных линейментов;
2. систем, образованных совокупностью субпараллельных линейментных зон;
3. полей в результате закономерного сочетания (совокупности) различных линейментных систем региона.

Линейментные поля отдельно взятых регионов различаются: степенью плотности (или густоты) линейментов, степенью их упорядоченности, их доминирующими и угнетенными простираниями, пространственным расположением отдельных линейментов, соотношением линейментов с генеральными простираниями разрывных и складчатых структур региона, взаимоотношением линейментов между собой и т.д.

Разнообразные варианты сочетания указанных характеристик линейментного поля создают вполне определенный графический (геометрический) образ, который по аналогии со структурным рисунком земной коры можно именовать «линейментным рисунком Т-образным, У-образным, Х-образным, ромбовидным и т.д.

Следует отметить, что линейменты и их сообщества могут служить весьма объективной характеристикой дискретности земной коры. В этом смысле наиболее информативны параметры линейментного рисунка и линейментного поля, так как первый дает представление об основных направлениях дискретности, а второе – характеризует степень дискретности глубинных уровней земной коры. Если же имеются хотя бы косвенные кинематические характеристики линейментов, то сочетание направлений дискретности земной коры и возможного характера перемещений вдоль этих направлений может обоснованно привести к построению геодинамических моделей глубинных частей земной коры.

2.6. Схемы и карты линейментов

Совершенно очевидно, что при резком расширении площади наблюдений выявлялись уже не единичные линейменты, а их сообщества, что в свою очередь, автоматически вызвало стихийное построение (составление) схем линейментов как отдельных районов, так и крупных регионов Земли.

Следует отметить, что эти материалы создавались без единой, согласованной, коллективно выработанной и апробированной методики картирования линейментов, в разных масштабах, на топографических основах разных проекций или на схемах.

В «Методическом руководстве...» [24] предложено составление комплекта карт линейментов, состоящего из исходной карты, или карты фактического материала, и построенных на ее основе карт по ориентировке и густоте линейментов.

Карта фактического материала позволяет, с точки зрения авторов «Методического руководства...» [24]:

1. установить наличие линейментов различной протяженности (линейменты разного порядка), отражающих планетарные трещины разных масштабов;
2. выделить узкие зоны повышенной густоты взаимопараллельных линейментов, цепочки линейментов разной протяженности, сближенные линейменты, образующие рисунки типа «конского хвоста» или «кулисы», и т.д.;
3. объединить параллельные, близкорасположенные линейменты в зоны.

Комплект карт по ориентировке линейментов может включать в себя карты избранных простираний, роз-диаграмм и векторных диаграмм линейментов, локальных отклонений линейментов, средних простираний линейментов, карты линейментов, составленные методом протягивания выявленных простираний линейментов, карты (схемы) плотности узлов – пересечений линейментов.

Методика построений таких карт требует, разумеется, дальнейшей разработки, но уже сейчас ясно, что перечисленные карты имеют важное теоретическое и практическое значение. Так, карты роз-диаграмм линейментов позволяют установить общие закономерности и частные отклонения в простираниях линейментов и могут быть использованы для выявления крупных тектонических зон и локальных структурных форм. Карты средних простираний, по мнению И.Г. Гольдбрайха и др., могут быть использованы для прогноза простирания локальных структур на закрытых территориях, а по картам густоты линейментов могут устанавливаться «общие закономерности и особенности распределения линейментов по площади изучаемых регионов, а также вырисовываться структурные формы (разных порядков, типа, знака и амплитуды), не выраженные в современном рельефе и другими методами структурно-геоморфологического анализа не выявляющиеся» [24].

Авторам книги представляется, что сейчас можно переходить к составлению карт кинематики линейментов, а также к схемам районирования земной коры по интенсивности ее делимости линейментами и т.д.

Современный период картографирования линейментов может считаться промежуточным – подготовительным для постепенного перехода от элементарных фактических схем линейментов и даже от космогеологических и космогенетических карт отдельных регионов к построению схем, а в перспективе и карт линейментной тектоники отдельных регионов Земли, наиболее изученных геологическими, геофизическими и космическими методами.

ЧАСТЬ II ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТНИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ

3. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТНИКА ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

3.1. Древние платформы Лавразии

Восточно-Европейская платформа

Восточно-Европейская платформа рассечена густой сетью линейментов, четко дешифрирующихся по комплексу имеющихся материалов: топографическим основам (рис. 6), космическим снимкам, геологическим и геофизическим картам.

По данным С.И. Стрельникова [19], наиболее четко на космических снимках Русской плиты выражены линейменты северо-западного простирания, ограничивающие Днепровско-Донецкий и Пачелмский авлакогены, Кандалакшский раздвиг и Припятский грабен, а также Тиманскую складчатую область. Среди линейментов северо-восточного простирания им особо выделены, ограничивающие Средне-Русский авлакоген и продолжающие разломы данной структуры в юго-восточном направлении (до района Минска и Гомеля), где они, сочленяясь с известными по геолого-геофизическим данным разломами, определяют ориентировку основных структур фундамента, в частности Минского архейского массива и северо-запада Украинского щита. Наиболее протяженные субширотные линейменты дешифрированы в северной части плиты – от района Нарвы до Котласа, от Рижского залива до верховьев р.

Камы, от Пензы через Куйбышев до Стерлитамака. К последнему приурочена Жигулевская система дислокаций. Субмеридиональные линейменты, по данным С.И. Стрельникова, наиболее ярко выражены в западной и северо-восточной частях плиты. На западе наиболее четкий линеймент тянется от Финского залива (р-н г. Кохтла-Ярве) до среднего течения Днестра (р-н г. Хмельницкого). С субмеридиональными линейментами северо-востока плиты связано формирование Кировско-Кажимского авлакогена, по которому раздвинут Вятско-Сыктывкарский гнейсовый овал. В центре Русской плиты субмеридиональные линейменты выявляются, по данным С.И. Стрельникова, меньше. По его мнению, Таллинско-Пачелмская система линейментов северо-западного простирания делит Русскую плиту на две части, отличающиеся по степени выраженности разломов разного простирания: в северо-восточной наиболее существенную роль в формировании структуры играют северо-западные и северо-восточные разломы, в юго-западной – северо-восточные и близмеридиональные [19].

Следует отметить, что С.И. Стрельников совершенно определенно показал, что большинство разломных ограничений архейских массивов и многие разломы как внутри массивов, так и в пределах окаймляющих их складчатых систем уверенно дешифрируются на снимках, а «пространственное совпадение элементов, выделяемых по геофизическим данным, и элементов, отдешифрованных по снимкам» позволяет «интерпретировать линейменты, трассируемые в геофизических полях, как разломы фундамента», ритмично секущие земную кору с «шагом» 400–500 км у северо-западных, 300–400 км у северо-восточных и 250–300 км у ортогональной систем линейментов.

Таблица 1

Максимумы простираний линейментов, град		
Тополинейменты	Магнитолинейменты	Гравилинейменты
310°–330°	300°–330°	300°–330°
10°–30°	0°–30°	30°–60°

Дешифрирование мозаики космических снимков системы «Метеор», объединенных в «Фотопортрет Европы» (масштаб 1:10 000 000) топооснов масштаба 1:2 500 000, 1:7 500 000, 1:10 000 000 и 1:25 000 000, а также геофизических материалов – карты магнитного поля Восточно-Европейской платформы (1:10 000 000) и карты гравитационного поля (1:7 500 000), выполненное авторами настоящей работы, показало, что территория платформы сравнительно равномерно рассечена линейментами ортогональной и диагональной систем. Причем, качественное сопоставление схем линейментов показывает уменьшение степени (интенсивности) дробления земной коры с увеличением глубины ее среза, так число равнозначных по протяженности линейментов сокращается от 103, выделенных по топографической основе масштаба 1:7 500 000, до 55, выделенных по карте магнитного поля, и до 37 – гравитационного. Сопоставление гистограмм простираний топо-, магнито- и гравилинейментов свидетельствует об их пространственной корреляции, а значит и о стабильности простираний линейментов независимо от глубины отражаемых нарушений (табл. 1).

Аналогичные «пики» простираний получены В.И. Макаровым и С.И. Стрельниковым при статистической обработке схемы линейментов СССР масштаба 1:1 000 0000.

Отдельные топо- и магнитолинейменты концентрируются в линейментные зоны (табл. 2), а гравилинейменты, как правило, образуют не зоны, а своеобразные линейменто-пары, простирание которых и расположение в пространстве часто совпадает с линейментными зонами, выделенными по топооснове и магнитному полю (рис. 7).

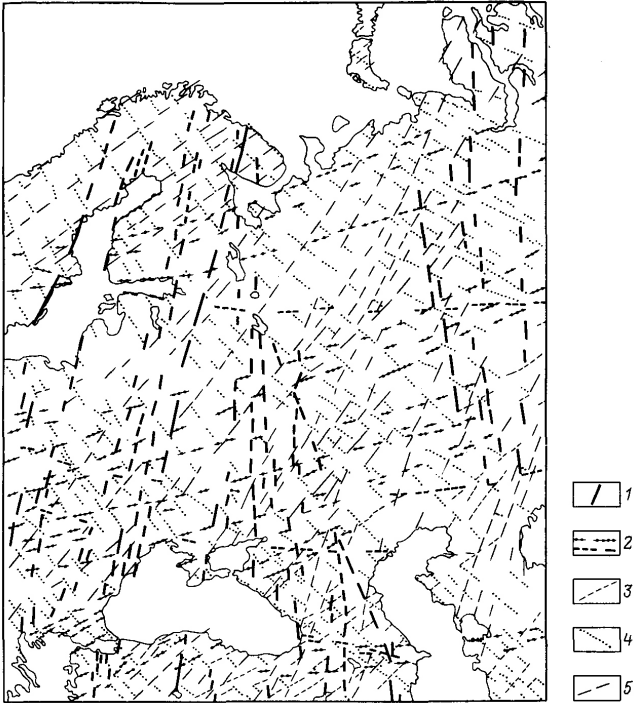


Рис. 6. Схема ландшафтных линейментов Восточно-Европейской платформы (составил А.И. Полетаев).
1 – меридиональные линейменты, 2 – широтные, 3 – северо-восточные, 4 – северо-западные, 5 – север-северо-восточные

Аналогичные «пики» простираний получены В.И. Макаровым и С.И. Стрельниковым при статистической обработке схемы линейментов СССР масштаба 1:1 000 0000.

Отдельные топо- и магнитолинейменты концентрируются в линейментные зоны (табл. 2), а гравилинейменты, как правило, образуют не зоны, а своеобразные линейменто-пары, простирание которых и расположение в пространстве часто совпадает с линейментными зонами, выделенными по топооснове и магнитному полю (рис. 7).

Таблица 2

Линейментные зоны Восточно-Европейской платформы и ее горно-складчатого обрамления						
№ зоны на рис. 7	Зоны	Длина, км	Ширина, км	Отражение линейментов ⁵		
				М	Г	С
Субширотные						
I	Веттерн (Стокгольм)-Нижнеобская	3000	300	+		
II	Карпатско-Уральская	3000	750	+	+	
III	Эгейско-Уральская	2250	300	+	+	+
IIIa	Кавказско-Мугоджарская			+	+	+
IV	Ботническо-Североуральская	3000	750	+	+	
V	Карпатско-Прикаспийская	3000	300	+	++	
VI	Понтийско-Устюртская	1500	150	+		
Северо-Восточные						
VII	Скандинавская	1500	750		+	
VIII	Паннонско-Онежская	2250	До 150	+		
IX	Эгейско-Североуральская	3750	750	+	+	
X	Кавказско-Среднеуральская	2250	300	+	++	+
XI	Северокаспийско-Южноуральская	900	225	+	+	
XII	Южнокаспийско-Мугоджарская	1500	150	+		
Субмеридиональные						
XIII	Паннонско-Ботническая	3750	225			
XIV	Мраморноморско-Ладожская	3750	225	+	++	+
XV	Азовоморско-Беломорская	3000	225			
XVI	Кавказско-Рыбинская	2250	225	+	+	+

Например, Мраморноморско-Ладожская зона тополинементов субмеридионального простираения четко вписывается в ограничения высокоградиентной зоны гравитационного поля.

Линеamentное поле Восточно-Европейской платформы имеет некоторые особенности. Так, линеamentы северо-западного простираения в зоны не концентрируются, а развиты на территории платформы с шагом 75–100 км, образуя, таким образом, довольно частый элемент параллельной делимости земной коры. Субширотные линеamentы, напротив, очень редки, делают земную кору на протяженные блоки шириной 500–750 км. Субмеридиональные линеamentы концентрируются в узкие (до 200 км) зоны, а северо-восточные образуют зоны чередования: широкие, до 500–700 км, например, Скандинавская или Эгейско-Северо-Уральская, и узкие, до 150 км, например, Паннонско-Онежская или Кавказско-Среднеуральская.

Характерно, что ширина зон субширотного и северо-восточного простираений выдержана на всем их продолжении, тогда как зоны субмеридионального простираения сужаются или в северном направлении, например, Паннонско-Ботническая и сдвоенная зона – Азовоморско-Беломорская и Кавказско-Рыбинская, или в южном направлении – Мраморно-Ладожская и также сдвоенная зона – Уральская и Мугоджаро-Обская.

Линеamentы и их системы, выявленные при дешифрировании разномасштабных космических снимков и топографических основ, четко контролируют очертания основных структурных элементов Восточно-Европейской платформы: авлакогенов, щитов, грабенов, зон сочленения с сопредельными складчатыми поясами, причем, толща осадочных пород играет роль своеобразного фильтра, обуславливающего проявление в верхних частях разреза только наиболее крупных и консервативных дизъюнктивных элементов фундамента [19], вероятно, определяющих проявление «клавишного», или штампового, механизма формирования платформенных структур чехла, а также четко контролирующими как современную гидрографическую сеть, так и очертания окраинных и внутриконтинентальных морей, в очередной раз подчеркивая исключительно высокую роль глубинной структуры в формировании структурно-морфологического рисунка верхней части земной коры.

Восточно-Сибирская платформа также характеризуется интенсивно развитым линеamentным полем, образованным линеamentами ортогонального и диагонального простираения. При дешифрировании космических снимков масштаба 1:8 000 000 – 1:15 000 000, полученных с искусственных спутников серии «Метеор-1,-17» (телевизионные), «Метеор-18,-25,-28» (фотосканерные), и снимков масштаба 1:2 500 000, полученных со спутников «Метеор-28,-29», четко выделяются краевые, трансрегиональные и региональные линеamentы [19] и линеamentные зоны.

Краевые линеamentы, соответствующие краевым швам, дешифрируются особенно четко, причем на западе, севере и востоке вдоль границ Сибирской платформы прослеживается двойная система хорошо выраженных линеamentов. Сравнение с тектоническими картами показывает, что внутренняя система линеamentов соответствует разломам, ограничивающим древнюю Сибирскую платформу с архейско-раннепротерозойским 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 [19].

Вдоль западной границы платформы прослеживается линеament северо-западного простираения, который четко выражен на космических снимках, в физических полях и отделяет слабонаклонные (1–2°) отложения платформы от линейно дислоцированных пород Енисейского кряжа.

Северная граница кратона трассируется по дугообразному линеamentу, прослеживающемуся вдоль северного ограничения плато Путоран и соответствующему глубинному разлому, смещающему, по данным ГСЗ, поверхность фундамента, границу Конрада и, вероятно, Мохоровичича, а в осадочном чехле выраженному сбросом с опущенным северным крылом.

Восточная граница платформы трассируется двумя субпараллельными системами линеamentов, прослеживающимися вдоль подножия Верхоянского хребта, отделяя Верхоянскую складчатую систему от Приверхоянского краевого прогиба, и вдоль левобережья р. Лены, соответствующая, вероятно, системе разломов, отделяющих Приверхоянский краевой прогиб от внутрикратонных структур – Вилуйской синеклизы и Анабаро-Оленекской антеклизы.

Южная граница Сибирской платформы дешифрируется четко выраженными на мелкомасштабных снимках линеamentами, соответствующими ранее известным разломам – Приморскому и Главному разлому Восточного Саяна.

Березовско-Ванаварская трансрегиональная линеamentная зона, пересекающая с юго-востока на северо-запад Восточно-Сибирскую платформу и соседнюю Западно-Сибирскую плиту, впервые выделенная В.Я. Еременко, дешифрируется на мелкомасштабных космических снимках в виде системы сближенных линеamentов, протягивается почти на 3000 км, но в физических полях выражена слабо, что может свидетельствовать об относительно молодом послераннетриасовом возрасте [19].

Региональные линеamentные зоны прослеживаются на территории платформы на тысячи километров в меридиональном (Ангари-Таймырская и Анабаро-Вилуйская), субширотном (Хантайско-Куонамская), северо-западном (Ангари-Норильская, Березовско-Ванаварская и Пясино-Хатангская) и северо-восточном (Ангари-Вилуйская и Илимско-Айхальская) простираениях.

Предполагается, что с учетом интерпретации геофизических материалов наиболее глубокие – нижнекоровые и верхнемантийные неоднородности отражают краевые, трансрегиональные и крупнейшие региональные линеamentные зоны, а линеamentы меньшей протяженности – отражают тектонические нарушения [19].

Весьма приблизительно, по взаимоотношению линеamentов с известными геологическими структурами, может быть определен и возраст линеamentов и их зон: наиболее древние Ангари-Таймырская, Анабаро-Вилуйская, отражают нарушения, заложившиеся в архее – раннем протерозое на стадии формирования кристаллического фундамента платформы; Хантайско-Куонамская отражает дислокации позднего протерозоя – раннего палеозоя, проявившиеся в связи с началом формирования осадочного чехла платформы; Ангари-Вилуйская и Ангари-Норильская отражают нарушения, связанные с проявлением раннетриасового траппового магматизма; Березовско-Ванаварская и Пясино-Хатангская линеamentные зоны отражают, вероятно, самые молодые нарушения, заложившиеся уже после раннего триаса. Причем, общим свойством для всех линеamentных зон и хорошо выраженных линеamentов является их неотектоническая активизация в неоген-четвертичное время, благодаря чему они проявились в ландшафте и на космофотоизображениях [19].

Именно благодаря указанной выше неотектонической активизации линеamentов, они корректно и уверенно дешифрируются не только на космических снимках, но и на разномасштабных топографических основах, причем, информация, полученная в последнем случае, значительно дополняет сведения о

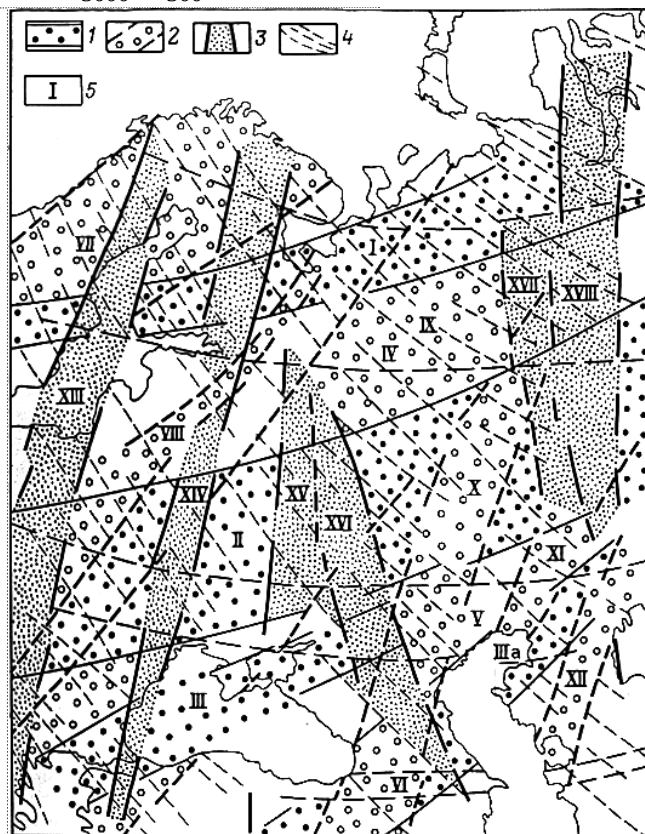


Рис. 7. Зоны ландшафтных линеamentов Восточно-Европейской платформы и ее обрамления (составил А.И. Полетаев).
1 – 4 – линеamentные зоны (1 – субширотные, 2 – северо-восточные, 3 – субмеридиональные, 4 – северо-западные); 5 – номер зоны (см. табл. 2)

характере линеamentного поля Восточно-Сибирской платформы и о формах и степени глубинной делимости ее территории.

Так, с помощью анализа топоосновы масштаба 1:2 500 000, 1:5 000 000, 1:15 000 000 и 1:25 000 000 выясняется, что основной линеamentный рисунок земной коры платформы, образованный сочетанием линеamentов ортогональной и диагональной систем, остается неизменным. При этом также сохраняются описанные выше структурные функции отдельных линеamentных зон, отражающих нарушения ограничений платформы или внутриплатформенные дислокации. Линеamentное поле платформы, восстановленное по результатам анализа топоосновы, по сравнению с полем, установленным по результатам дешифрирования космических снимков, более упорядоченное и геометрически более строгое. Оно характеризуется более ритмичным рисунком делимости земной коры со средним «шагом» делимости по диагональным и субмеридиональным линеamentам от 50 до 150 км и резким увеличением «шага» делимости по субширотным линеamentам – до 200–250 км.

Необходимо отметить, что основной линеamentный рисунок, образованный субмеридиональными, субширотными, северо-западными (325–330°) и северо-восточными (30–40°) простираниями, осложняется аномальными простираниями линеamentо-пар северо-западного простирания. Более четко проявлена юго-западная линеamentо-пара протяженностью до 2000 км и шириной до 750 км. Ее юго-западный линеament трассируется с юго-востока на северо-запад (300°) через Борзю, Читгу, Баргузин, «подрубает» с северо-востока полуостров Св. Нос в Байкале, прослеживается далее до Заярска (где, вероятно, контролирует крутой поворот Ангара на северо-запад, текущий до этого с юга на север), Верхотуров (в низовьях Ангара), Сергеева (на Енисее) и далее до Брусое (уже на территории Западно-Сибирской плиты). Северо-восточный линеament этой линеamentо-пары «рассекает» Олекмо-Чарское нагорье на юго-востоке, пересекает р. Лену в районе Крестовского и следится (по азимуту 290°) по прямым элементам ландшафта, например, прямым долинам Таймура – притока Нижней Тунгуски и нижнего течения самой Нижней Тунгуски до Баихи на Енисее.

Вторая линеamentо-пара, расположенная несколько северо-восточнее первой, редуцирована: она имеет протяженность не более 1000 км, ширину – не более 250 км, азимут простирания 310°. Ее ось можно протрассировать между г. Норильском (на северо-западе) и пос. Крестовский (на юго-востоке), где эта линеamentо-пара как бы «подрубается» предыдущей, ориентированной по азимуту 300°. Юго-западный линеament этой линеamentо-пары трассируется по Туры (на юго-востоке) до Хантайки (на северо-западе) – последняя расположена на Енисее примерно посередине между Дудинкой и Игаркой; северо-восточный – трассируется параллельно на расстоянии примерно 200–250 км.

Эти линеamentо-пары, пересекаясь на широте пос. Крестовский, раскрываются на запад – северо-запад под углом 25–30°.

Характерно, что аномальные линеamentные зоны Восточно-Сибирской платформы «встречаются» с аналогичными аномальными простираниями линеamentов Западно-Сибирской плиты (но уже северо-восточного простирания) на отрезке протяженностью до 1000 км между Подкаменной Тунгуской (на юге) и Енисейским заливом (на севере).

С переходом на соседние территории аномальные линеamentо-пары Восточно-Сибирской платформы, равно как и Западно-Сибирской плиты, полностью совпадают с доминирующими простираниями линеamentов или «гасятся», теряя свое четкое проявление в особенностях ландшафта. Кроме того линеamentы Восточно-Сибирской платформы трассируются в пределы смежных акваторий. Так, в пределы акваторий моря Лаптевых трассируются линеamentы северо-восточного (таймырского) простирания, а в пределы Карского моря – практически перпендикулярные им линеamentы северо-западного, т.е. анти-Таймырского простирания, что лишний раз свидетельствует о тесных структурных связях континентов и океанов.

Северо-Американская платформа

Северо-Американская платформа рассечена аналогичными системами линеamentов субмеридионального, субширотного, северо-западного (320°) и северо-восточного (25–30 и 40–50°) простираний, четко выявляющимися по разномасштабным (1:2 500 000, 1:15 000 000, 1:25 000 000) топографическим основам и контролирующим элементы ландшафта: простирание рек, озерных, морских и океанических побережий, хребтов. Так, например, линеamentы северо-западного простирания отделяют Северо-Американскую платформу от складчатой системы Северо-Американских Кордильер (на западе и юго-западе), а северо-восточного простирания (50° от Аппалачского горно-складчатого сооружений (на юго-востоке).

Средний линеamentный «шаг» Северо-Американской платформы не превышает аналогичный параметр линеamentного рисунка Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской платформ и равен 250 – 300 км. Формы делимости, образованные в результате пересечения ортогональных и диагональных линеamentов, также имеют треугольные, квадратные, прямоугольные, трапециевидные, ромбовидные и др. очертания. Например, в четкий ромб размером 500 км по широте и до 1500 км по долготы вписываются Восточно-Скалистые горы совместно с массивом Колорадо.

Для Северо-Американской платформы также характерен переход континентальных линеamentов в нарушения морского (или океанического) дна. Наиболее четким продолжением континентальных субширотных линеamentов южной части платформы могут считаться нарушения дна Тихого океана, выраженные субширотно ориентированными разломами Мендосино и Меррей. Причем, следует заметить, что это продолжение «просвечивается» сквозь мощный складчатый чехол Северо-Американских Кордильер, имеющих северо-западное, т.е. поперечное, простирание.

Подводя краткий итог рассмотрения линеamentных полей Восточно-Европейской, Восточно-Сибирской и Северо-Американской платформ Лавразии, следует отметить, что они характеризуются более менее выдержанными соотношениями линеamentов ортогональной и диагональной систем и сходным рисунком делимости земной коры. Отмечается единство субширотных линеamentов, трассирующихся с шагом 500 км по северным половинам перечисленных платформ от Гудзонова залива и Аляски через Северо-Восток СССР и Восточную Сибирь и далее, просвечиваясь под Уральским горно-складчатым поясом, в пределы севера Европейской части СССР и Скандинавии.

Однако, при общей схожести линеamentного рисунка, реализация делимости земной коры изученных платформ имеет и некоторые особенности, связанные с доминированием одних и редукцией других простираний линеamentов, в степени упорядоченности линеamentов в зоны, в количественных параметрах делимости (ширина шага делимости по разным системам линеamentов), и, наконец, в появлении аномальных простираний линеamentов, осложняющих основной рисунок делимости. Все это является, вероятно, следствием разной реакции крупных жестких блоков земной коры на динамическое взаимодействие между собой; а также более мелких внутриплатформенных блоков и различающегося по физическим параметрам вещества, слагающего как мелкие внутриплатформенные блоки, так и платформы в целом.

3.2. Древние платформы Гондваны

Африканская платформа

Согласно последней сводке «Системы разломов Африки и Аравии» [36], Африканская платформа рассечена разломами трех порядков и линеamentами. Разломы первого порядка представляют собой крупнейшие (протяженностью во многие тысячи километров, шириной более 100 км) тектонические (офиолитовые) швы, трассирующиеся выходами мантийных пород, включая протрузии и интрузии ультраосновного состава; они рассекают земную кору на всю ее глубину вплоть до мантии, вследствие чего могут называться мантийными разломами. Разломы выражены, как правило, зонами концентраций многочисленных разрывных нарушений и разделяют блоки (плиты и микроплиты) Африканской платформы, отличающиеся глубинным строением и геологической структурой. На отдельных участках границ этих внутриплатформенных блоков могут формироваться зоны Заварицкого – Беньофа.

Разломы второго порядка – мантийно-коровые, также трассируются выходами мантийных и коровых интрузивных и вулканических пород щелочного, субщелочного и основного состава. Разломы протяженные (сотни – первые тысячи километров), ширина зон влияния достигает десятков километров; они ограничивают различные тектонические элементы в пределах плит и океанов.

Разломы третьего порядка – по преимуществу коровые, определяющие строение коры и поверхностной геологической структуры. Протяженность разломов достигает сотен километров, ширина зон влияния – первых десятков километров. Вдоль разломов третьего порядка лишь местами проявлена магматическая и гидротермальная деятельность.

По возрасту разломные системы Африканской платформы разделены на архейские, протерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские.

В отдельную группу разрывных нарушений обособлены линеamentы являющиеся зонами разломной природы значительной протяженности и ширины, выраженные полосами концентрации трещин мелких разрывных нарушений и повышенной дислоцированности пород, часто соответствующие крупным разломам на глубине.

Дешифрирование космических снимков серии «Метеосат» и анализ разномасштабной топографической основы (1:15 000 000, 1:2 000 000 и 1:25 000 000) выявило густую, ритмично повторяющуюся в пространстве сеть линейментов образующих линейментное поле Африканской платформы, характеризующееся рисунком, образованным за счет взаимного пересечения ортогональных и диагональных (северо-западных – 310–315° и северо-восточных – 30°) нарушений. Конкретные формы делимости, возникающие в результате пространственных соотношений ортогональных и диагональных линейментов – треугольные, квадратные, прямоугольные, параллелограммвидные, трапециевидные, ромбоидальные и пр.

Следует указать на некоторую дискретность линейментного поля Африканской платформы, так как центральная и южная части платформ характеризуются более частым ритмом дробления земной коры по ортогональной и диагональной системам линейментов со средним шагом дробления 150–300 км, а северная, вследствие редуцирования субширотного и резкого «угнетения» северо-западных линейментов, характеризуется более редким ритмом дробления с увеличением «шага» (до 600 км) между линейментами северо-восточного простирания.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что линейментные системы, отдешифрованные на территории Африканской платформы, далеко прослеживаются на смежные структурные элементы Земли: субмеридиональные находят продолжение в линейментах Европы; субширотные – в батилинеаментах Атлантического и Индийского океанов; северо-восточного – в линейментных системах Аравии, Туркмено-Иранского сегмента, Средней Азии, Западно-Сибирской плит и Восточно-Сибирской платформы (на северо-востоке), и в батилинеаментах Атлантического океана (на юго-западе); северо-западные – в линейментах Пиренейского полуострова и батилинеаментах Атлантического и Индийского океанов⁶.

Сопоставление линейментного поля Африканской платформы со схемами геологического строения показывает, что поле прошло сложный и длительный путь развития, постоянно влияя своими отдельными составляющими на пространственную мозаику блоков, отличающихся строением, составом пород и конфигурацией в пространстве. Так, например, в строении докембрийского фундамента Африканской платформы четко проявлены линейменты северо-восточного и субмеридионального простирания. Линейменты северо-восточного простирания ограничивают с северо-запада и юго-востока Камерунский массив (линеамента система трассируется от устья Нигера на юго-западе до устья Нила на северо-востоке) Дамаро-Катангскую складчатую систему (линеамента система по трассе оз. Этоша – оз. Виктория), складчатую систему Наталь (линеамента система Высокого Вельда). Восточная часть Африканской платформы, образованная древним (среднепротерозойским) выступом складчатого основания (Мозамбикский пояс, по В.Е. Хаину) субмеридионального простирания, очень четко отделяется от западной субмеридиональной линеамента системы, протягивающейся от устья Нила (на севере) до устья Замбези (на юге) – Замбези-Нильская линеамента система. Синеклиза Таудени (на западе Сахары) околнута субмеридиональными складчатыми системами – Сенегальской (с Туарегской (на востоке), совпадающими соответственно Монровия – м. Юви и Аккра – Гибралтарский пролив.

Характерно, что субмеридиональные направления линейментов играли очень важную структурную роль на древних стадиях развития Африканской платформы, ограничивая Центральную-Африканский кратон с раннего протерозоя до позднего рифея включительно. В течение этого же времени активно развивались структуры вдоль линеамента системы Верхнего Вельда на юге Африки: Южно-Африканский складчатый пояс – в раннем протерозое, Южно-Африканский кратон – в среднем протерозое, Дамаро. Катангская геосинклинальная система, а затем Дамаро-Катангский складчатый пояс – в позднем протерозое.

На каледонском (кембрий-ордовик) и раннегерцинском (силур, ранний карбон) этапах активизировались Нигер-Нильская система линейментов, отделявшая Сахарскую плиту (на северо-западе) от Аравийско-Южноафриканского мегащита (на юго-востоке).

На позднегерцинском этапе активизировались линеамента система по трассе устья Конго – устье Евфрата, разделившая области различной интенсивности поднятия платформы – северозападной (большей) и юго-восточной (меньшей).

На раннекембрийском этапе (поздний триас – лейас) развития платформы доминировали линейменты субширотного простирания на трассе Дакар (запад) – Баф-эль-Мандебский пролив (восток), разделявшие интенсивно (к югу от линеамента системы) и слабо (к северу от линеамента системы) поднятые части единого Аравийско-Южноафриканского мегащита. На позднекембрийском – раннеальпийском этапе (юра – ранний мел) снова активизировались северо-восточные линейменты юга платформы и северо-западные линейменты (на трассе современных рифтовых озер Танганьика и Ньяса), расчленившие южную часть единого Аравийско-Южноафриканского мегащита на Южно-Африканский (к юго-западу от линейментов) и Восточно-Африканский (к северо-востоку от линейментов) щиты.

На среднеальпийском этапе частичную активизацию испытал юго-западный фланг в устьевой части Нигер-Нильского линеамента, входящего в систему Пелусского мегалинеамента (рис. 8), отделившего Сахарскую плиту от Камерунского массива и Восточно Африканского щита, и Нигерский линеамента (совпадающий с современной долиной реки Нигер) северо-западного простирания «расколовший» Сахарскую плиту на Леоно-Либерийский (на юго-западе) и Туарегский (на северо-востоке) массивы.

На позднеальпийском (олигоцен-антропоген) этапе развития снова оживились линейменты северо-восточного простирания – Нигер-Нильский и Калахари – Руб-Эль-Халийская систем линейментов, а также субмеридионально ориентированная система линейментов – Замбези-Нильская, вдоль которой произошло образование впадин системы Восточно-Африканских рифтов.

На современном этапе активизированы практически все составляющие линеамента поля Африканской платформы – и ортогональной и диагональной системы, так как к трассам линейментов и их зон приурочены практически все элементы рельефа региона – долины рек Нигера, Нила, Конго, Замбези и других, очертания береговой линии Атлантического и Индоокеанического побережий Африки, границы хребтов и равнин, периокеанических и внутриконтинентальных впадин и т.д. Но наиболее активизированной может, вероятно, считаться Калахари – Руб-Эль-Халийская линеамента система, характеризующаяся высокой плотностью эпицентров землетрясений, ареалами новейшего вулканизма и высоким градиентом неотектонических движений.

Данные [36] практически не противоречат намеченным выше закономерностям в проявлении и развитии линеамента зон за исключением нарушений северо-западного простирания, элементы которых зародились в центре и на юге Африканской платформы уже в раннем архее, сохраняли свою стабильность на протяжении ранних этапов развития платформы; на киммерийском и раннеальпийском этапах испытали резкую активизацию и разрастание по простиранию, достигнув в настоящее время максимума своего развития.

В современной геологической структуре линеамента системы ограничивают (или разделяют) основные элементы платформы – массивы, синеклизы, грабены, рифты и т.д. Например, Дакар – Баф-эль-Мандебская линеамента система субширотного простирания разделяет Леоно-Либерийский, Дагомейско-Нигерийский и Камерунский массивы от синеклиз Северной (Сахарской) Африки. Нигер-Нильская линеамента система северо-восточного простирания также отделяет синеклиз Северной Африки, но уже от Центрально-Африканского и Нубийско-Аравийского массивов Кстаги, юго-восточный фланг Нигер-Нильской системы линейментов совпадает с грабеном Бенуэ, раскрывающемся в Гвинейский залив. Рифтовые депрессии Красного моря, озер Рудольф, Танганьика, Ньяса и других также ограничены (или вписаны) линеаментами и их системами соответствующих простираний. Очертания крупнейших синеклиз Южной (Конго, Калахари и др.) и Северной (Таудени, Чад и др.) Африки также контролируются линеаментам рисунком, выявленным по топографическим картам разного масштаба. Все эти факты и данные свидетельствуют о значительной «транзитности» линеамента и их систем не только в геологическом пространстве, но и в геологическом времени.

Следует обратить внимание на неожиданный, но важный вывод о невысокой рудоносности космолинеамента [36], объясняющейся, вероятно, тем,

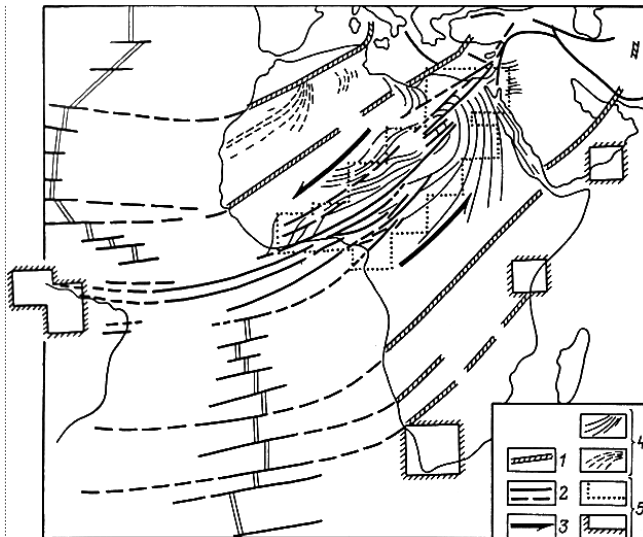


Рис. 8. Схематическая карта систем линейментов и Пелусского мегалинеамента и других трансатлантических разрывных зон [48].
1 – трансатлантические линеамента; 2 – Пелусская зона линеамента; 3 – направление движений; 4 – системы мелких линеамента; 5 – границы территории, покрытой космической съемкой

что они экспонируют в земной коре неактивные границы обособленных мегаблоков и их сообществ. Аналогичные зоны характеризуются, как правило, повышенным тепловым потоком и минимальными концентрациями рудного материала. Кроме того, линейменты могут играть роль «элеваторов» рудного вещества, но высокая проницаемость объема земной коры (вдоль их трасс) ведет не к концентрации, а к рассеянию полезных компонентов. В известной мере здесь наблюдается аналогия с разломами океанического дна, с которыми континентальные линейменты часто имеют прямую пространственную связь и по которым из недр Земли безусловно составляют в океан громадные массы рудного материала, но лишь незначительная часть задерживается и накапливается в илах, металлоносных рассолах и железо-марганцевых конкрециях.

Индостанская платформа

Индостанская платформа. Уже само ограничение Индостанского клина предопределено линейментами субмеридионального (западное ограничение) и северо-восточного (юго-восточное ограничение) простираций. Дешифрирование космических снимков серии «Ландсэт» (масштаб 1:1 000 000) показало широкое развитие в пределах различных районов Индостанской платформы, например, в пределах кратона Карнатака, линейментов различных порядков и простираций [19]. Сопоставление схемы линейментов и геологического строения региона показало, что на космических снимках четкое отражение получили как продольные линейменты, согласные с простираем складчатых поясов метаморфических пород, так и поперечные (или диагональные). В целом линейментный рисунок Индостанской платформы образован линейментами ортогональной и диагональной систем, вскрываемым и при дешифрировании разномасштабных топографических основ. Характерно, что с простираем космолинейментов совпадают простираия различных типов нарушений земной коры – разломы (Тингини), зоны скалывания (Ингольда) и трещиноватости (Кальяри), которые, по данным Ю.Г. Сафонова, являются одновременно и рудовмещающими зонами.

Анализ топографических основ масштаба 1:5 000 000, 1:15 000 000 и 1:25 000 000 выявил хорошо развитое линейментное поле с четким перекрестным линейментным рисунком, отдельные составляющие которого уверенно маркируются спрямленными долинами рек Инд, Ганг и более мелких, очертаниями океанического берега, простираиями хребтов. Рисунок делимости земной коры, образованный за счет взаимного наложения линейментов ортогональной и диагональной систем, часто приближается к треугольному и отличается ритмичностью с шагом в среднем не превышающим 200-250 км.

Характерной особенностью линейментного поля Индостана является четкое продолжение практически всех крупных континентальных линейментов (Индского, Нармадского, Годаварийского и др.) в батилинейментах дна Аравийского моря и Бенгальского залива, а также значительная пролонгированность его составляющих залива, на смежные регионы Земли. Так, линейменты субширотного простираия прослеживаются далеко на запад (вплоть до Сахарской плиты) и на восток в пределы Индокитая; линейменты северо-западного простираия трассируются вплоть до Балтийского щита (на северо-западе) и Австралийской платформы (на юго-востоке); линейменты северо-восточного простираия, особенно на трассе Индского, следятся далеко на северо-восток в пределы Восточно-Сибирской платформы.

Линейменты субмеридионального простираия на территории собственно Индостанской платформы несколько угнетены, но зато широко развиты по ее западному (Урало-Оманская линейментная система) и восточному (Таймыро-Индостанская линейментная система) ограничениям.

В целом линейментное поле Индостанской платформы свидетельствует об интенсивной глубинной делимости земной коры региона и о широких структурных (глубинных) связях Индостанской платформы, расположенной как бы в центре Восточного полушария Земли, с сопредельными структурами Африки, Евразии и Австралии.

Австралийская платформа

На Австралийской платформе плотность линейментного поля значительна. При этом его основные составляющие представлены линейментами северо-западного и северо-восточного простираций.

Дешифрирование разномасштабных космических снимков отдельных участков Австралии и анализ топографических основ на всю территорию данного континента (масштаб топооснов 1:6 000 000, 1:15 000 000, 1:20 000 000) подтвердили представление о характере линейментной тектоники Австралийской платформы.

Субмеридионально ориентированные линейменты, пересекающие территорию платформы с шагом 100 – 300 км, совпадают с простираем наиболее древних тектонических элементов: восточной границей древней платформы и обрамляющих ее с востока же складчатых систем байкалид, каледонид и герцинид. В пределах собственно древней платформы субмеридиональные простираия линейментов совпадают с аналогичными простираиями основных структурных направлений выступов архейского фундамента, что свидетельствует о древности линейментов субмеридионального простираия. Кстати, и в современном рельефе линейменты субмеридионального простираия выражены наиболее четко, разграничивая пустыни Западной Австралии, низменности Большого Артезианского Бассейна и Нового Южного Уэльса, и складчатую систему Большого Водораздельного хребта (на востоке платформы). Наиболее контрастно линейменты субмеридионального простираия выражены в структурах окружающего Австралию океанического пространства, например, линеймент на меридиане порта Аделаида прослеживается далеко на юг в виде четко выраженного батилинеймента.

Субширотно ориентированные линейменты развиты значительно слабее: наиболее четко они трассируются на границе Большой пустыни Виктории и равнины Налларбор на юге Австралии и на северной границе равнины Нового Южного Уэльса и субширотного «колена» Большого Водораздельного хребта на широте оз. Эйр.

Диагональные линейменты четко выявляются при дешифрировании аэрофото- и космоснимков, а также при анализе топографической основы по спрямленным элементам рельефа: долинам рек, океаническим побережьям, границам равнин и хребтов и т.д. Например, линейменты северо-восточного простираия (40°) совпадают со ступенчатой юго-восточной границей Большой пустыни Виктории, с отдельными спрямленными участками долин многих рек Большого Артезианского Бассейна и Нового Южного Уэльса, например, р. Муррей (в низовьях), Лаклан, Дарлинг, Булл, Куперс-Крик, Дайамантина и других, долины которых диагонально секут субмеридионально ориентированный Большой Водораздельный хребет. Линейменты северо-западного простираия (310°) и ограничивают плато Баркли на севере Австралии, хребты Джордж Гиле, Петерман и другие в центре континента, а также и сам континент – с севера (побережье зал. Карпентария) и с юга (побережье Большого Австралийского залива). Парадоксально, что, не очень ярко прослеживаясь в структурах дна окружающего океанического пространства, линейменты северо-западного простираия как бы «выныривают» на Индостанской платформе, чтобы потом, практически непрерывно, трассироваться через Туркмено-Иранский, Тавро-Кавказский и Карпато-Балканский сегменты альпийского складчатого пояса Евразии вплоть до Балтийского щита Восточно-Европейской платформы.

Взаимное пересечение линейментов северо-восточного и северозападного простираций (с шагом 150–200 км) образует четко выраженную ромбоидальную делимость земной коры Австралийской платформы. В некоторые ромбы делимости «вписываются» отдельные глыбы древних (архейских) пород и разделяющих их зеленокаменных поясов, например, в районе Пилбара Западной Австралии.

Южно-Американская платформа

Южно-Американская платформа, так же как и все предыдущие, имеет интенсивно развитое линейментное поле, образованное в результате взаимного пересечения линейментов ортогонального и диагонального простираций.

Современный структурный план Южно-Американской платформы вполне корректно вписывается в линейментный рисунок, отдельные составляющие которого ограничивают Гвианский, Центрально- и Восточно-Бразильский щиты и разделяющие их синеклизы: Амазонскую (между Гвианским и Центрально-Бразильским щитами), Параны, Сан-Франсиску и Мараньяно (между Центрально- и Восточно-Бразильскими щитами). Основные периоды оживления и активизации линейментного рисунка Южно-Американской платформы могут связываться с опусканиями по флексурно-разрывным ограничениям основных наложенных синеклиз Гвианско-Бразильского щита платформы, происходящими в течение силура – триаса, и с погружениями атлантической периферии платформ в меловом периоде.

Сопоставление линейментного рисунка с геологической структурой платформы показывает, что наиболее древними нарушениями могут быть нарушения времени консолидации Южно-Американской платформы, приходящегося, по данным В.Е. Хаина, на конец протерозоя – начало кембрия, когда субмеридиональные линейменты разграничивали отложения верхнерифейско-нижнепалеозойского комплекса проавандийского прогиба и выступов древнего (дорифейского) фундамента Гвианско-Бразильского щита. Примерно к этому же этапу относится и заложение субширотных линейментов, ограничивавших Амазонский авлакоген, и субмеридиональных линейментов, «расколовших» Центрально-Бразильский щит и предопределивших западную границу синеклиз Мараньяно и Сан-Франсиску.

Проведенное сопоставление подтверждает представление о независимости развития структур Гвианско-Бразильского мегащита и Андийской геосинклинали, так как субширотные и северо-восточные линейменты Южно-Американской платформы, являясь поперечными и диагональными к Андийской системе, четко прослеживаются под ней и находят свое прямое продолжение в структурах дна Тихого океана: например, Амазонский линеймент пролонгируется в линеймент подводного хребта Карнеги, линеймент Неукен в структурах подводного Чилийского хребта и т.д.

3.3. Молодые платформы Евразии

Туранская платформа

Туранская платформа является наиболее интересным объектом Евразии для выявления и изучения линейментного поля. Здесь оно отражает блоковое строение фундамента и проявления в осадочном чехле зон повышенной трещиноватости и дислоцированности.

Наиболее изученным регионом является Амударьинская синеклиза – самая крупная отрицательная структура Туранской плиты. Платформенный чехол синеклизы в региональном плане унаследован от допермского складчатого фундамента, поверхность которого образует систему тектонических ступеней, ограниченных региональными разломами. В свою очередь, эти ступени разделены на отдельные блоки разрывными нарушениями более позднего заложения.

На большей части исследуемой территории смена нисходящих слабо дифференцированных тектонических движений юры, мела, раннего и среднего палеогена произошла в олигоцене и выразилась усилением дифференциации тектонических движений, приведших к общему поднятию территории. Об этом свидетельствуют резкое сокращение мощности отложений олигоцена и соответствующие изменения фациального состава осадков.

В начале следующего неогенового этапа развития большая часть синеклизы, в том числе Бадхызский и Карабильский районы, испытывает относительное погружение, в связи с чем увеличивается мощность неогена. Позднеплиоцен-четвертичное время является структурно- и рельефообразующим этапом неотектонического развития, который характеризуется дифференцированными движениями, интенсивность проявления которых на площади не одинакова.

По характеру распределения элементов и компонентов ландшафта и по их сочетаниям в пределах Амударьинской синеклизы отчетливо выделяются следующие генетические типы рельефа: 1) эрозионно-денудационный (включая преимущественно эрозионный и преимущественно денудационный); 2) аккумулятивно-эрозионный; 3) аккумулятивный.

Каждый тип рельефа соответствует главным морфоструктурам или структурным элементам района: средне- и низогорная область восточных отрогов Копетдага (включая Дузенкырский мыс) и другие участки с выходом на поверхность наиболее древних отложений района – рельеф преимущественно эрозионный; пологохолмистая возвышенность Бадхыз с уплощенными водоразделами и пологими склонами, возвышенность Карабиль – холмогорье; Удаджинская возвышенность, Репетский вал, Каракумское поднятие, в различной степени расчлененные, испытывающие устойчивое поднятие, наиболее интенсивное в четвертичное время – рельеф аккумулятивно-эрозионный. Равнина с эоловой аккумуляцией, включающая сухие дельты, долины рек характеризуется преимущественно аккумулятивным типом рельефа.

Границы между главными морфоструктурами района соответствуют в основном ортогональной системе линейментов, совпадающих с линейными образованиями, находящимися на границах геологических структур. Так, в южной части района (включая Кушкинскую антиклинальную зону) по преобладанию тех или иных элементов рельефа и по их сочетаниям на космических изображениях четко выделяются следующие морфоструктуры, границы между которыми имеют преимущественно ортогональные простирания (рис. 9). Эти структуры включают морфоструктуры или структурные элементы более высоких порядков диагональных простираний.

Наиболее надежными индикаторами линейментов и разрывных нарушений района является погребенная и современная гидрографическая сеть. Так, Амударьинский разлом обуславливает ориентировку и морфологию современной долины р. Амударья; долины рек Мургаб и Теджен выработаны соответственно по зонам Мургабского и Тедженского разломов. Кроме того, индикаторами линейментов или разрывных нарушений неясного генезиса могут быть следующие элементы ландшафта: линейное расположение растительности; резко выраженная смена почвенно-ботанических комплексов; аномальное развитие дефляции и аккумуляции; цепочки мелких барханов, дисгармоничных к окружающему ландшафту; линейная перестройка на направлениях трещин песчаного рельефа; линейно расположенные выступы надповерхностные солончака; линейное распределение на площади или прямолинейные границы различных генетических типов четвертичных отложений и их разновозрастных генераций.

Указанные признаки позволили выявить линейные зоны или линии, соответствующие разрывным нарушениям различных порядков (рис. 10), а также серии линейментов ортогональных и диагональных простираний.

Процессы обновления древних глубинных разломов и образования флексурно-разрывных нарушений в неоген-четвертичное время приводят к созданию достаточно сложного линейментного поля, разноориентированные системы которого тесно связаны между собой. Взаимосвязь систем линейментов обусловлена геодинамическим режимом, который определяет особенности геологического развития территории. Так, для района Амударьинской синеклизы четко выраженные ортогональная и диагональная системы линейментов не могут рассматриваться равнозначными: определяющими (в геологическом развитии) являются линейментные системы северо-западного, субмеридионального и субширотного простираний. Объясняется это, по-видимому, тем, что рассматриваемая территория представляет собой часть сектора, ограниченного с юго-запада и северо-востока крупными разрывными нарушениями северо-западного простирания (Копетдагский и Амударьинский). Правосторонний Копетдагский сдвиг определяет образование структурных элементов ортогональных простираний.

Таким образом, схема линейментов и разрывных нарушений Амударьинской синеклизы, построенная по материалам индикационного дешифрирования космических снимков, почти полностью отражает особенности глубинного строения района, выявленного в результате геолого-

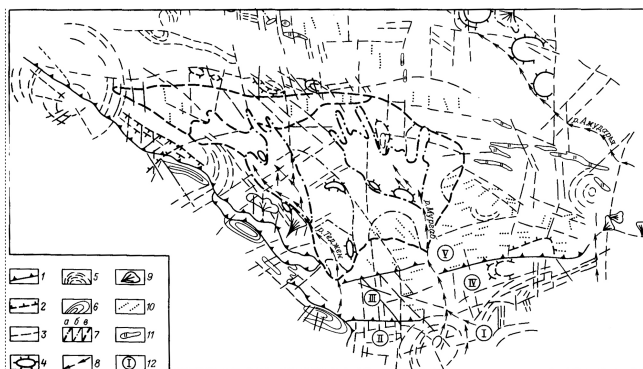


Рис. 9. Структурно-индикационная схема Амударьинской синеклизы (составила Э.Ф. Румянцева).

Структурные линии, соответствующие ступеням рельефа (1 – крупным, 2 – относительно мелким); 3 – структурные линии неясного генезиса, дешифрируемые на космических снимках, 4 – локальные поднятия; 5 – кольцевые структуры неясного генезиса; 6 – маркирующие горизонты; 7 – границы дельт (а – голоценовой, б – позднеплистоцен-раннеголоценовой, в – позднелистоценовой); 8 – русла рек; 9 – конусы выноса рек; 10 – направления песчаных гряд; 11 – солончаки и шоры; 12 – морфоструктуры Бадхыз-Карабильской зоны и прилегающих к ней районов: I – Кушкинская среднегорная область, II – средне- и низогорная область восточных отрогов Копетдага, III – возвышенность Бадхыз, IV – возвышенность Карабиль, V – пролювиальная равнина с эоловой аккумуляцией

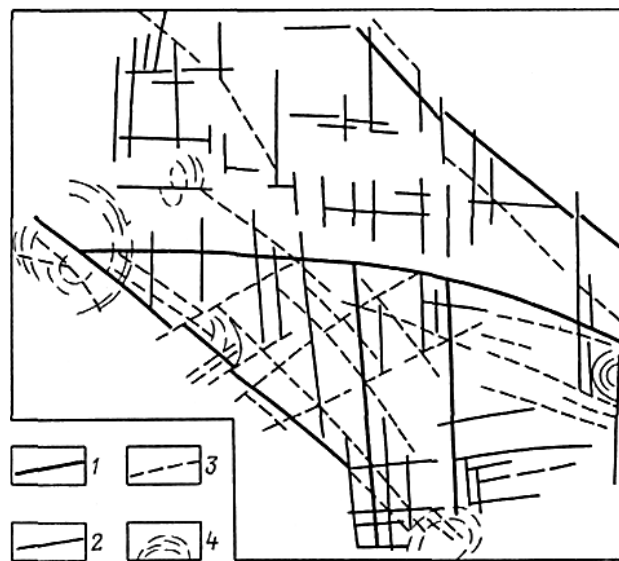


Рис. 10. Схема линейментов и разрывных нарушений Амударьинской синеклизы, дешифрируемых на мелкомасштабных космических снимках (составила Э.Ф. Румянцева). 1 – линейменты, совпадающие с крупными разрывными нарушениями; 2-3 – системы линейментов (2 – ортогональные, 3 – диагональные); 4 – кольцевые структуры

геофизических исследований. По-видимому, это обусловлено главным образом достаточно интенсивными новейшими и современными движениями, а также унаследованным развитием основных структур района в новейшее время. В большинстве случаев линейные элементы ортогональных простираний (по аналогии с установленными ранее разрывными нарушениями этих же простираний) рассматриваются нами как границы неотектонических структур – блоков, имеющих преимущественно близкую к прямоугольной форму.

Система линейментов и тектонических нарушений диагональных простираний отражает структурный план района, формирование которого происходило в разное время: линейменты северо-западного простирания, так же как и известные глубинные разломы – Копетдагский и Амударьинский – являются тектоническими структурами относительно более древнего заложения, в то время как менее крупные линейные структуры северо-восточного (и в меньшей степени северо-западного) простирания отражают в основном проявление дополнительных «наложенных деформаций», возможно, использующих направления более древнего заложения.

Наиболее детально изучены линейментные системы в пределах Бадхыз-Карабильской зоны поднятий и прилегающих к ней территорий. Для этого района авторами проанализированы соотношение систем космо-, морфо-, палео- и геофизических линейментов. Северной границей Бадхыз-Карабильского района является Бадхыз-Карабильский разлом субширотного простирания, вдоль которого в районе Бадхызского поднятия протягивается Курукбелый вал, состоящий из серии антиклинальных складок. На юге зона ограничена Калаиморским прогибом, отделяющим Курукбелый вал от Кушкинской антиклинальной зоны.

Границей между Бадхызским и Карабильским поднятиями служит Мургабский глубинный разлом субмеридионального простирания, западным ограничением Бадхызской зоны является Тедженский глубинный разлом субмеридионального простирания. Результаты структурно-индикационного дешифрирования космических снимков района и морфометрические построения, проведенные авторами, показали, что, помимо указанных структурных элементов, на исследуемой территории широко развиты системы линейментов ортогонального и диагонального простираний, образующие достаточно сложное линейментное поле.

Наиболее четкая ортогональная система линейментов отражает морфологию основных структурных форм, выраженных на поверхности, т.е. морфоструктур, которые различаются по характеру формирования, обусловленному в основном новейшими тектоническими движениями. Поэтому эффективным методом для данной территории является составление карты «зеркала высот» (рис. 11), на которой исключены детали рельефа экзогенного происхождения.

Необходимо отметить, что ортогональная система линейментов, дешифрируемая на космических снимках, на карте «зеркала высот» получила еще более четкое отражение. Это линейменты, проведенные на границах площадей с разреженным и сближенным рисунком морфоизогипс, а также на участках их резкого изгиба или изменения направления; имеют они преимущественно ортогональные простирания. Система линейментов диагональных простираний выражена значительно слабее. При этом линейментная структура, выявленная при дешифрировании космических снимков и морфометрических построениях, почти полностью соответствует структуре на карте, построенной по сейсмическому горизонту палеогена, что, по-видимому, свидетельствует об унаследованном характере неотектонического развития на большей части территории.

Так же, как и для всего района Амударьинской синеклизы, разломные нарушения, входящие в систему ортогональных линейментов, такие, как Тедженский, Мургабский, Бадхыз-Карабильский и Кушкинский, являются границами блоковых форм, определяющих структуру района. Система диагональных линейментов, выраженных на поверхности менее четко, нередко осложняет строение блоков или является границами структур более высоких порядков. Анализ линейментной системы Бадхыз-Карабильского района произведен с помощью комплекса геолого-геофизических данных, отражающих в основном глубинное строение района. С этой целью, по материалам бурения, построена серия палеогеографических схематических карт равных мощностей отложений разного возраста, в том числе: четвертичных, плиоцена, неогена, олигоцена и миоцена, эоцена, палеоцена и мела. Кроме того, составлена схема рельефа допермского фундамента. Палеогеографические схемы использованы для прослеживания временного развития и структурно-тектонического значения линейментов Бадхыз-Карабильского района. Необходимо отметить, что в процессе построений анализировались линейменты, соответствующие: осям прогибов и поднятий, зонам перегибов изогипсов и градиентам. Линейментное поле, полученное в результате вышеуказанных построений, в целом похоже на линейментное поле, выявленное при дешифрировании космических снимков, однако анализ пространственно-временной миграции его чрезвычайно затруднен из-за обилия линий, соответствующих различным структурным элементам, развитие которых прослеживается по времени. Наиболее интересный материал получен при сопоставлении линейментов, соответствующих одинаковым палеоструктурным элементам, например, осевым линиям прогибов (рис. 12, а) и поднятий (рис. 12, б).

Главной особенностью палеоструктур осадочного чехла линейментных полей района является преимущественно диагональное простирание линейментов, отражающих строение поверхности мезозойского фундамента, распределение мощностей отложений основных стратиграфических уровней осадочного чехла и историю развития геологических структур.

В целом осевые линии отрицательных структур района имеют меридиональное, северо-западное и в меньшей степени северо-восточное простирание. Четко унаследованного развития структур не наблюдается; хотя горизонтальные смещения осей прогибов носят скорее колебательный характер (с северо-запада на северо-восток и обратно). Устойчивое прогибание фиксируется в центральной, меридионально вытянутой зоне района, к которой приурочена современная долина реки Мургаб. Интересно, что об унаследованности развития структурного плана района значительно наглядней свидетельствует схема миграции палеолинейментов, соответствующих осям положительных (мезозойских и кайнозойских) структур района. На схеме (см. рис. 12, б) отчетливо видно направление осей и смещение их с юга на север, с запада на восток и севере восток. По-видимому, наиболее интенсивное смещение положительных структур происходит по оси субмеридионального простирания с юга на север, а в целом в кайнозойское время воздымание

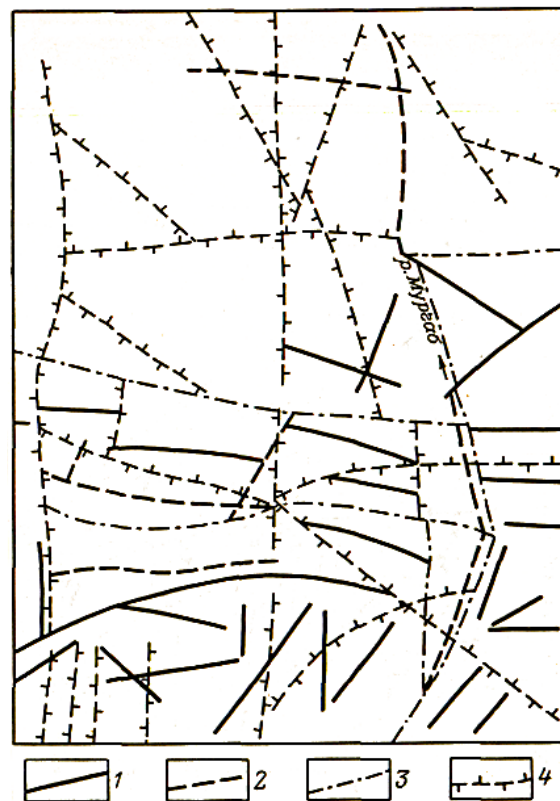


Рис. 11. Система линейментов карты «зеркала высот» Бадхыз-Карабильского района (составила Э.Ф. Румянцева).
1–2 – осевые линии структур (1 – положительных, 2 – отрицательных); 3 – градиенты; 4 – линии резких перегибов морфоизогипс

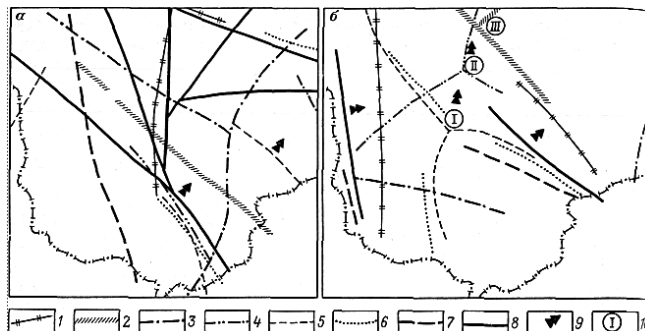


Рис. 12. Схема пространственно-временной миграции линейментного поля Бадхыз-Карабильского района (составила Э.Ф. Румянцева).
1–7 – осевые линии отрицательных (а) и положительных (б) структур (1 – четвертичного периода, 2 – плиоцена, 3 – неогена, 4 – олигоцена и миоцена, 5 – эоцена, 6 – палеоцена, 7 – мела); 8 – осевые линии фундамента отрицательных (а) и положительных (б) структур; 9 – направление миграции осей положительных структур; 10 – основные этапы развития

района распространяется с юга на север и северо-восток.

Попытка построить общие схемы линейментных систем региональных и локальных магнитных и гравиметрических полей показала, что так же, как и для систем палеолинементов, анализ геофизических линейментных полей затруднен из-за обилия линий, соответствующих осям положительных и отрицательных аномалий градиентам и линиям, соответствующим направлениям резких перегибов изоаномал.

Сравнение схемы палеолинементов (см. рис. 12) со схемой линейментов геофизических полей (рис. 13) показало их сходимость. Так, в гравитационном поле района часть линейментов, соответствующих четко выраженным градиентам и резким перегибам изоаномал силы тяжести (см. рис. 13,а), совпадает с наиболее крупными разрывными нарушениями (Мургабский, Бадхызский, Тедженский), другая часть, соответствующая спрямленным границам площадей положительных и отрицательных аномалий, почти полностью повторяет линейментное поле, выявленное в результате геоморфологического дешифрирования космических снимков, и находит отражение на карте «зеркала высот». На рис. 13,а видно, что площади положительных аномалий гравитационного поля района соответствуют приподнятым блокам, которые достаточно четко выявляются при морфометрических построениях (см. рис. 11). Система линейментов магнитного поля, построенная по тому же принципу, что и для гравитационного, достаточно четко делит площадь на отдельные блоки (рис. 13,б), характеризующиеся своеобразными рисунками структурных элементов.

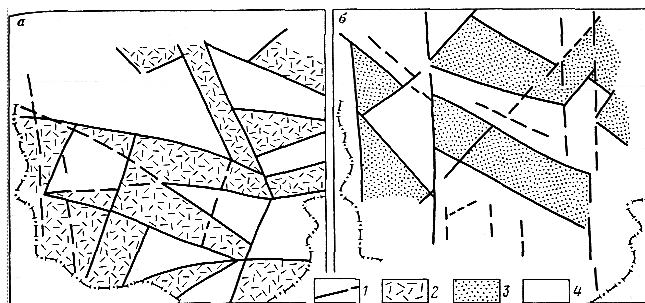


Рис. 13. Система линейментов Бадхыз-Карабульского района локального гравитационного (а) и локального магнитного (б) полей (составила Э.Ф. Румянцев). 1 – линейменты, соответствующие четко выраженным градиентам и резким перегибам изоаномал силы тяжести (а) и магнитного поля (б); 2–3 – площади преимущественно положительных аномалий; 4 – площади преимущественно отрицательных аномалий

По расположению линейментов, соответствующих градиентам поля, можно сделать вывод о том, что Бадхызская зона поднятий имеет сложное строение, а в западной части ее проходит меридиональная зона нарушений, возможно, сбросо-сдвигового характера. Кроме того, отчетливо видно, что «Бадхыз» и «Карабуль» представляют собой два обособленных приподнятых блока, имеющих различный структурный план и разделенных между собой Мургабским разломом.

Сравнение линейментных систем гравитационного и магнитного полей со схемами палеолинементов и линейментных полей района, выявленных по космическим снимкам и с помощью морфометрических построений, показало, что последние, отражая новейший структурный план района и развитие его во времени, соответствуют так же глубинному строению и в целом значительно полнее характеризуют геодинамическое поле района, которое определяется сжатием в меридиональном направлении, и растяжением – в широтном.

Западно-Сибирская плита

В геологическом строении Западно-Сибирской плиты так же как и в строении Туранской плиты, большую и важную роль играют линейментные зоны, протягивающиеся на сотни и тысячи километров и соответствующие, по данным Б.Я. Пономарева [19], зонам глубинных разломов ортогонального и диагонального простираний.

На зимних и летних космических снимках серии «Метеор» четко дешифрируются линейментные зоны субширотного – Салехард-Хантайская, Березовско-Ванаварская и Обская, субмеридионального – Пурско-Гыданская, и северо-восточного – Омско-Игарская, простираний [19].

Линейментные зоны субширотного простирания соответствуют сравнительно молодым разломам, развивавшимся синхронно с формированием юрско-мелового осадочного чехла, а позднее в кайнозое – ограничивавшим блоки, отличавшиеся интенсивностью неотектонических движений, более дифференцированных на юге и менее дифференцированных, преимущественно нисходящих на севере. Кроме того, срединная – Березовско-Ванаварская линейментная зона в период максимального оледенения Западно-Сибирской плиты представляла собой барьер, ограничивавший продвижение ледника в южном направлении.

Пурско-Гыданская линейментная зона является отражением в ландшафте дислокаций Уренгойско-Колтогорского грабен-рифта, выделяемого в фундаменте Западно-Сибирской плиты многими исследователями.

Омско-Игарская линейментная зона [19] северо-восточного простирания на имеющихся тектонических картах не показана, хотя и пересекает всю плиту с юго-запада на северо-восток вплоть до Таймырского полуострова, причем юго-западный отрезок зоны (до р. Вах) отвечает, по данным Б.Я. Пономарева, южной ветви Уренгойско-Колтогорского грабен-рифта.

В целом на территории Западно-Сибирской плиты дешифрируется по космическим снимкам большое количество линейментов преимущественно диагональной системы линейментного поля, часть которых соответствует разломам фундамента.

По возрасту линейменты и линейментные зоны плиты делятся Б.Я. Пономаревым на две группы: древние, заложившиеся на стадии формирования палеозойского фундамента плиты (Пурско-Гыданская линейментная зона субмеридионального простирания и многие линейменты диагональной системы), и молодые, синхронные образованию юрско-мелового осадочного чехла (в основном линейменты и линейментные зоны субширотной ориентировки). На неотектоническом этапе практически все линейменты и линейментные зоны плиты испытали активизацию, что привело к их четкому отражению в элементах рельефа и ландшафта. Благодаря последнему обстоятельству линейменты и линейментные зоны Западно-Сибирской плиты четко дешифрируются не только на космических снимках, но и на разномасштабных топографических основах.

Линейментное поле плиты, выявленное по топоосновам масштаба 1:2 500 000, 1:5 000 000, 1:15 000 000 и 1:25 000 000, в общих чертах линейментного рисунка весьма близко к линейментному полю дешифрированному Б.Я. Пономаревым по космическим снимкам серии «Метеор», но имеет и некоторые особенности. Оно характеризуется, с одной стороны, ритмичным рисунком делимости земной коры со средним шагом делимости по диагональным и субмеридиональным простираниям от 50 до 100 км и резким увеличением шага делимости по субширотным линейментам – до 250–300 км, с другой, – областями отсутствия линейментов, например, Кулундинская степь или Камышловский лог.

Пожалуй, самым резким отличием схемы тополинементов от схемы космолинементов является то, что на первой схеме выявляется не одна, а две протяженные зоны, точнее линейменто-пары северо-восточного простирания (30°). Первая линейменто-пара трассируется с территории Тургайского плато долинами рек Тобола (затем – Иртыша) и Ишима, ограничивая с северо-запада Кокчетавскую возвышенность, затем прослеживается по спрямленным элементам ландшафта через широтный отрезок Оби между пос. Зарям (на западе) и Локосово (на востоке) и уходит далее (северо-восточнее Дудинки и Норильска) на Таймырский полуостров.

Вторая ограничивает Кокчетавскую возвышенность с юго-востока и трассируется от Целинограда – Караганды на юго-западе через Томск – Невальцево (на Оби), Татарское – Верхнеимбатское (на Енисее) до низовьев Котуя, уходя далее на Таймырский полуостров. Ширина первой линейменто-пары достигает 200 км, второй – 150 км, протяженность той и другой превышает 3000 км. Эти линейменто-пары трассируются практически параллельно друг другу на расстоянии примерно 400 км, несколько сходясь (до 250–300 км) на северо-восточном фланге. Кстати, Омско-Игарская линейментная зона, выделенная Б.Я. Пономаревым по космическим снимкам, трассируется практически посередине между описанными выше зонами. Ни одно из этих гигантских образований на имеющихся геологических, тектонических и прочих картах отражения не имеет, хотя протяженность и ширина этих линейментных зон, их четкая выраженность в современном рельефе свидетельствует об отражении ими очень крупных глубинных деформаций земной коры.

Следует отметить, что аномальные линейменто-пары Западно-Сибирской плиты на отрезке между Подкаменной Тунгуской и Енисейским заливом практически под прямым углом пересекаются двумя аномальными линейменто-парами Восточно-Сибирской платформы северо-западного простирания (300°), описанным выше.

Не исключено, что взаимопересекающиеся линейменто-пары молодой Западно-Сибирской плиты и древней Восточно-Сибирской платформы отражают сопряженные системы глубинных нарушений земной коры, глубина заложения и структурное значение которых требует дальнейшего

4. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

4.1. Уральский и Андийский складчатые пояса

Уральский складчатый пояс относится к одной из наиболее детально и всесторонне изученных складчатых систем характеризующейся ярко выраженной линейностью основных структурных зон, ограниченных, как правило, протяженными глубинными разломами, четко отражающимися в магнитном и гравитационном полях. Следует отметить, что ярко выраженная в поверхностной геологической структуре линейная субмеридиональная зональность осложнена поперечными структурными направлениями, секущими Уральский пояс в северо-западном, северо-восточном и субширотном направлениях. Поперечные – антиуральские – структуры представлены, по данным С.И. Стрельникова [19], разрывными нарушениями, поднятиями и прогибами, шовными антиклиналями, зонами воздымания и погружений шарниров продольных складок; к ним (поперечным структурам) приурочены смена фаций и мощностей осадочных отложений, развитие осадочно-вулканогенных и интрузивных формаций, а также различные рудные тела. В геофизических полях поперечные зоны подчеркиваются локальными магнитными и гравитационными аномалиями а в разрезе земной коры они прослеживаются на всех уровнях и в структуре кристаллического фундамента, и в осадочных отложениях палеозойского и более молодых комплексов. Как указывает С.И. Стрельников, ряд протяженных крупных структур северо-западного и широтного направлений протягивается далеко и пределы Урала – на Русскую плиту, в Казахстан и на Западно-Сибирскую плиту.

Дешифрирование космических снимков «Метеор-5, -10, -13, -16, -18» (исходный масштаб 1:7 500 000–1:8 000 000), а также американских спутников серии «ESSA» позволило выявить определенные закономерности распределения линеаментов Уральского складчатого пояса [21]: 1) Наиболее уверенно и четко дешифрируются крупнейшие линеаменты северо-западного и субмеридионального простирания; 2) наиболее четкую постоянную периодичность имеют крупнейшие линеаменты северо-западного простирания; 3) субширотные линеаменты в целом выражены слабее, и также прослеживаются (фрагментарно) на значительные расстояния, особенно на Среднем и на севере Южного Урала.

Среди линеаментов северо-западного простирания наиболее значительными являются (с севера на юг) Собский, Усинский, Печорский, Подчеремский, а также Полудово-Верхотуринский, впадающий с Серовской зоной глубинных разломов и отчетливо трассирующийся по элементам рельефа и гидросети Урала и смежных территорий; в пределах Южного Урала наиболее значительный поперечный линеамент выделяется по линии Юрюзань – Троицк – Кустанай: он соответствует Златоустовской зоне глубинных разломов (по И.С. Огарину) и является юго-восточным окончанием одного из крупнейших линеаментов Восточно-Европейской платформы, протягивающегося через всю Русскую плиту вплоть до Кандалакского залива.

Северо-западные линеаменты имеют ориентировку 320–330° и расстояние (линеаментный шаг) между отдельными линиями до 200 км.

Среди субширотных линеаментов следует назвать очень крупный линеамент, дешифрируемый в южной части Северного Урала по линии Красновишерск-Ивдель и далее на восток в пределы Западно-Сибирской плиты вплоть до южного окончания Северо-Сосьвинской возвышенности: он ориентирован 60–70° и совпадает с Исовским широтным разломом, выделенным ранее по геолого-геофизическим данным. Кроме того, довольно четко трассируются субширотные линеаменты по линии Пермь – Красноуральск, Красноуфимск – Свердловск и др.

Большинство исследователей рассматривают систему широтных линеаментов как наиболее древнюю, играющую важную структурную роль как в формировании структурного плана Урала, так и смежных плит. С группой линеаментов северо-западного простирания, также отражающих древний структурный план, обусловивший поперечную зональность Уральского горно-складчатого сооружения, связывают образование Тиманских структур. Практически полное совпадение палеозойской поперечной зональности Уральского пояса с поперечными линеаменами, дешифрированными на космических снимках, 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 ландшафте как границ этих зон, так и самих зон [19].

По данным дешифрирования космических снимков в Уральском поясе выделяются (с севера на юг) четыре зоны: северная (до 64°с.ш.) – с широким развитием крупных и мелких кольцевых структур; Северного Урала – с четко выраженными меридиональными, северо-западными и субширотными трассами линеаментов; Среднего Урала – со слабо выраженными меридиональными линеаменами и широким развитием субширотных линеаментов, Дуговых и кольцевых элементов; и северной части Южного Урала с четко выраженным полосчатым рисунком, отражающим основные простирания структур Башкирского антиклинория.

Указанное деление Уральского пояса на четыре части (сегмента) в целом отвечает блоковому строению земной коры региона, установленному по геофизическим данным, и подтверждается интенсивностью новейших движений выделенных частей.

Анализ топографической основы (масштаб 1:2 500 000) Уральского пояса практически не противоречит схеме дешифрирования космических снимков, но некоторые особенности линеаментного рисунка имеются.

Так, субширотные линеаменты, уверенно дешифрируемые по космическим снимкам, практически не выделяются с помощью топографических карт. Напротив, линеаменты северо-восточной ориентировки, не нашедшие отражения в приведенной выше схеме С.И. Стрельникова, выделяются по топооснове. Более четко с нашей точки зрения, проявлены линеаменты меридионального простирания, особенно – на западном склоне Урала, где короткие (до 50 км) линеаменты концентрируются в Западноуральскую линеаментную зону (с шагом до 25 км).

В целом, по данным анализа топоосновы, для Уральского пояса характерно (простирание 310–320 и 30–40°) преобладание диагональных линеаментов, вследствие чего делимость земной коры пояса приобретает ромбовидный облик со средним расстоянием между сторонами ромба 75–100 км.

Следует особо отметить активность проявления линеаментного рисунка Уральского пояса в элементах рельефа и ландшафта: речные долины самых разных порядков с удивительным постоянством (и в горной Уральской части и в смежных равнинных частях Русской и Западно-Сибирской плит) приурочиваются к трассам линеаментов.

Складчатый пояс Южно-Американских Кордильер (Анд) – протяженностью более 9 тыс. км по прямой (от озера Никарагуа – на севере, до мыса Горн – на юге) и шириной в среднем до 500 км, представляет собой молодое (альпийское) складчатое сооружение⁷, расположенное между молодой впадиной Тихого океана и древней Южно-Американской платформой. По простиранию складчатого пояса Анд выделяются Северные (Карибские), Центральные и Южные (Патагонские) Анды, характеризующиеся, по данным В.Е. Хаина, относительной простотой альпийского структурного комплекса, хотя в зонах крупных региональных разломов, очевидно, глубинного типа, интенсивность деформаций значительно повышается, вплоть до появления изоклинально-чешуйчатой структуры. Особо следует отметить процесс поглощения западной окраины геосинклинального пояса впадиной Тихого океана, происходивший в основном в течение кайнозоя и отчасти продолжающийся и в современную эпоху, сопровождаемая катастрофическими землетрясениями. Непосредственным указанием на океаническое поглощение западной части Андийского пояса наблюдающееся продолжение континентальных элементов, Западной Кордильеры Колумбии и Эквадора, в прибрежной зоне и в полосе шельфа.

Схема линеаментной тектоники Андийского складчатого пояса, ставленная по топографической основе и батиметрической карте сопредельной акватории Тихого океана (м-б 1:2 000 000) демонстрирует развитие линеаментов субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания. Линеаменты субширотного простирания практически отсутствуют; что, вероятно, связано с небольшой шириной складчатого пояса, хотя, с другой стороны, аналогичные простирания не отмечены и в смежных с поясом древней Южно-Американской платформе и молодой Тихоокеанской впадине.

Нельзя не отметить ярко выраженную приуроченность очертаний, точнее – изломов пояса к линеаменам меридионального простирания – Южные (Патагонский) и Центральные Анды (на отрезке между 55° и 18°ю.ш.); северо-западного (300°) простирания – на отрезке между 18° и 15°ю.ш.; северо-северо-западного (330°) – Перуанские Анды на отрезке между 15° и 10°ю.ш.; северо-восточного (40°) – Эквадорские и Колумбийские Анды на отрезке между 0° и 10°с.ш.; и снова северо-западного (300°) – в Андах Никарагуа.

Следующей характерной чертой линеаментного рисунка Андийского пояса является концентрация линеаментов меридионального простирания в Чилийских и Аргентинских Андах: эти линеаменты отделены друг от друга средним шагом в 150–200 км и образуют мощную, четко выраженную зону, прослеживающуюся далеко на юг (через пролив Дрейка в пределы Антарктиды) и на север (пересекая по меридиональной оси Верхне-Амазонскую

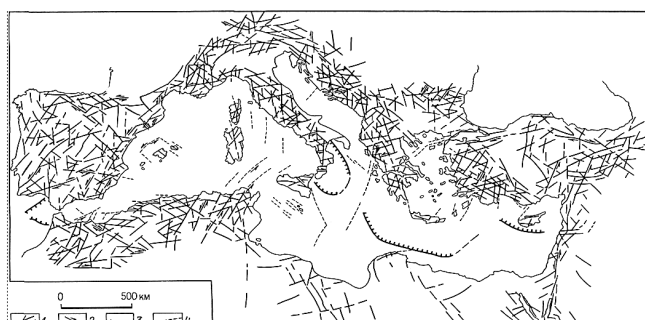
Еще более четкое продолжение в структурах океанического дна находят линейменты антиандийской диагональной ориентировки – северо-восточного и северо-западного простираний. Так, например, линейменто-пары северо-восточного простирания секут вкрест простирания Перуанские Анды (простирающиеся на северо-запад и северо-северо-запад) и ограничивают подводный хребет Наска, а еще более гигантская Южно-Патагонская линейменто-пара северо-западного простирания также вкрест простирания счет южное окончание Южных (Патагонских) Анд и ограничивает подводное Чилийское поднятие в Тихом океане и поднятие Фолклендских (Мальвинских) островов в Атлантическом океане.

Несмотря на узость складчатого пояса Анд, линейamentный рисунок земной коры этого региона отражает широко распространенные типы делимости – ромбовидную, параллелограмм например, в параллелограмм (длина граней северо-западного простирания – 400 км, северо-восточного – 200 км) – вписывается Северо-Патагонский массив.

С размером шага между линеаментами и их системами прямо коррелирует и размер форм делимости: если Северо-Патагонский массив оконтурен линеаментами с «малым» шагом, то севере. восточная часть Перуанской котловины ограничена батилинеаментами северо-западного простирания – около 1500 км, северо-восточного – около 1000 км, а весь гигантский Южно-Американский блок (параллелограмм), включающий в себя собственно Южно-Американский континент и примыкающие к нему с юго-запада Перуанскую и Чилийскую океанические котловины, ограничен с северо-запада, северо-востока, юго-востока и юго-запада трассами гигантских линеаментов, в основном, переходного (т.е. в зоне сочленения или перехода континент – океан) типа и имеет, соответственно, расстояния 4500 км и 6000 км.

4.2. Средиземноморский горно-складчатый пояс

Несмотря на то, что Средиземноморский складчатый пояс достаточно хорошо с разносторонне изучен исследованиями Э. Зюсса, Г. Шпилле, С. Бубнова, П. Фурмире, Р. Трюмпи, Э. Обуэна, В.Е. Хаина, П.Н. Кропоткина, Г.А. Твалчредидзе, Д.П. Резвого, Ю.В. Чудинова, Е.В. Артюшкова, А.Л. Яншина, В.В. Белоусова, Е.Е. Милановского, Н.С. Шатского, А.А. Богданова, Н.В. Короновского, Ю.К. Щукина и многих других зарубежных и советских ученых, несмотря на то, что именно на территории Средиземноморского пояса были проведены сейсмотектонические исследования Э. Зюсса, предваившие открытие линейаментов, собственно линейаментная тектоника этого пояса долгое время практически не разрабатывалась⁶.



1 – упрощенная сеть основных линейментов; 2 – возможные направления сдвигов; 3 – дуговые
линеаменты; 4 – направления линеаментов дна Средиземного моря

Средиземноморский горно-складчатый пояс, западная часть которого сформировалась на складчатом основании палеозойской геосинклинальной системы, а восточная (Загрос – Каракорум – Гималаи) – на древней платформе, испытавшей в неогене орогенный этап развития, в настоящее время образован серийю мегантиклинорий, сложенных многочисленными положительными – антиклинальными, и отрицательными – синклинальными структурами различного ранга – от региональных, достигающих в размере сотен километров, до локальных – размером в первые метры или десятки метров. Складчатая структура пояса интенсивно нарушена многочисленными дизъюнктивными нарушениями – трещинами и зонами трещиноватости, разрывами и зонами концентрации разрывов, разломами – различающимися временем образования и длительностью развития, глубиной заложения и шириной зоны влияния, амплитудой и кинематикой перемещения и т.д. и т.п. (рис. 14).

Таблица 3.

Фрагменты пояса	Ортогональные				Диагональные			
	Субмеридиональные МГ С		Субширотные МГ С		Северо-западные МГ С		Северо-восточные МГ С	
Карпатский	(I) ⁹ Западно-Паннонский – – –		(XII) Мукачево-Сорочинский + – –		(XVIII) Вена-Белградский – – –		(XXIII) Вена-Варшавский + + –	
	(II) Клуж-Самбор-Брестский + – –		(XIII) Клуж-Одесский + – –		(XIX) Острава-Бурский – – –		(XXIV) Брно-Брестский + + –	
	(III) Буззу-Бродский + – –				(XX) Варшава-Констанцкий + – –		(XXXV) Мукачево-Ровненский + – –	
	(IV) Констанца-Винницкий – + –						(XXVI) Клуж-Курский + + –	
	(V) Одесса-Белоцерковский + + –						(XXVII) Крайова-Тираспольский + + –	
Крымский	(VI) Западно-Крымский + + +		(XIV) Каркинитско-Сивашский + + –				(XXVIII) Азово-Среднеуральский + + –	
	(VII) Центральнo-Крымский – – +		(XV) Луккульско-Каменский – – –				(XXIX) Бахчисарай-Нижегорский – – –	
	(VIII) Восточно-Крымский + – –							

Кавказский	(IX) Восточно-Черноморский	+ + +	(XVI) Таманско-Апшеронский	+ + +	(XXI) Керчь-Кутаисский	+ + +	(XXX) Сочи-Ставропольский	+ - +
	(X) Централь-Кавказский	+ - -	(XVII) Понтийско-Эльбурсский	- - +	(XXII) Махачкала-Сумгаитский	+ - -	(XXXI) Понтийско-Кизлярский	+ + +
	(XI) Западно-Каспийский	- + +					(XXXII) Ван-Аграханский	+ - -
							(XXXIII) Пальмиро-Апшеронский	- + +
							(XXXIV) Решт-Аральский	- + +

Линеаменты продольной системы ориентированы согласно основным простираниям региональных структур складчатого пояса и наиболее ярко прослеживаются на границе пояса и смежных платформ, например, Предкопетдагский линеамент, но могут трассироваться и внутри горно-складчатого пояса, отражая процессы продольной деструкции внутри собственно пояса, например Понтийско-Эльбурская линеаментная зона внутри Кавказского фрагмента пояса.

Линеаменты поперечной системы трассируются под углом близким 90°, т.е. практически перпендикулярно к простиранию региональных структур пояса: как правило, линеаменты данной системы не ограничиваются границами пояса, а пролонгируются далеко в «тело» смежной платформы, например, Централь-Крымская или Централь-Кавказская линеаментные зоны.

Линеаменты диагональной системы рассекают региональные структуры пояса и смежных платформ под косым – острым или тупым углом по отношению к линии их сочленения и также трассируются далеко на территории платформ, являясь часто не только и не столько региональными, сколько трансрегиональными. например, Централь-Кавказская линеаментная зона, протягивающаяся не только через всю ширину Кавказского фрагмента Средиземноморского пояса, но и через всю смежную Восточно-Европейскую платформу вплоть до п-ова Канин, почему в целом она может именоваться более широко – Транскавказско-Канинской.

В настоящей работе линеаментная тектоника Средиземноморского пояса рассмотрена на примере Балканского, Карпатского, Крымско-Кавказского и Копетдагского фрагментов этого региона.

Для составления схемы линеаментной тектоники отдельных фрагментов Средиземноморского складчатого пояса и всего пояса в целом авторами были учтены результаты дешифрирования космических снимков названных выше исследователей и произведено самостоятельное дешифрирование разномасштабных космических снимков и анализ топографических основ.

Балканский фрагмент. Линеаменты и их системы собственно Балкан отдешифрированы по монтажу космических снимков (фотопортрет Европы, 1:10 000 000) и по топографической карте Европы (1:10 000 000). Затем проведено сопоставление космо- и тополинеаментов с линейными образованиями, выявленными по геологической и тектонической картам Европы (обе м-ба 1:10 000 000), и со схемой поверхности Мохоровичича, составленной по опубликованным материалам. Полученная схема линеаментной тектоники региона (рис. 15) скоррелирована с данными дешифрирования космических снимков [46], сейсмичности и геодинамики.

В итоге схема линеаментной тектоники Балканского региона убедительно демонстрирует, что земная кора региона деструктивна многочисленными скрытыми нарушениями, прекрасно отраженными протяженными прямолинейными элементами рельефа, геологической структурой, сейсмического и других геофизических полей, и практически не зафиксированными геологической съемкой разрывами. Наибольшей плотностью обладает линеаментное поле, выявленное по топографическим данным, наименьшей – снятое с тектонической карты; промежуточные положения занимают поля, определяемые при дешифрировании космических снимков и анализе геологической карты. Независимо от исходных данных (материалов дешифрирования) линеаментное поле Балкан дискретно и по проявлению линеаментов на трассах их простираний и по сгущению, линеаментов близких простираний.

Каркас линеаментного поля региона образован линеаментами ортогональной и диагональной систем и линеаментами промежуточных простираний. Линеаментный рисунок Балкан, в силу дискретности появления линеаментов на поверхности Земли, сложен и неоднозначен. При дешифрировании различных исходных данных четко выявляются две разновидности линеаментов:

- 1) трансрегиональные – устойчиво прослеживающиеся по всем материалам;
- 2) внутрирегиональные – «мерцающие», прослеживаемые по отдельным материалам дешифрирования.

По расположению линеаментов и их систем по отношению к основным элементам рельефа (дугам горных хребтов, границам континентальных и морских впадин) и геологической структуры (простиранию складчатых поясов и границе последних, например, с Восточно-Европейской платформой, Мизийской плитой, Паннонской впадиной) четко выделяются линеаменты продольные, поперечные и диагональные, причем их простирания, в связи с изгибом региональных складчатых дуг, могут меняться до прямо противоположных. Наиболее ярко выражены линеаменты граничные.

Линеаментное поле региона четко коррелируется:

- с основными морфоструктурными элементами, прямо контролируя прямолинейные очертания Черного, Эгейского и Адриатического морей, озера Балатон, заложение многочисленных проливов (Дарданеллы и др.) и долин крупнейших водных артерий (Днестр, Дунай и пр.);
- с основными геоструктурными единицами;
- с глубинным строением Балкан, находя прямое отражение в деформациях рельефа поверхности Мохоро (рис. 16), в районировании территории по толщине коры и часто совпадая с глубинными разломами, выделенными по геофизическим данным.

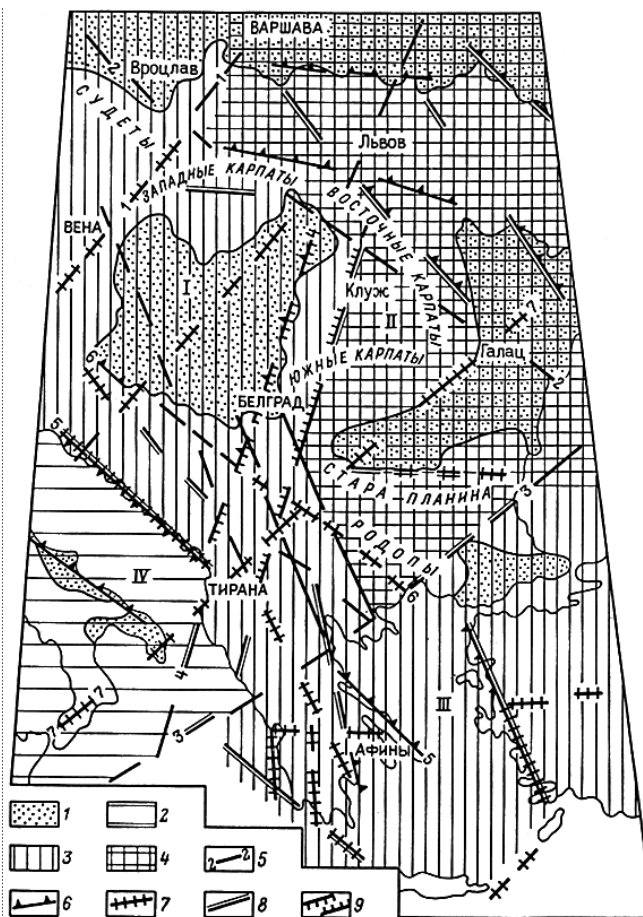


Рис. 15. Схема линеаментной тектоники Карпато-Балканского региона (составил А.И. Полетаев). 1 – впадины современного рельефа; 2–4 – глубины залегания поверхности Мохоровичича (2 – 15–45 км, 3 – 25–45 км, 4 – 25–65 км); 5–8 – линеаменты; 9 – выделенные по комплексу данных, 6 – выраженные в интенсивных градиентах рельефа, 7 – отраженные в сейсмичности, 8 – разделяющие блоки с разной глубиной поверхности Мохоровичича (I – Паннонско-Судетский, II – Карпато-Подольский, III – Мизийско-Родопский, IV – Адриатический); 9 – Тирано-Минская линеаментная зона. Линеаменты: 1 – Вена-Варшавский, 2 – Вроцлав-Галацкий, 3 – Леккас-Халкидики-Тунджа, 4 – Тирана-Львовский, 5 – Истрия-Эвбейский, 6 – Сава-Родопский, 7 – Скутари-Печ-Вранча

Наиболее «ощутимыми» в глубинной структуре линейментами, ярко выраженными по всем материалам, являются Драва-Босфорский линеймент, разделяющий блоки с разной толщиной коры, и мощная зона северо-восточного простираия по линии Тирана – Белград – Львов – Минск, отсекающая с запада Южные Карпаты, разделяющая дуги Западных и Восточных Карпат и совпадающая на юго-западном фланге (Тирана – Белград) с зоной глубинного разлома. Три линеймента: северо-западный Драва-Босфорский, субмеридиональный Тирана – Белград – Львов – Минск и северо-восточный Вена-Варшавский ограничивают Паннонскую впадину, отвечающую в глубинной структуре блоку с «тонкой» корой. В целом же Драва-Босфорский и Тирана-Минский линейменты делят некий регион на четыре симметрично расположенных блока: северо-западный Паннонско-Судетский и юго-западный Мизийско-Родопский – с «тонкой» корой; северо-восточный Карпато-Подольский и юго-западный Адриатический – с «толстой» корой. Столь же ярко и убедительно линейментное поле региона находит подтверждение в тепловом поле, современных движениях и сейсмичности региона.

Кинематика линейментов, возраст и глубина заложения отражаемых ими глубинных неоднородностей весьма проблематична. Вдоль зон отдельных линейментов могут наблюдаться прямо противоположные смещения: например, для линейментов Яблонницкой системы (Шкодра-Одесса) характерно левосдвиговое смещение северо-восточном и правосдвиговое – на юго-западном флангах. Наиболее древними представляются направления субмеридиональные что подчеркивается утолщениями раннепротерозойской коры, например по линии Афины – Львов. В целом можно полагать, что линейментный каркас, как каркас отражения глубинных неоднородностей земной коры и верхней мантии, имеет древнее происхождение связанное с растрескиванием первичной коры, но испытывал перманентное омоложение. В новейшее время наибольшую активизацию испытали линейменты диагональной системы, северо-восточные и северо-западные, составляющие которой интенсивно выражены в современном рельефе.

Резюмируя, можно заключить, что:

1. линейментная тектоника Балканского региона детерминирована сочетанием ортогональной и диагональной систем линейментов, определяющих разломно-блоковую модель земной коры;
2. высокая плотность линейментного поля региона косвенно указывает на интенсивные пластические деформации глубинных ячеек земной коры и верхней мантии, реализующиеся интенсивными хрупкими дислокациями верхних горизонтов земной коры, упорядоченными в ромбическую решетку.

Карпатский фрагмент. По совокупности результатов дешифрирования космических снимков и анализа топографических карт на территории Карпатского региона выделены и протрассированы как отдельные линейменты, так и линейментные зоны ортогонального (субширотного и субмеридионального) и диагонального (северо-западного и северо-восточного) простираия, являющиеся в зависимости от пространственного соотношения с простираием структур Карпатской дуги, продольными, поперечными и Диагональными (рис. 17).

Субмеридиональные линейментные зоны – Западно-Паннонская Клуз-Самбор-Брестская, Буззу-Бродская, Констанца-Винницкая Одесса-Белоцерковская – протяженные (от 250 км до 625 км) широкие (от 5–25 км до 50–100 км), отражающиеся во всех глубинных срезах земной коры вплоть до поверхности Мохоровичича, четко выраженные в рельефе земной поверхности и на космических снимках и подтвержденные различными геологическими и геофизическими данными.

Субширотные линейментные зоны – Мукачешо-Сорочинская и Клуз-Одесская – протяженностью 625 км, шириной 5 и 25 км, отражаются в рельефе поверхности Мохоровичича, четко выражены на космических снимках и топографических материалах, подтверждаются геологическими и геофизическими данными и имеют предположительно левосдвиговую кинематическую характеристику.

Северо-западная линейментная зона – Перемышль-Одесская протяженностью свыше 750 км, шириной 45 км, отражена в рельефе поверхности Мохоровичича, четко выражена на космических снимках и в рельефе, и также имеет предположительно левосдвиговую кинематику.

Северо-восточные линейментные зоны – Вена-Варшавская, Брно-Брестская, Мукачешо-Ровненская, Клуз-Курская, Крайова-Тираспольская – достигающие 625–750 км в длину, 25–50 км в ширину, с разной степенью отражены в рельефе поверхности Мохоровичича, выражены на космических снимках и в рельефе и часто имеют (Брно-Брестская, Клуз-Курская, Крайова-Тираспольская) правосдвиговую кинематическую характеристику.

Крымский фрагмент. Характерной чертой Крымского фрагмента являются три горные гряды-куэсты, понижающиеся с юга на север от 1200–1500 м до 200–400 м и сложенные, соответственно, юрскими, мел-палеогеновыми и неогеновыми отложениями.

Горный Крым представляет собой северную часть (или крыло) крупного сводового поднятия (мегантуклинория), южная часть которого по системе субширотных нарушений опущена под уровень Черного моря.

Складчатый фундамент Горного Крыма образован терригенными флишными, реже вулканогенными образованиями среднего триаса – средней юры. Выше с угловым несогласием залегают слабо дислоцированные мощные карбонатные и терригенные отложения позднеюрского возраста. Моноклинально залегающие карбонатные и терригенные толщи мела, палеогена и неогена образуют верхний структурный этаж мегантуклинория Горного Крыма.

В целом для структуры Горного Крыма характерно региональное субширотное простираие на отрезке Симферополь – Керчь и северо-восточное – на отрезке Севастополь – Симферополь уменьшение степени дислоцированности горных пород снизу вверх по разрезу – от интенсивно дислоцированных песчано-глинистых сланцев таурической серии до моноклинально (почти горизонтально) залегающих известняков неогена; интенсивная дизъюнктивная тектоника разного масштаба, времени образования, развития, омоложения и глубины проникновения, что подтверждается:

- а) многочисленными следами перемещения слоев горных пород в виде так называемых «зеркал скольжения», фиксируемых практически по всему разрезу пород;
- б) различными современными дислокациями, часть из которых диагностируется, по данным П.Н. Николаева как сейсмодислокации, что указывает на продолжающийся процесс деформации земной коры Горного Крыма и разрывообразования;
- в) многочисленными линейментами и их зонами (системами), являющимися не только «поверхностными» следами имеющихся «глубинных» нарушений, но и, частично, «линиями» или «зонами» подготовки будущих нарушений земной коры.

На среднемасштабном космическом снимке Крымского полуострова (рис. 18) Горный Крым дешифрируется четко, благодаря темному фототону,

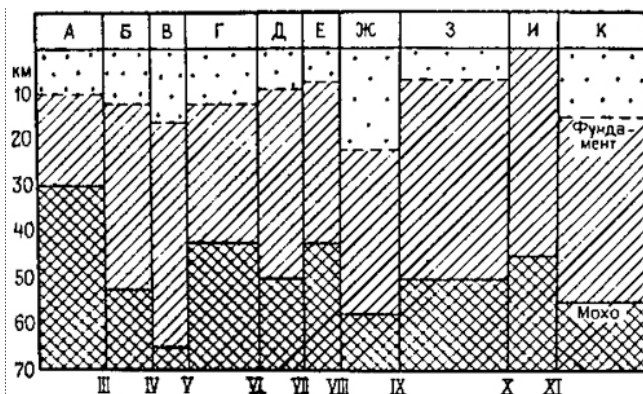


Рис. 16. Отражение линейментных зон Юга СССР в глубинной структуре земной коры (составил А.И. Полетаев) А – Паннонская впадина, Б – Карпаты, В – Предкарпатский прогиб, Г – юго-западный склон Восточно-Европейской платформы, Д – Западный Крым, Е – Центральный Крым, Ж – Восточный Крым, З – северо-запад Большого Кавказа, И – Центральный Кавказ, К – юго-восток Большого Кавказа. Номера линейментов соответствуют номерам линейментов в табл. 3 и рис. 17.

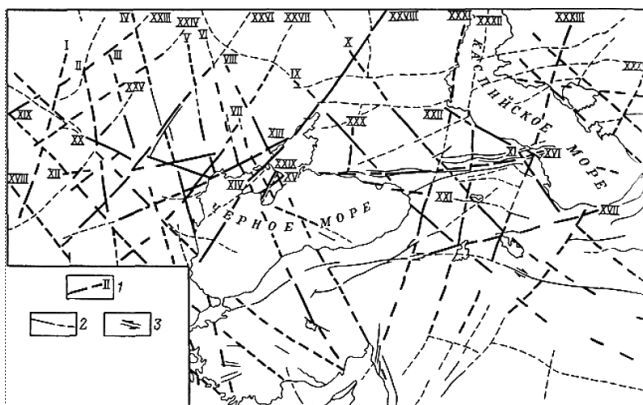


Рис. 17. Схема расположения основных линейментов альпийского обрамления Восточно-Европейской платформы (составил А.И. Полетаев). 1 – линейменты и их номера (см. табл. 3); 2 – разрывы; 3 – направления смещений

образующемуся за счет залесенности, и интенсивной эрозионной сети, ориентированной, как и на Карпатах, вкрест простирания основных структур – долин рек Бельбек, Салгир, Карасу и других.

В результате дешифрирования космического снимка выявлено множество линеаментов самой разнообразной ориентировки и кольцевые структуры – Евпаторийская, Джанкойская, Белогорская, Симферопольская, Феодосийская.

Основная масса линеаментов дешифрируется благодаря спрямленным береговым линиям (например, Каркинитско-Сивашский, Луккульско-Каменский и др.), аномальным ориентировкам овражной сети (Евпаторийско-Криворожский и др.) и спрямленных долин рек (Судакский и др.), межгрядовым понижениям рельефа (Бахчисарайско-Нижнегорский и др.) или по комплексу (Центрально-Крымский линеамент) признаков.

Собственно горно-складчатое сооружение Крыма ограничено двумя крупными линеаментами – Луккульско-Каменским с севера и Бахчисарайско-Нижнегорским – с северо-востока.

Отдельные линеаменты, рассекающие Крымский фрагмент Средиземноморского пояса концентрируются в линеаментные зоны субмеридионального простирания – Западно-, Центрально- и Восточно-Крымскую – протяженностью до 150 км, шириной до 25 км, отраженные в рельефе поверхности Мохоровичича (см. рис. 16) резкими понижениями до 50 (Западно-Крымская зона) и 60 км (Восточно-Крымская) и горстообразным воздыманием до 40 км (Центрально-Крымская зона), выраженными на космических снимках и в рельефе и подтвержденными различными геофизическими материалами.

Центрально-Крымская линеаментная зона (см. рис. 17) субмеридионального простирания протягивается по меридиану Алушта-Симферополь и далее на север, разделяя Горный Крым и равнинные пространства Скифской плиты на западную, относительно приподнятую, и восточную – относительно опущенную части. К Центрально-Крымской линеаментной зоне приурочены региональный излом простирания Горного Крыма в районе Симферополя, Симферопольское поднятие, раннемеловой Салгирский грабен, выходы среднеюрских магматических пород, повышенная концентрация трещиноватости и развитие обвалов на западном склоне г. Южная Демерджи; максимум плотности эпицентров землетрясений Крымского континентального склона также находится на трассе этой крупной линеаментной зоны, еще раз подчеркивая значительную – и во времени и в пространстве – геодинамическую подвижность зоны.

Бахчисарайско-Нижнегорский линеамент северо-восточного простирания является, по данным Я.Г. Каца и др. [7], «отражением глубинного разлома», обрывающего «распространение рифейских образований фундамента к северу», контролирующего, вероятно, заложение погребенного Битакско-Бахчисарайского прогиба, заполненного глинистыми толщами юры, и линейное расположение глыб палеозойских известняков в толще меловых пород в районе Симферополя.

На продолжении линеамента в акватории Азовского моря намечаются «цепочки положительных гравитационных аномалий» северо-восточного простирания, а еще дальше в северо-восточном направлении прослеживается региональная Азовско-Свердловская зона затуханий сейсмических колебаний, выделенная Ю.К. Щукиным и И.В. Ананьиним в 1973 г.

В целом ортогональные и диагональные составляющие линеаментного рисунка Горного Крыма и Скифской плиты отражают структурные направления разного возраста заложения. Меридиональные линеаментные зоны представляют собой реликты, быть может, омоложенные на орогенном этапе, наиболее древнего – раннепротерозойского структурного плана [7], северо-восточные – байкальского и герцинского.

Линеаментный рисунок земной коры Крымского фрагмента принципиально отличается от структурного рисунка имеющихся тектонических карт и схем, составленных с помощью традиционных геологических и геофизических методов, и демонстрирует интенсивное дробление региона на отдельные блоки, мозаика и контактные взаимоотношения которых несомненно влияют на современную геодинамику собственно Горного Крыма и Крымского фрагмента в целом.

Кавказский фрагмент. Северо-западное Предкавказье. Исследуемый район включает западное окончание Кавказского мегантиклинория, Западно-Кубанский краевой предгорный прогиб и Таманский полуостров, расположенный в пределах Керченско-Таманского периклинального прогиба. Границы перечисленных геоструктур совпадают с наиболее крупными глубинными разломами района – Ахтырским и Джигинским.

Западное окончание Большого Кавказа сложено образованиями юры, мела, палеогена и молассовыми формациями, олигоцен – миоцена. Поднятие Северо-Западного Кавказа в неотектоническом отношении представляет собой антиклиналь сундучной формы с широкой сводовой частью и относительно крутыми крыльями, обращенными к Западно-Кубанскому прогибу и Черноморской впадине.

Западно-Кубанский прогиб представляет собой крупную депрессию, длина которой достигает 200 км, ширина 100 км. По геофизическим данным, в осевой части прогиба фундамент опущен до глубины 12–13 км. Прогиб резко асимметричен; южный борт – крутой, северный – пологий. Борты прогиба осложнены зонами разрывных нарушений. Наиболее крупными нарушениями южного борта является Ахтырский региональный разлом. К северному борту прогиба приурочена Новотитаровская зона разрывных дислокаций. Крупным тектоническим элементом прогиба является Анастасиевско-Краснодарская антиклинальная зона с линейными и брахиформными складками диапирового строения, имеющая в целом широтное простирание. В строении прогиба принимают участие мезозойские и кайнозойские комплексы осадочных пород. Между комплексами и внутри них наблюдается несоответствие структурных планов. Территория Западно-Кубанского прогиба в целом испытывает погружение.

На мелкомасштабных космических снимках западное окончание Большого Кавказа представляет собой темно-серую, почти черную, расширяющуюся к востоку полосу, окаймленную более светлыми участками, имеющими различные текстурные признаки фотонизображения. Относительно отчетливо дешифрируются линии наиболее крупных водоразделов, русла рек и гряды, образованные выходами коренных пород верхнего мела, палеогена и неогена.

Дешифрирование структурных особенностей района вызывает большие затруднения, обусловленные плохой обнаженностью. Так, линеаменты и линеаментные зоны образуют на космических изображениях густую разнонаправленную, взаимно пересекающуюся сеть, отражающую, главным образом, особенности современного ландшафтного облика местности. Только незначительная часть выделенных на космических снимках линеаментов, совпадает с участками тектонических нарушений установленных ранее. Большая часть разрывных нарушений, картируемых на основании геологических и геофизических данных, на космических снимках по фототону и текстуре фотонизображения не дешифрируются. Вместе с тем, на космических снимках видны некоторые линеаменты, выраженные изменениями направлений русел или временных потоков, системой коленообразных изгибов русел, структурными ступенями в рельефе линейной группировкой ландшафтных индикаторов и др.

Выяснение дешифровочных признаков линеаментов Северо-Западного Предкавказья потребовало анализа элементов и компонентов ландшафта,

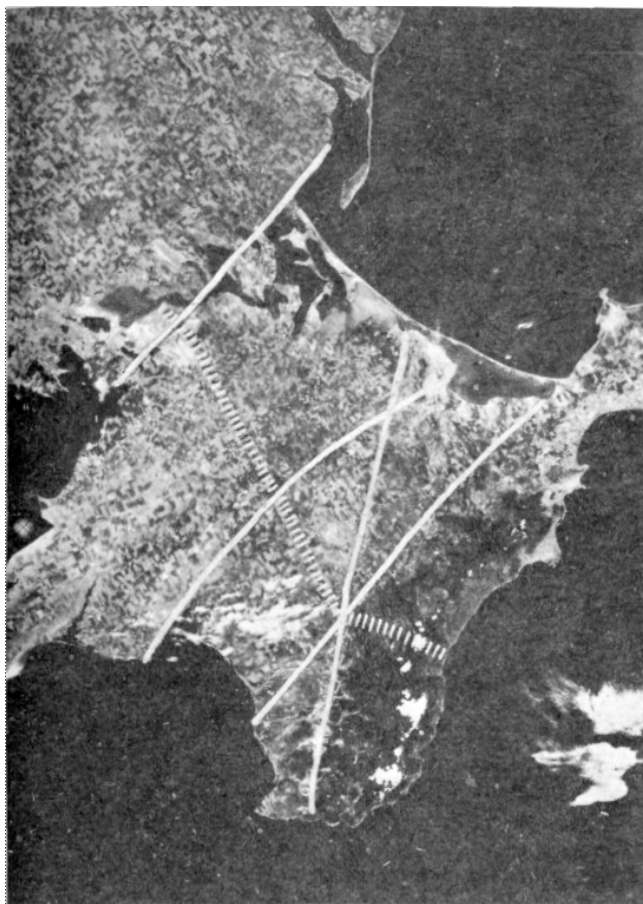


Рис. 18. Космический снимок Крымского полуострова, полученный с орбитальной станции «Салют-М», лето 1975 (основные линеаменты отмечены белыми линиями) сотрудниками Лаборатории космической геологии МГУ)

определяющих фототон и текстуру фотоизображения. При этом наибольшее количество информации получено путем построения ландшафтно-индикационных схем, с последующей их структурно-геологической интерпретацией.

Схемы структурно-геологической интерпретации содержат информацию, которая в основном дополняет или уточняет существующие в настоящее время структурно-геологические построения.

Так, по характеру распределения элементов и компонентов ландшафта и их особенностям в пределах района на космических снимках выделяются крупные природно-территориальные комплексы, которым соответствуют определенные типы рельефа.

Сравнение схем индикационного дешифрирования с геологическими и тектоническими картами исследуемого района показало, что границы природно-территориальных комплексов наиболее высокого ранга проходят вдоль известных наиболее крупных региональных разломов и совпадают с границами крупных геологических структур (рис. 19). Характерно, что элементы ландшафта каждого комплекса отражают различие между наиболее крупными геоструктурными зонами, однако в отдельных случаях площадные и линейные группировки геоморфологических, гидрогеологических и ботанических индикаторов различных природных комплексов выявляют общие черты их неотектонического развития.

Например, на территории Западно-Кубанской впадины, в приазовской части дельты р. Кубань (ПТК-I) и в зоне альпийской складчатости Большого Кавказа (ПТК-II) картируется единый линеймент А-А северо-восточного простирания. В пределах впадины к западу от линеймента располагаются низменные плоские участки дельты р. Кубань с широким развитием озер, болот и лиманов к востоку – картируется относительно приподнятая плоская равнина с редкими полосами лесов и кустарников и большими массивами лугов, садов и пашен. В долине р. Кубань линеймент фиксируется коленообразным изгибом русла и изменением характера и направления долины реки. Южнее, в районе мегантиклинория Большого Кавказа на продолжении рассматриваемого линеймента фиксируются структурные линии, четко выраженные в рельефе и отраженные на космических снимках резким изменением фототона. Данный линеймент на всем протяжении является структурной ступенью между опущенным западным и приподнятым восточным блоками. В гравитационном поле он отражен линейной зоной изгиба изолиний.

Второй линеймент Б-Б северо-восточного простирания картируется восточнее первого на расстоянии 30–35 км. В дельте р. Кубань он выражен линейной группировкой элементов ландшафта и отражает границу между зоной с широким развитием лугов и пашен к западу от границы. В дельте р. Кубань на южном продолжении линеймента, картируется серия коленообразных изгибов русла; на северном склоне Большого Кавказа он соответствует зоне, где происходит региональное изменение характера расчлененности и направления русел рек; далее к югу ему соответствует серия структурных зон, маркирующих горизонты коренных пород.

Анализ геологических и геофизических материалов дает возможность сделать вывод, что рассматриваемые линейменты индицируют дизъюнктивные нарушения северо-восточного простирания, ограничивающие с запада и востока единую поперечную приподнятую зону, прослеживающуюся в пределах Западно-Кубанской депрессии и западного окончания Большого Кавказа. По данным гравиметрической съемки в Западно-Кубанской депрессии эта зона находится между участками отрицательных гравитационных аномалий. Подчеркнем, что в отличие от принятых геолого-структурных построений для этой территории, выделенные при дешифрировании космических снимков линейменты имеют не субширотное, а северо-восточное близкое к меридиональному простирание (рис. 20).

Современная, сложно построенная сводово-глыбовая структура Кавказского фрагмента альпийского Средиземноморского пояса, как и ранее рассмотренных Карпатского и Крымского фрагментов, возникла на новейшем этапе развития альпийского пояса Евразии за счет активных сжимающих встречных движений Восточно-Европейской и Африканской платформ.

В геологическом строении и развитии Кавказа значительную роль играли (и играют) продольные и поперечные разломы, функционировавшие длительное геологическое время, предопределившие основную продольную и поперечную зональность региона, контролировавшие в неогене и антропогене мощный орогенный вулканизм, а в настоящее время развитие форм рельефа и сейсмичность территории.

Складчатое сооружение Малого Кавказа, часто выделяемое под названием Мисхано-Зангезурского массива, гетерогенно: его северная часть состоящая из Аджаро-Триалетской и Сомхето-Карабахской зон, образовалась «на раздробленной и опущенной периферии Грузинской глыбы», а южная, состоящая из Севанской и Веди-Ордубадской зон, сформировалась в пределах обширного массива, обладающего чертами платформы в палеозое – триасе.

Благодаря ярким различиям фотоизображений на космических снимках Кавказа уверенно опознаются, дешифрируются и оконтуриваются практически все основные региональные структурные элементы. Кроме того, при дешифрировании космических снимков по комплексу прямых и косвенных дешифровочных признаков выявлены многочисленные линейные образования, которые концентрируются в линейментные зоны ортогонального и диагонального простираний.

В современной структуре Малого Кавказа наиболее четко выделяются три линейментные зоны субмеридионального простирания.

Восточно-Черноморская, или Сочи-Таганрогская, линейменты в которой подробно описаны Э.Ф. Румянцевой [34], Центрально-Кавказская, или Транскавказская, известная ранее под названием «линеймента Шатского» и Западно-Каспийская («линия Архангельского»), отдельные линейменты которой охарактеризованы в работах В.Е. Хаина, М.Л. Коппа, Н.Н. Курдина, В.Г. Трифонова и др. Эти зоны – протяженные (250, 1500 и 600 км соответственно), широкие (75–100, 200 и 100 км), выраженные в глубинном строении земной коры (см. рис. 16) и современном сейсмическом режиме четко дешифрируются на космических снимках и в процессе анализа топографических карт, ярко проявляясь благодаря протяженным спрямленным элементам ландшафта, и

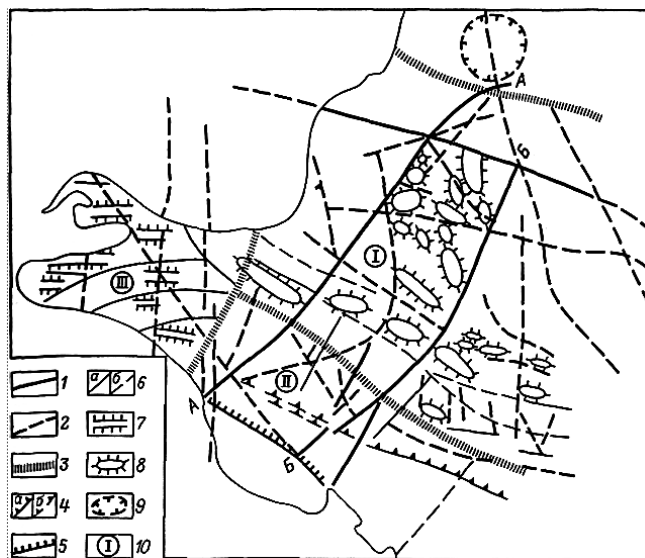


Рис. 19. Схема линейментов Северо-Западного Предкавказья (составил Э.Ф. Румянцев).

1–2 – линейменты, выявленные по космическим снимкам (1 – четко выраженные, дешифрируемые как дизъюнктивные нарушения неясной природы, 2 – нечетко выраженные); 3 – глубинные разломы; 4 – взбросы (а – четко, б – нечетко выраженные); 5 – сбросы; 6 – разрывные нарушения (а – четко, б – нечетко выраженные); 7 – антиклинальные зоны; 8 – контуры локальных структур; 9 – депрессионные структуры неясной природы; 10 – природно-территориальные комплексы

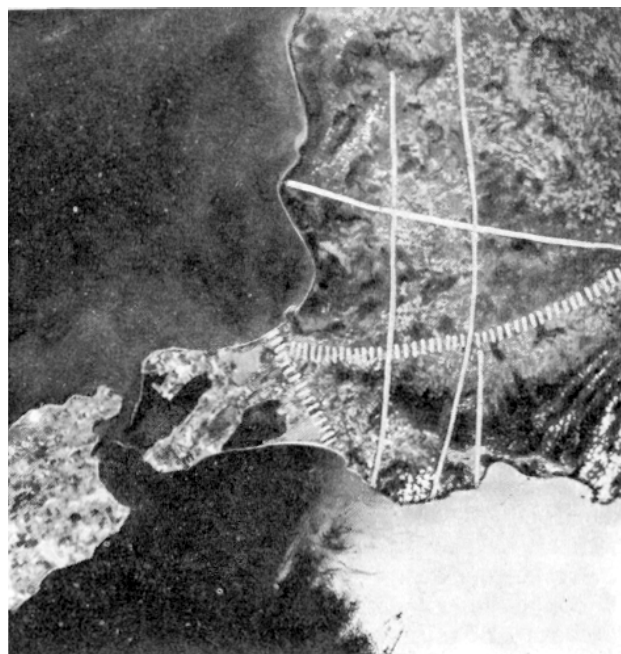


Рис. 20. Космический снимок Северо-Западного Кавказа, полученный с орбитальной станции «Салют-4», лето 1975

подтверждаются различными геологическими и геофизическими данными. Субмеридиональные линейные зоны Малого Кавказа относятся к ортогональной системе, но по отношению к генеральному простиранию структур Большого Кавказа они являются диагональными.

Транскавказская зона, протягивающаяся далеко на север через всю Восточно-Европейскую платформу, совпадает с резким горстообразным поднятием (до 40 км) поверхности Мохоровичича.

Восточно-Черноморская и Западно-Каспийская зоны четко отражаются в современном сейсмическом режиме региона, отделяя Центральную часть Большого Кавказа со средними глубинами очагов землетрясений до 10 км от Таманской и Апшеронской – со средними глубинами очагов землетрясений до 20 км и более.

Среди линейных зон субширотного простирания наиболее значительными являются Таманско-Апшеронская и Понтийско-Эльбурская (см. рис. 17).

Таманско-Апшеронская линейная зона в целом отвечает осевой части Большекавказского мегантиклинория: она четко «читается» на космических снимках в виде системы продольных (согласных с генеральным простиранием мегантиклинория) линейных зон, отражается в глубинной структуре земной коры резким градиентом рельефа поверхности Мохоровичича и подтверждается практически всеми имеющимися геологическими и геофизическими данными. Ее протяженность 1250 км, ширина 25–30 км. Линейным зонам, как правило, соответствуют взбросы, надвиги, правосторонние сдвиги, реже – флексуры. Северо-западный фланг зоны ограничивает Черноморскую впадину, юго-восточный – Южно-Каспийскую.

Понтийско-Эльбурская линейная зона выделена исключительно по результатам анализа мелкомасштабных космических снимков и топографических карт и требует подтверждения наземными геологическими и геофизическими данными. Зона протягивается практически параллельно Таманско-Апшеронской, является своеобразным (скрытым) связующим звеном между системами Анатолийских и Эльбурских разрывов и проходит примерно по оси Тавро-Кавказского сегмента альпийского горно-складчатого пояса. В новейшем плане к ней приурочены южные ограничения Черноморской и Южно-Каспийской впадин, субширотный альпийский Аджичайский прогиб и действовавший в историческое время вулкан (на северном побережье оз. Ван), что, по нашему мнению, не может не свидетельствовать о значительной геодинамической активности данной структурной линии на новейшем и, вероятно, современном этапах развития.

Среди диагональных линейных зон наиболее четко развиты зоны северо-восточного простирания, являющиеся по отношению к генеральному простиранию структур Кавказского фрагмента поперечными (трансорогенными), т.е. практически ортогональными.

Фрагментарно намеченные ранее многими исследователями Сочи-Ставропольская, Понтийско-Кизлярская, Ван-Аргаканская и Урмия-Апшеронская линейные зоны выделяются по комплексу дистанционных и геолого-геофизических данных в виде мощных систем нарушений, играющих значительную роль в глубинном строении геологической структуры, в развитии региона в целом, а также контролирующими некоторые особенности сейсмичности и распределения некоторых полезных ископаемых территорий.

Сочи-Ставропольская линейная зона протяженностью 500 км, шириной до 75 км, отражается в глубинном строении земной коры поперечным (северо-восточного простирания) выступом в рельефе поверхности Мохоровичича, соответствующим Ставропольскому поднятию, и многочисленными нарушениями северо-восточного простирания.

Понтийско-Кизлярская линейная зона (750×60 км) пересекает Кавказ, прослеживаясь от Чорохского гранитоидного массива на юго-западе (Турция) до Кизлярского залива Каспийского моря на северо-востоке. Эта зона трансформируется по границе впадин поверхности Мохоровичича – Северо-Западного Кавказа и Известнякового Дагестана и разделяет (по линии Батуми – Орджоникидзе – Грозный) Кавказский регион на малосейсмичную северо-западную и высокосейсмичную юго-восточную части [35]. На северо-востоке к продолжению этой зоны приурочена прямолинейная береговая линия северного побережья Каспийского моря.

Ван-Аргаканская линейная зона (850×50 км) является как бы северо-восточной осью Кавказа, разделяя северо-западную и юго-восточную его части, резко отличающиеся интенсивностью поперечных деформаций поверхности Мохоровичича.

Урмия-Апшеронская линейная зона, являющаяся северо-восточным флангом трансрегионального Пальмиро-Апшеронского линейного элемента, протягивается на 750 км при ширине до 75 км и по имеющимся данным ограничивает с юго-востока зону интенсивных поперечных деформаций поверхности Мохоровичича.

Для линейных зон северо-восточного простирания характерны элементы левосдвиговой составляющей, обнаруживаемой по различным геологическим [33] и геофизическим данным.

Копетдагский фрагмент. Выявления линейных зон и их систем в Копетдаге проводилось по разномасштабным топографическим картам (1:500 000, 1:1 000 000, 1:2 500 000 и 1:5 000 000), космическим снимкам, геологическим и геофизическим картам.

По топографическим картам и космическим снимкам линейные зоны прослеживаются в виде протяженных перегибов и уступов рельефа; серий спрямленных долин оврагов; ручьев и рек, расположенных по прямой; систем коленообразных изгибов долин; участков разветвления долин и прочих прямолинейных элементов ландшафта, как в непосредственно молодой (альпийской) горно-складчатой области Копетдага, так и смежной равнинной территории эпипалеозойской Туранской плиты.

На схеме топографических линейных зон Копетдагского региона и сопредельных территорий (рис. 21) четко выявляются следующие закономерности.

Линейные зоны данного региона по отношению к простиранию складчатых структур являются как согласными (продольными), так и несогласными (поперечными или диагональными), но в обоих случаях секущими, как правило, горно-складчатые сооружения (Копетдаг, Большой и Малый Балханы) и смежные равнинные территории Западно-Туранской впадины, Межбалханского коридора и Туранской плиты, т.е. являются сквозными, что позволяет наиболее крупные из них отнести к так называемым «трансрегиональным изломам».

Линейные зоны региона ориентированы по тем же направлениям, что и геологические разрывы, разломы палеозойского основания фундамента и основные элементы новейшей структуры, т.е. в северо-западном, субмеридиональном, северо-восточном и субширотном направлениях.

При дешифрировании продольных – запад-северо-западного (Копетдагского) и поперечных (северо-восточного простирания) линейных зон наблюдается разворот преимущественных простираний от субмеридиональных – северо-западного (Кубадаг-Балханского) фланга через северо-восточные – центрального (Западно- и Центральное-Копетдагского) участка региона к субширотным – юго-восточного (Восточно-Копетдагского) фланга региона (см. рис. 21).

Наложение разноориентированных линейных зон приводит к образованию в Копетдагском регионе различных «линейных рисунков»: Х-образного, характерного для северо-западного участка (фланга) региона и образованного за счет пересечения продольных (северо-западных) и поперечных (северо-восточных) линейных зон; Ж-образного, характерного для центрального участка региона и образованного пересечением Х-образного рисунка линейными субмеридионального простирания; параллелограммообразного, характерного для юго-восточного фланга региона и образованного пересечением продольных (запад-северо-западных) и диагональных (северо-западных и север-северо-западных).

Выделенные линейные зоны пересекают территорию региона на блоки, отличающиеся как ориентировкой длинных осей в пространстве, так и максимальными высотами ограниченных ими площадей, причем высота линейных зон и градиенты высот ограниченных ими блоков резко увеличиваются в горно-складчатой области по сравнению со смежными равнинными пространствами Туранской плиты.

В узлах пересечения разноориентированных линейных зон часто образуются блоки-многогранники с большими гипсометрическими отметками их осредненной поверхности по сравнению с окружающими площадями.

В целом для собственно Копетдагского фланга региона характерно более менее равномерное развитие по всей площади региона продольных (запад-северо-западных) и поперечных (северо-восточных) линейных зон, на фоне которых резко выделяются линейные зоны, т.е. зоны сгущения линейных зон.

адекватных простираний, субмеридионального – на меридиане Казанджика, Искандера, Кизыл-Арвата и Ашхабада, субширотного – на широте Искандер – Кизыл – Арват, Каракала, и север-северо-западного – Суния – Гермабская, Фирюза-Гауданская – простираний.

Балханский фланг региона характеризуется высокоподнятым (до 1900 м) Большебалханским участком, «огранка» блоков которого обусловлена продольными (запад-северо-западными), поперечными (северо-восточными) и диагональными (субмеридиональными и субширотными) линейными, и опущенным Кубадаг – Прибалханским участком, характеризующимся редкой сетью западного и северо-восточного простираний и опусканием некоторых блоков ниже уровня моря (до –50 м).

Граница между Балханским и Копетдагским флангами проходит по ярко выраженной практически во всех срезах земной коры региона, в распределении мощностей мезозой-кайнозойских осадков современном рельефе, в геофизических полях, в современном сейсмическом поле и великолепно читаемой на всех картографических аэрофото- и космодатоматериалах линейной зоне северо-восточного простирания, самым точным названием которой может быть Межбалхан-Узбойская, что четко отражает ее ориентировку и трассу.

Межбалхан-Узбойская линейная зона состоит (в исследуемом регионе) из Межбалханской полосы опусканий (–25:–50 м) Малобалханской полосы поднятий (до +750 м) и Данатинской полосы опусканий (0:10 м), разделенных четкими линейными северо-восточного простирания (50–60°), которые резко прерывают трассы продольных линейных Большебалханского и Копетдагского флангов региона. Не исключено, что несколько смещают на юго-запад одновысотные линейные блоки центральной части Балханского фланга (750–1250 м) по отношению к равновысотным блокам Копетдагского фланга, т.е. по левостороннему сдвигу (см. рис. 21).

Аналогичные системы линейных, но в более обобщенном генерализованном виде выявляются в Копетдагском регионе при анализе топографических карт более мелкого (1:2 500 000 – 1:5 000 000) масштаба и при дешифрировании разномасштабных космических снимков, охватывающих не только Балхан-Копетдагское обрамление Туранской плиты, но и весь Туркмено-Иранский сегмент в целом.

При этом выясняется, что Межбалхан-Узбойская линейная зона северо-восточного простирания прослеживается на довольно значительные расстояния: на юго-запад до северо-западного замыкания рифтовой депрессии Красного моря, на северо-восток в район выходов палеозойского основания Султан-Уиздага и далее, совпадая с Восточно-Аральской системой разломов, ограничивающих впадину Аральского моря с юго-востока.

Характерно, что простирание этой зоны практически параллельно простиранию известного Пальмиро-Апшеронского линейного, трансирющегося в 300 км к северо-западу, и не исключено, что эти линейные образуют своеобразную «линейно-пару» северо-восточного простирания, протяженность которой может косвенно свидетельствовать о значительной глубине отраженной глубинной неоднородности и, таким образом, о важной структурной роли данной линейной зоны, разделяющей Тавро-Кавказский и Туркмено-Иранский сегменты Средиземноморского пояса.

Замечательно, что Межбалхан-Узбойская линейная зона на мелкомасштабных космических снимках дешифрируется не только по резкой смене фототона, но и часто довольно четко трассируется линейно выпянутыми облаками, что, как указывал еще в 30-х годах французский исследователь Шлюмберже, связывается с тектоническими нарушениями земной коры, по которым происходит подъем земного тепла, влияющего на распространение облачности в литосфере.

В целом, на всем протяжении выделенный линейный, или линейную зону предлагается именовать Красноморско-Аральской, или линией Мушкетова, в честь И.В. Мушкетова, указавшего в 1890 году на принципиальную возможность данного нарушения.

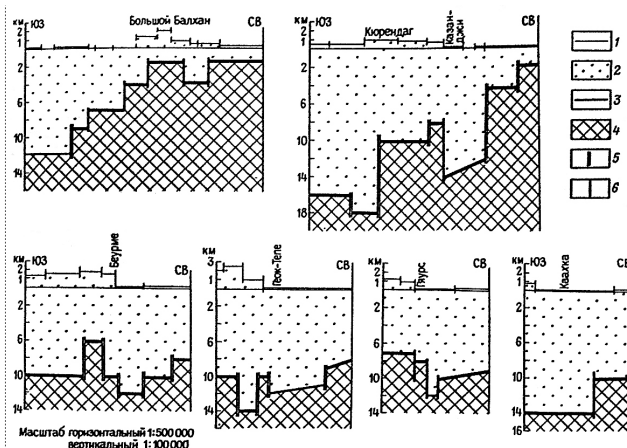
Сопоставление имеющихся схем новейшей тектоники, градиентов скорости вертикальных тектонических движений за новейший этап и линейных Копетдагского региона со схемой глубины залегания поверхности кристаллического основания обрамления (рис. 22) показывает, что наибольшей сходимостью (коррелируемостью) обладают схема поверхности фундамента и схема линейных, что достаточно убедительно подтверждает представления о линейных, как о поверхностных отражениях «дизъюнктивных структур литосферы, разной глубины и неодинакового возраста залегания» [15], а их часто текущее положение по отношению к приповерхностной геологической структуре свидетельствует в пользу возможной дисгармонии в деформациях различных горизонтов земной коры.

С увеличением обзорности и уменьшением разрешающей способности снимков (равно, с уменьшением масштаба топокарт), т.е. при генерализации космических изображений, на них проявляются структуры все более глубинных горизонтов. Наиболее часто в рельефе поверхности Конарада и Мохоровичича проявляются два продольных (Главный Копетдагский и Внутрикпетдагский) и два поперечных (Межбалханский и Хива-Арабалинский) линейных, которые «разграничивают» пониженные (впадины) и повышенные (выступы) участки рельефа указанных глубинных срезов земной коры региона.



Рис. 21. Схема дешифрирования космических снимков зоны Главного Копетдагского разлома (составил А.И. Полетаев).

1 – линейные (а – субмеридиональные, б – субширотные); 2 – кольцевые структуры



Масштаб горизонтальный 1: 500 000, вертикальный 1:100 000

Рис. 22. Сопоставление разрезов поверхности фундамента и блоков, ограниченных линейными (вдоль простирания зоны Главного Копетдагского разлома) (Составил А.И. Полетаев).

1 – поверхность блоков, ограниченных линейными; 2 – осадочные отложения чехла; 3 – поверхность кристаллического фундамента; 4 – породы фундамента; 5 – линейные, выявленные по топооснове; 6 – разрывы фундамента, установленные по геолого-геофизическим данным

4.3. Горно-складчатый пояс Северо-Американских Кордильер

Этот пояс, ориентированный в северо-западном (320–330°) направлении, протягивающийся на расстоянии более 9000 км (от Берингова пролива до Карибского моря) и имеющий ширину от 800 до 1600 км (на широте Денвера), образован в позднем мезозое (конец юры – начало палеогена), а свой современный облик приобрел в результате молодых, неоген-антропогенных движений и сопутствовавшего им вулканизма¹⁰. Как отмечает В.Е. Хаин, столь огромное горно-складчатое сооружение не может быть однородным ни в продольном, ни в поперечном направлениях. И действительно, глубинные разломы разделяют продольные зоны Северо-Американских Кордильер и их поперечные сегменты: канадский и американский, мексиканский и центрально-американский. Причем, необходимо, отметить, что и продольные и поперечные глубинные тектонические швы подчеркиваются цепочками молодых вулканов.

Стержневой структурой Северо-Американских Кордильер может, вероятно, считаться глубинный разлом Сан-Андреас, имеющий согласное с

простирается собственно Кордильер северо-западное простирается, протягивающийся примерно на 1500 км и квалифицирующийся как правый сдвиг, смещения по которому установлены как минимум с конца юры.

Кроме продольных широко развиты и поперечные зоны разломов протягивающиеся в субширотном направлении и часто находящие прямое продолжение в широтных разломах Тихого океана, например, зоны Меррей, Пайониер, Мендосино и других.

Линеamentный рисунок пояса, выявленный по топографическим основам масштаба 1:5 000 000, 1:15 000 000 и 1:20 000 000, дает дополнительную информацию о глубинных нарушениях субмеридионального и северо-восточного простираций так же интенсивно развитых в горно-складчатом поясе, как и на территории смежной Северо-Американской платформы.

Линеamentы северо-восточного простираения изменяют ориентировку от СВ 30° (на Аляске) до СВ 50° (в районе южного окончания Скалистых гор и Сьерра-Мадре), но сохраняют линеamentный шаг 400–500 км.

Линеamentы субмеридиональной ориентировки сконцентрированы в зону шириной до 800 км, отдельные линеamentы которой ритмично, с шагом 200–300 км, пересекают южное окончание Скалистых гор и прослеживаются далеко на север вплоть до пролива Пирри.

В целом линеamentы продольного (северо-западного), поперечного (северо-восточного) и диагонального (субширотного и субмеридионального) простираения образуют, взаимно пересекаясь, весьма напряженно построенное линеamentное поле с самыми различными формами делимости земной коры – треугольной, прямоугольной, ромбоидальной и другими.

Следует отметить, что если линеamentы северо-западного или субмеридионального простираций отражают глубинные нарушения земной коры, контролирующие продольную зональность горно-складчатого пояса Северо-Американских Кордильер, то северо-восточные и субширотные линеamentы разделяют складчатый пояс на сегменты, резко отличающиеся характером эволюции и структурой, временем складчатости и образования надвигов, внедрения интрузий и началом поднятий, а также миграцией проявлений тектогенеза как вдоль, так и поперек пояса.

4.4. Горно-складчатые сооружения Аппалачского и Тихоокеанского поясов

Несмотря на большие отличия в истории геологического развития, современной структуры, и, наконец, своих масштабов, эти сооружения могут служить наглядным примером постоянства закономерностей линеamentного поля структур складчатых поясов с одинаковой (в данном случае – северо-восточной) ориентировкой в пространстве. Так, в структуре обоих поясов важную роль играют линеamentы продольного – северо-восточного (СВ 50°) простираения, вероятно, контролировавшие ограничения современных поднятий этих регионов. Не меньшее значение в формировании современного облика этих поясов имели и поперечные линеamentы северо-западного (320–330°) простираения, предопределивших Поперечную (геологическую и геоморфологическую) зональности Аппалачского и Тихоокеанского поясов, а также прямые структурные связи последних со смежными древними платформами (Северо-Американской и Восточно-Сибирской) и молодыми океанами структурах дна которых находят прямое продолжение линеamentы указанных континентальных горно-складчатых сооружений.

Возрастные соотношения линеamentов разных простираций меняются в широких пределах, но в целом, субмеридиональные структуры значительно древнее остальных, что доказывается, например пересечением (и даже смещением) каледонских субмеридиональных структур Южных Аппалачей структурами герцинского этапа, имеющими северо-восточные простираения.

Следует отметить, что многие линеamentы, выделенные по мелкомасштабным космическим снимкам и топографическим картам являются, по данным В.С. Кравцова [19], трансрегиональными и хорошо коррелируемыми с разломами, установленными при геологическом картировании.

5. ОСОБЕННОСТИ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ ЗЕМЛИ

Линеamentная тектоника платформенных областей и складчатых поясов позволяет сделать некоторые общие выводы, касающиеся особенностей линеamentной тектоники Земли в целом.

Первая особенность заключается в значительной *автономности* линеamentов, далеко не всегда и не везде совпадающих с известными по геологическим и геофизическим данным структурами, что свидетельствует о несовпадении структурных планов поверхностной геологии и различных по глубине уровней земной коры. Параллельно с этим наблюдается и совпадение (пространственное) линеamentов и их систем (зон) с отдельными элементами геологического строения Земли, что может указывать на структурно-контролирующую роль линеamentов, часто служащих ограничениями рифтовых депрессий, складчатых поясов, платформ, плит и щитов, межгорных впадин, краевых прогибов или разграничениями платформенных и складчатых областей и т.д. Кроме того, линеamentы и их системы практически повсеместно играют роль рельефоконтролирующих элементов, вдоль которых ориентированы речные долины и хребты, побережья озер, морей и океанов, границы равнин и хребтов и т.д. Эти данные приводят к заключению о древнем заложении линеamentного каркаса Земли, отдельные составляющие которого испытывают избирательное омоложение и активизацию, что предопределяло в прошлой геологической истории заложение и развитие строго ориентированных структурных направлений, а в современном геоморфологическом рисунке предопределяет ориентировку положительных и отрицательных элементов.

Вторая особенность связана с *транзитностью* линеamentов и их систем, для которых как бы не существует ни структурных барьеров, ни разницы физико-механических свойств горных пород, ни сложной геологической эволюции гетерогенных блоков земной коры, так как отдельные линеamentы (и их системы) с удивительным постоянством транслируются на гигантские расстояния, «просвечиваясь» и под древними платформами и под молодыми складчатыми поясами и под современными морями и океанами. Примером такой транспланетной транзитности могут служить субширотные линеamentы платформ Лавразии, транслирующиеся через Балтийский щит, древнюю Русскую плиту, Уральский складчатый пояс, молодую Западно-Сибирскую плиту, древнюю Восточно-Сибирскую платформу, гетерогенный Тихоокеанский складчатый пояс, акваторию Тихого океана, складчатый пояс Северо-Американских Кордильер, древнюю Северо-Американскую платформу и т.д.

С таким же постоянством прослеживаются субмеридиональные линеamentные зоны по трассам Баффинова Земля – Чилийские Анды, Скандинавский полуостров – Южная Африка, полуостров Таймыр – полуостров Индокитай и т.д. Протяженность этих зон, достигающая 10 000 км и более, и ширина, часто превышающая 1 000 км, свидетельствует о наличии гигантских глубинных неоднородностей Земли.

Аналогичных масштабов достигают и диагональные линеamentные зоны, транслирующиеся в северо-западном (Балтийско-Индонезийская, Аляскинско-Бразильская и др.) и северо-восточном (Пиренейско-Ямальная, Калahari-Колымская и др.) направлениях.

Третья особенность линеamentной тектоники Земли обусловлена *консервативностью* линеamentного рисунка, выявленной при дешифрировании и анализе различных материалов – космических снимков, топографической основы, геофизических карт самых разных масштабов (от самых детальных до глобальных) и заключающейся в сохранении своеобразной линеamentной матрицы, образованной сочетанием ортогональных простираций. Это не исключает, однако, что в каждом конкретном регионе и на каждом конкретном уровне генерализации не выявляются определенные доминирующие простираения линеamentов. В противном случае не удалось бы наблюдать и выделять на общем линеamentном фоне зоны концентраций линеamentов.

Четвертую особенность линеamentной тектоники Земли можно назвать *сопоставимостью* линеamentов и линеamentных систем с равномасштабными элементами геологической структуры Земли: региональным линеamentам соответствуют разрывы геологической структуры, трансрегиональным – глубинные разломы земной коры, глобальным (транспланетным) – системы планетарных горно-складчатых поясов. Это свидетельствует о прямой корреляции линеamentной тектоники и элементов строения Земли, что, в свою очередь, указывает на единство процессов линеamentогенеза и тектогенеза истории планеты.

Пятая особенность линеamentной тектоники, закономерно вытекающая из названных выше – *приоритетность* линеamentов и их систем по отношению к элементам геологического строения, что доказывается пространственным сопоставлением линеamentного рисунка Земли и геологической структуры: элементы геологической структуры самого разного ранга всегда представляют собой отдельные части равномасштабного им линеamentного рисунка и т.д., когда наоборот. Это же обстоятельство позволяет делать вывод, об очень древнем возрасте линеamentного каркаса Земли, относительно к самым ранним стадиям развития планеты, т.е. к концу архея – началу протерозоя [40].

Шестая особенность линеamentной тектоники подчеркивается *ритмичностью* (равномерностью) линеamentного рисунка Земли, что связано с

особенностями поля напряжения планеты и предопределяет столь же равномерный рисунок делимости (дробности) земной коры. Последнее не означает, однако, постоянства форм делимости, разнообразие которых связано с конкретным сочетанием доминирующих в регионе направлений.

Седьмая особенность линейamentной тектоники, которую условно можно назвать *кинематичностью*, связана с тем, что составляющие линейamentного рисунка Земли часто имеют кинематику, тождественную кинематике разрывов аналогичных простираций: например, некоторые линейamentы северо-западных простираций имеют правосдвиговую кинематику, северо-восточных – левосдвиговую и т.д. Это обстоятельство имеет особый смысл, так как позволяет применить элементы линейamentной тектоники при построении глубинных геодинамических моделей земной коры, которые, в свою очередь, позволяют несколько иначе представить зоны глубинного сочленения крупных блоков (сегментов) Земли, о чем будет более подробно сказано ниже (см. гл. 14).

Восьмая особенность линейamentной тектоники Земли обусловлена тем, что линейamentы и их системы, но особенно линейamentные узлы, образованные за счет сочленения или пересечения линейamentов и их зон, часто *контролируют местоположение месторождений* различных полезных ископаемых, что позволяет назвать данную особенность линейamentной тектоники «полезностью».

Девятая особенность линейamentной тектоники Земли, условно названная авторами «*прогнозируемость*», обязана тому, что с помощью восстановления линейamentного рисунка того или иного региона можно прогнозировать некоторые элементы глубинного строения земной коры, направленность современного развития геологической структуры, развитие современных геологических процессов – гравитационных, сейсмических, вулканических и прочих, и участки концентраций различных полезных ископаемых.

Десятая особенность, как бы суммирующая описанные выше, заключается в том, что с помощью линейamentной тектоники можно независимо от других методов геологии, геофизики и сейсмологии районировать земную кору по степени и формам делимости (или дробления). Данная особенность, которую можно назвать «*районизируемость*», еще не получила не только соответствующего признания, но даже и мало-мальского развития и применения, хотя и таит, по мнению авторов, богатые возможности.

ЧАСТЬ III ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

6. ГЕНЕЗИС ЛИНЕАМЕНТОВ

Как было показано в I части, краеугольный вопрос линейamentной тектоники – генезис линейamentов – до настоящего времени не имеет однозначного решения (ответа), что связано с объективными трудностями развития этой отрасли геологического знания. Тем более ценными представляются немногочисленные схемы, пытающиеся разрешить данную проблему.

Такой редкой, но весьма удачной попыткой представляется нам схема, предложенная В.И. Макаровым и Б.В. Сениным [19]. Исходя из предположения, что линейamentы являются проявлениями разломов на лике земной поверхности, названные авторы рассмотрели три варианта положения разломов в земной коре (рис. 23) и соответствующие варианты их отражения линейamentами на земной поверхности.

В наиболее простом варианте (В) линия разлома будет дешифрироваться на космических снимках в виде четко выраженного линейamenta, интенсивность и четкость проявления которого связана с контрастностью движений по линии разлома. Интенсивность линейamentного проявления разлома также зависит от угла наклона поверхности разлома: единичные линейamentы или узкие линейamentные зоны при вертикальном положении разлома, широкие линейamentные зоны – при наклонном положении.

В первых двух (А, Б) вариантах, когда разлом не достигает земной поверхности, затухая на той или иной глубине, его поверхностный «след», т.е. линейament будет представлять собой некую зону рассеянных деформаций.

Данная схема достаточно убедительно и образно связывает природу линейamentов с отражением на земной поверхности, а значит и в различных картографических материалах разноглубинных разломов земной коры. С другой стороны, она представляет лишь частный случай сложного, до конца непознанного процесса линейamentогенеза.

Доказательством последнего тезиса может служить то обстоятельство, что в виде линейamentов дешифрируются не только разломы, но и всевозможные естественные¹¹ объекты Земли, протяженность которых значительно превышает их ширину: разломы и складчатые пояса, речные долины и цепочки вулканов, морские побережья и горные хребты и т.д. и т.п.

Поэтому основная задача линейamentной тектоники сводится, с нашей точки зрения, к ответу на вопрос, какова природа тех объектов литосферы, отражение которых на земной поверхности носит в генерализованном виде облик линейamentов?

Для того, чтобы дать на него ответ, необходимо представить Землю не в виде абсолютно однородного тела, а в виде интенсивно расслоенного и по вертикали и по горизонтали объекта, испытывающего синхронно протекающие процессы сжатия и растяжения, что приводит к активному взаимодействию слоев (или пакетов слоев) земной коры, отличающихся физическими параметрами и механическими свойствами. В этом случае характер соотношения пластических и хрупких деформаций будет резко изменяться с глубиной проникновения их в земную кору: от резкого доминирования хрупких дислокаций в приповерхностных частях земной коры до преобладания плавных пластических деформаций в глубоких недрах Земли.

При этом нельзя забывать, что планетарная сеть линейamentов Земли обусловлена, вероятно, напряжениями, связанными с вращением планеты. По представлениям В.Е. Хаина [40], планетарная трещиноватость (по нашей терминологии – планетарное линейamentное поле) – зародилось на достаточно ранней стадии развития нашей планеты, как только тепловой поток снизился настолько, что литосфера стала достаточно хрупкой, чтобы существовала устойчивая система трещин. Основываясь на линейной ориентировке зеленокаменных поясов Канады, Южной Африки, Индостана, Австралии, В.Е. Хайн относит начало процесса линейamentогенеза к позднему архею или, во всяком случае, не позднее начала протерозоя – времени образования Великой Дайки Зимбабве и др. Заложившаяся на самых ранних этапах развития Земли линейamentная сеть постоянно и непрерывно обновлялась, поскольку постоянно и непрерывно, на протяжении всей дальнейшей геологической истории Земли вплоть до настоящего момента, продолжал и продолжает действовать

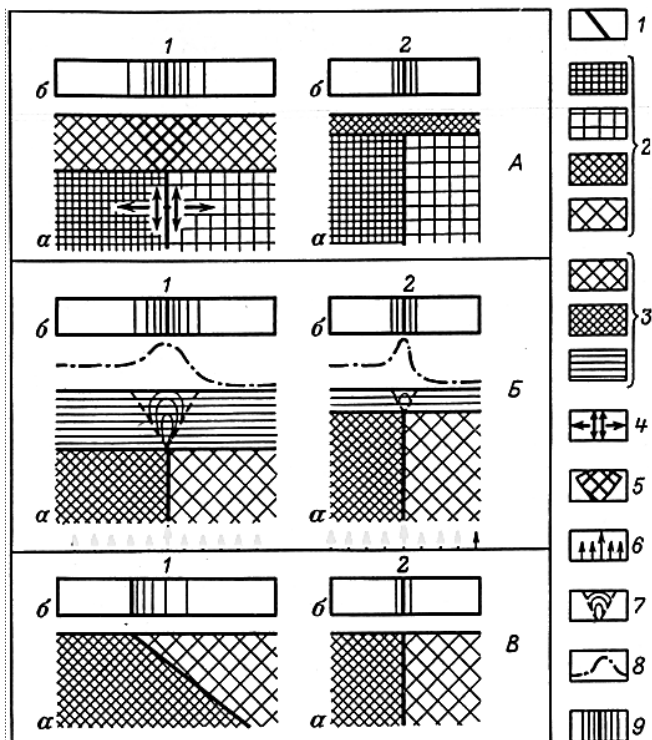


Рис. 23. Принципиальная схема положения разломов в разрезе литосферы и их отражения на земной поверхности и на космических изображениях в виде линейamentов; по В.И. Макарову и Б.В. Сенину.

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 плане на космическом изображении (б); В – открытые (достигающие земной поверхности) разломы с наклонным (1) и вертикальным (2) заложением плоскости (зоны) смещения разреза (а) и в плане на космическом изображении (б).

1 – разломы; 2 – блоки земной коры, разделяемые разломами; 3 – слои земной коры, 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 линейamentов на космических изображениях

ротационный фактор. Причем, в эпохи интенсивных деструкции земной коры, связанных с образованием складчатых комплексов, разрывных дислокаций, надвигов, шарьяжей и прочих нарушений, линейamentные системы затухивались мозаикой вновь образованных структур, перекрывались пакетами деформированных пород, разрывались по трассам дизъюнктивов. По окончании же очередной эпохи земного пароксизма, линейamentный рисунок возобновлялся по первичным направлениям.

С другой стороны, крупные линейamentы и их системы сами могли служить структурными ограничениями крупных геотектонических областей: геосинклинальных прогибов, рифтовых трогов, орогенных поясов и т.д.

В связи с тем, что по мере геологического развития планеты тектоническая активность Земли снижается, а структура земной коры становится все раздробленнее, можно предположить, что в этом же направлении снижается масштаб линейamentогенеза: по этой схеме – самые древние линейamentы будут и самыми протяженными и глубокими, самые молодые – короткими. Следует отметить, что сохранение основного каркаса линейamentного рисунка в гетерогенных тектонических областях Земли может объясняться, вероятно, напряжениями, связанными с проявлением ротационного режима планеты. По данным С.И. Стрельникова [19], 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 показывают, что одних ротационных напряжений далеко недостаточно для формирования крупных разрывных нарушений. Последние возникают только тогда и в тех местах, когда и где векторы ротационных напряжений совпадают с векторами локальных напряжений, связанных с эндогенными процессами. Именно различное проявление последних в геологическом времени и пространстве и определяет различные соотношения между степенью развития линейamentов земной коры.

7. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИНЕАМЕНТОВ С ИЗВЕСТНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

7.1. Линейamentная и разрывная тектоника

Постоянным, но явно недостаточным на наш взгляд, поводом для отождествления линейamentов только с разломами является соответствие их простираций. Как совершенно справедливо указывают В.И. Макаров и Б.В. Сенин [19], это основание, во-первых, может считаться недостаточным, во-вторых, и неверным, так как предполагает, что разлом – причина линейамента, а не наоборот; забывается при этом образное заключение С.С. Шульца [44], что *«тектоника вышивает свои узоры на канве планетарной трещиноватости»*. Они также показали, что линейamentы, 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»* [19], а также линии *«деформаций чисто поверхностного характера, связанных с напряжениями, которые развиваются непосредственно в приповерхностных горизонтах коры под влиянием, например, ротационных факторов (изменения формы геоида и т.д.)»*.

О.М. Борисов и А.К. Глух [5] пришли к заключению, что хотя большинство региональных глубинных разломов пространственно совпадает с линейamentами, но они, как правило, длиннее разломов, по ширине превосходят ширину разломов во много раз, нередко включают в себя несколько разобщенных разломов, расположенных чаще всего на периферии линейamentов. При этом разломы далеко не всегда совпадают с линейamentами – если разломы отражаются, как правило, в геологическом строении, то линейamentы – в ландшафте территории.

С другой стороны, не следует забывать, что изучение различных форм проявления динамики линейных глубинных неоднородностей в геологической структуре Земли имеет непосредственную связь с изучением и всесторонним анализом разрывных нарушений. Глубинные неоднородности в геологической структуре могут быть проявлены на различных уровнях разреза земной коры (по вертикали) или в отдельных зонах (по laterали) в виде разрывных нарушений различного масштаба, простираения и кинематики. В этом случае с отдельными участками (отрезками) линейamentов и их зон неизбежно пространственно совпадают отдельные разрывные нарушения (или их части) различного ранга, параметры которых определяются как длительностью геологического развития, так и степенью проявления на новейшем этапе.

Известно, что дистанционные исследования представляют много нового материала для обнаружения и изучения линейных нарушений земной коры (в том числе и разрывов, и линейamentов) и более объективного изучения их природы. Вместе с тем, отсутствие единых критериев выделения линейamentов (а также и разрывов и разломов) приводит к сильному расхождению полученных результатов и затрудняет их практическое использование. Множество имеющихся к настоящему времени схем дешифрирования космических снимков совпадает в рисовке наиболее крупных линейamentов, но, как правило, расходитсЯ в изображении более мелких, в том числе и предполагаемых разрывов. В качестве линейamentов на схемах показываЮтся разные по своей природе и механизму образования объекты: разломы, зоны трещиноватости, речные долины, хребты, абразивные уступы и, наконец, линейные границы пород разного возраста и генезиса.

Выделение линейamentов тектонической природы, т.е. линейamentов, которые имеют непосредственную связь с разрывными нарушениями, требует детализации их дешифровочных признаков. Последние совпадают с известными дешифровочными признаками собственно разрывных нарушений и могут быть подразделены на три группы: структурно-геологические, ландшафтные и геометрические [16].

Достаточным критерием для доказательства разрывного характера линейamentов являются структурно-геологические дешифровочные признаки, основанные на анализе смещений и деформаций горных пород в зонах предполагаемых нарушений. Линейamentы же, устанавливаемые по ландшафтным и геометрическим признакам, могут быть отнесены к разрывным нарушениям весьма предположительно.

В первом случае линейamentы пространственно совпадают с разломами, хотя протяженность и ширина линейamentов могут значительно превышать аналогичные параметры разрывов, так как нередко линейamentы как бы соединяют разобщенные между собой линии разрывов или наращивают их.

Во втором случае линейamentы могут не совпадать с известными разрывными нарушениями, хотя тектоническая природа их не вызывает сомнения. Пространственное сопоставление известных разрывов и дешифрированных по космическим снимкам линейamentов, в том числе тех, которые могут быть отнесены к разрывным нарушениям весьма предположительно, приводит к более полному анализу тектонической структуры Земли (степени и формы ее глубинной делимости) на разных уровнях генерализации. Эти положения достаточно четко иллюстрируются фактическим материалом приведенным в данной монографии.

Структурный рисунок земной коры, выявляемый в результате сопоставления (и наложения) известных в геологической структуре разрывов и вновь дешифрированных линейamentов, демонстрирует более сложную, более интенсивную и более упорядоченную глубинную делимость земной коры по сравнению с имеющимися схемами и картами, на которых глубинная структура коры замаскирована вышележащими, часто интенсивно дислоцированными слоями горных пород.

Частный случай пространственного совпадения линейamentов и разломов ярко иллюстрирует важное положение линейamentов и их систем в общем процессе тектогенеза, так как они отражают глубинные неоднородности разного возраста и глубины заложения, упорядочивают пространственное расположение (заложение) складчатых поясов и поясов разломов, предопределяют современную мозаику блоков земной коры, часто контролируя границы фациального состава отложений и градиенты их мощностей, линейную локализацию рудных растворов и инъецирование земной коры магматическими расплавами, разграничивают внутри однородного, по традиционным геологическим данным, региона отдельные сегменты, блоки, участки, зоны, резко отличающиеся режимом современных геологических процессов, интенсивностью сейсмической активности и степенью и формами глубинной делимости.

Все эти данные подтверждают, что линейamentы, по сравнению с глубинными разломами, являются своеобразными «следами» более древних и более глубинных структурных элементов тектоносферы Земли.

7.2. Линейamentная тектоника и рифтогенез

Пространственное сопоставление схем линейamentов и рифтов различных регионов Земли выявляет их тесные пространственные и, возможно, генетические связи (рис. 24).

Так, например, система Великих Африканских рифтов весьма четко «укладывается» в три системы развитых здесь линейamentов – северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простираций. Характерно, что палеоавлагоденез Африки ориентированы в этих же направлениях.

Байкальский риф ограничен линейamentами северо-восточного простираения. На космических снимках района оз. Байкал наблюдается специфическая

полосчатая структура, обусловленная параллельными друг другу зонами поднятий и депрессий, расстояние между которыми в среднем составляет около 30 км [19]. Характерно, что многие из дешифрированных полос изогнуты, гофрированы: при этом преобладают S-образные изгибы, типичные для областей развития левых сдвигов. Линеаменты северо-восточного простирания, ограничивающие Байкальскую рифтовую систему, выявленные по мелкомасштабной (1:5 000 000) топографической основе, также образуют полосчатый рисунок за счет равномерного (с шагом 50 – 100 км) расположения линеаментов в пространстве по трем простираниям – субмеридиональному, северо-западному и северо-восточному. Линеаменты северо-восточного простирания самые устойчивые и протяженные (до 500 км). Субширотные линеаменты не наблюдаются.

Рифт Красного моря контролируется линеаментами северо-западного простирания, при этом наиболее устойчивыми и протяженными являются линеаменты, совпадающие с простиранием собственно Красноморского рифта и как бы ограничивающие его с юго-западного и северо-восточного бортов.

Пространственная и азимутальная корреляция наиболее протяженных линеаментов и их систем и рифтовых структур невольно приводит к мысли об их генетической взаимосвязи, обязанный более интенсивно протекающим процессам деструкции по крупным, а значит и более нарушенным (нестабильным) линейным нарушениям земной коры.

Особого внимания и дальнейшего исследования заслуживает, на наш взгляд, вопрос о соотношении субширотных линеаментов и рифтов. Линеаменты данного простирания в зоне влияния Красноморской и Байкальской систем практически отсутствуют, а в зоне развития системы Великих Африканских рифтов ограничивают отдельные участки меридионального простирания рифтов.

Палеотектонические схемы Африканского региона [36] также демонстрируют резко угнетенное развитие меридиональных и практическое отсутствие субширотных нарушений.

Последнее обстоятельство может свидетельствовать, что субширотные линеаменты, равномерно (с шагом 200–300 км) прослеживающиеся на территории Центральной и Южной Африки, отражают напряжения новейшего времени, а то обстоятельство, что субширотные линеаменты частично контролируют отдельные составляющие системы Великих Африканских рифтов, может указывать на одновременность (в геологических масштабах времени) их образования.

Таким образом, можно заключить, что отдельные составляющие линеamentного поля земной коры пространственно связаны с системами рифтов Земли. Более того, некоторые особенности этих взаимоотношений, описанные выше, предполагают и наличие генетических связей, тем более, что во многих случаях видна связь конфигурации изогипс рельефа фундамента авлакогенов и грабенов с ориентировкой линеаментов [19], что особенно четко проявляется в областях неглубокого залегания кристаллического фундамента земной коры.

Так, С.И. Стрельниковым [19] показано, что большинство авлакогенов и грабенов Русской плиты четко дешифрируется на космических снимках, благодаря их линейным ограничениям, ориентированным в северо-западном (Днепро-Донецкий и Пачелмский авлакогены, Кандакшский раздвиг), северо-восточном (Среднерусский авлакоген), субширотном (Московский авлакоген) и субмеридиональном (Кировско-Кажимский авлакоген) простираниях.

Днепро-Донецкий и Пачелмский авлакогены, хорошо изученные геологическими и геофизическими методами, имеют форму клиньев, расходящихся на юго-восток, и четко фиксируются в физических полях, так как под ними резко сокращена мощность консолидированной земной коры и высоко поднята поверхность Мохоровичича. Эти авлакогены четко отражаются в линеamentном поле, восстановленном по результатам дешифрирования космических снимков, топографической основы и геофизических материалов (гравитационное и магнитное поля). При этом системы линеаментов, трассирующих, например, Пачелмский авлакоген, продолжают и далеко на юго-восток, в пределы Прикаспийской впадины, и столь же далеко на северо-запад, вплоть до побережья Финского залива (г. Таллин), образуя в целом единую Таллинско-Пачелмскую систему линеаментов [19].

Характерно, что авлакогены, контролируемые линеаментами самых разных (ортогональных и диагональных) простираний одинаково активизированы на новейшем этапе, что объясняет их примерно равную «фотогеничность».

Кроме того, в отдельных случаях линеаменты и их системы могут трассировать зоны растяжения, не достигшие стадии раздвиг, но испытывающие явную тенденцию к этому процессу. Примером такой зоны может служить Центрально-Иранская линеamentная зона северо-западного простирания, рассекающая Иранскую плиту с северо-запада (от Бендер-Шаха на Каспийском море) на юго-восток (до зал. Сонмийани в Аравийском море) и расположенная между двумя горными цепями – Загрос на юго-западе и Туркмено-Хорасанских гор на северо-востоке, испытывающих сжатие.

7.3. Линеamentная тектоника и кольцевые структуры земной коры

Генетические и пространственные связи линеаментов и кольцевых структур сложны и многообразны. Первые шаги в области их изучения были предприняты рядом исследователей (О.М. Борисов, А.К. Глух, В.М. Моралев, В.И. Макаров, А.В. Тевелев и др.). К сожалению, вопрос этот до сих пор до конца не изучен, так как еще происходит интенсивное накопление фактического материала и его осмысление. Вместе с тем, собранные данные свидетельствуют о том, что между линеаментами и кольцевыми структурами существуют три вида связей:

1. линеаменты первичны, кольцевые структуры вторичны;
2. эти структуры образуются одновременно и тесно генетически связаны;
3. кольцевые структуры первичны, линеаменты вторичны.

Наиболее распространен первый вид, когда одиночный линеament или линеamentная зона, имеющие тектоническую природу, представляют собой ослабленный участок земной коры и, являясь первичными, обуславливают образование вулканических аппаратов. Такая связь наблюдается в областях развития современной и палеовулканической деятельности. На Кавказе, Средней Азии и в других регионах грязевые вулканы также непосредственно связаны с линеamentогенезом. С этим же процессом, особенно в районах развития соляно-купольной тектоники, связывается и диапиризм, обычно обуславливающий формирование кольцевых структур. Распространенным является вариант, когда в узле пересечения трех и более линеаментов, образуется кольцевая структура. Размеры кольцевой структуры, заложенной в линеamentном узле, прямо пропорциональны расстоянию между отдельными линеаментами, а ее форма зависит от количества линеаментов, образующих узел.

В.И. Макаров и Л.И. Соловьева, анализируя по космическим снимкам перекрестный структурный план земной коры в районе Тянь-Шаня и на смежных с ним территориях, пришли к выводу, что конфигурация тектонических впадин и поднятий предопределена тем, что они как бы вписаны в решетку пересекающихся линеаментов, принадлежащих различным направлениям (рис. 25).

Некоторые исследователи установили на примере Дальнего Востока, что Кольцевые структуры чаще располагаются у окончания линеаментов. Механизм этого явления остается пока не исследованным.

Второй вид связи линеаментов и кольцевых структур наблюдается, по данным Арк.В. Тевелева [30], в Памиро-Алайском регионе и обусловлен косым сближением двух плит и «растаскиванием» межплитных блоков по ортогональной сети линеаментов. Выделенные Арк.В. Тевелевым Таджикская и

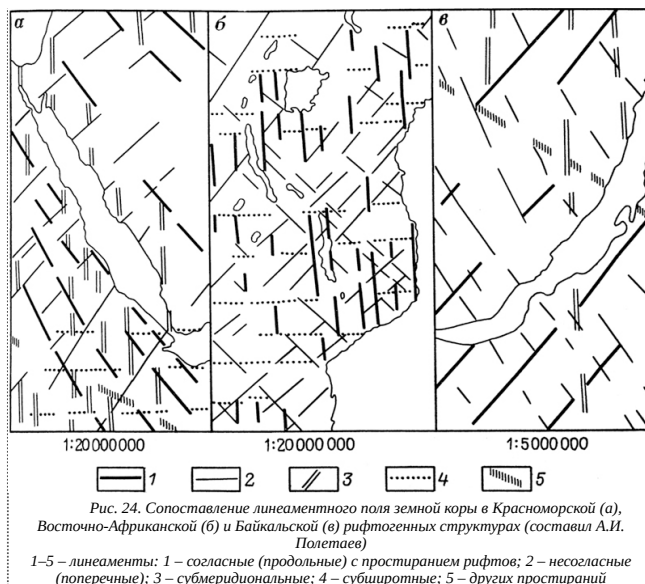


Рис. 24. Сопоставление линеamentного поля земной коры в Красноморской (а), Восточно-Африканской (б) и Байкальской (в) рифтогенных структурах (составил А.И. Палтаев)
1–5 – линеаменты: 1 – согласные (продольные) с простиранием рифтов; 2 – несогласные (поперечные); 3 – субмеридиональные; 4 – субширотные; 5 – других простираний

Гиндукушская кольцевые структуры своим существованием, вероятно, обязаны некоторым глубинным неоднородностям, возможно даже не изометричной формы. Движения ограничивающих их блоков, выколотых двумя парами пересекающихся сдвигов, эквиваленты вращению этих блоков, чем объясняется образование кольцевой формы. Отмечается, что в полосе, примыкающей к Балхашско-Гератскому линейменту, наблюдается с северо-востока на юго-запад последовательный ряд подобных кольцевых образований – от кольцевой структуры Муонкумов до Кураминской кольцевой структуры.

В другом случае линейменты следует рассматривать как некоторые части гигантских кольцевых структур. Сведениям о наличии в земной коре кольцевых структур-гигантов или, как их принято называть «нуклеаров» в настоящее время придается большое внимание. Нуклеары, или оvoidно-кольцевые системы, представляют собой наиболее стабильные участки континентов Земли и зародились 3,5–3,8 млрд. лет. Эти кольцевые структуры характеризуются размерами от 500–3800 км в поперечнике. Их составной частью являются радиальные линейменты, а части их дуг выглядят как дуговые линейные структуры, особенно на космических снимках среднего масштаба.

Третий вид связи между кольцевыми структурами и линейментами обусловлен процессами рифтогенеза в условиях растяжения земной коры, когда происходит ее утонение и раздвиг – поперечный направлению рифта. Наиболее крупные из рифтов приурочены к осевым частям длительно развивающихся сводовых поднятий, отраженных на мелкомасштабных космических снимках как кольцевые структуры. Деформации, связанные с растягивающими усилиями, обуславливают разломы земной коры и образование рифтов.

В этой связи в современном рельефе молодые рифты оконтурены четко выраженными линейментами, представляющими собой обычно ступенчатые сбросы или сбросо-сдвиги. Континентальные рифты имеют протяженность в сотни и даже тысячи километров при ширине в десятки, реже сотни километров. Самые крупные рифты образованы в кайнозое. К ним относятся Красноморский, Байкальский, система рифтов Восточной Африки. Наиболее древние рифтовые структуры известны в докембрийском фундаменте древних платформ. В палеозое и мезозое рифтогенез характеризуется достаточно широким развитием. К этому времени относится образование Днепров-Донецкой впадины, рифтов Северных Аппалач, Шотландии, грабена Осло и других.

Ярким примером третьего вида связей является рифт Красного моря. Он расположен в осевой части кольцевой структуры, представляющей собой огромное сводовое поднятие, сложенное метаморфическими породами Африкано-Аравийской платформы. Рифтовая структура Красного моря, ограниченная продольными сбросами, расположенными на расстоянии 100–200 км друг от друга, осложнена еще двумя системами сбросов, находящихся на 15–40 км друг от друга и ограничивающих осевой отрог. Начало образования рифта Красного моря относится к позднемеловой эпохе. Породы, выполняющие рифт, имеют позднеолигоценовый – четвертичный возраст.

Все особенности строения Красноморского рифта свидетельствуют о том, что рифтогенез связан с явлениями растяжения земной коры и последующего ее обрушения.

Линейменты могут явиться вторичными образованиями по отношению к кольцевым структурам и в ряде вулканических провинций. Так, например, на юго-востоке Камчатки детально изучена Налачевская вулканическая купольно-кольцевая структура. Она располагается в современном вулканическом поле в зоне сопряжения океана и континента, имеет сложную историю развития, при которой проявилась последовательная смена куполо- и мульдобразований на протяжении 100 млн. лет. Структура имеет в поперечнике до 200 км и, как показывают геофизические данные, достигает 150×200 км глубины. В осевой части Налачевская структура осложнена термальным рифтом, а в пределах суши линейными складчатыми структурами (рис. 26).

Происхождение Налачевской структуры связывается с всплыванием диапира (астенолита), обусловившим изометрично-концентрическую зональность с образованием последующих тектонических линейных блоков.

Изложенный в настоящем разделе материал свидетельствует о сложности взаимосвязей кольцевых структур и линейментов и о необходимости дальнейших исследований для более тщательного изучения затронутой проблемы.

8. МЕСТО ЛИНЕАМЕНТОВ В ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

8.1. Линеаментогенез и регматогенез

В настоящее время может считаться неоспоримым факт существования в структуре земной коры не только складчатых и рифтовых поясов, но и прямолинейных крупных зон концентраций деформаций, отождествляемых, как правило, с зонами или системами глубинных разломов земной коры. Л.М. Расцветаев показал [32], что эти зоны, протягивающиеся на многие тысячи километров (при ширине в десятки и сотни километров) и имеющие длительную историю своего развития и сложное строение, часто разделяют платформенные области и складчатые пояса, либо рассекают и те и другие под различными углами. Зоны концентраций деформаций имеют самую различную кинематику – сдвиговую, раздвиговую, надвиговую, комбинированную. Характерно, что наиболее значительные амплитуды смещения, достигающие многих сотен километров, установлены вдоль горизонтальных сдвигов – например, около 400 км вдоль Альпийского разлома острова Южного в Новой Зеландии, около 100 км вдоль разлома Грейт-Глен в Шотландии, около 500 км вдоль Байкало-Вилуйской системы левосдвиговых дислокаций и т.д.

Как показали многочисленные исследования, большинство линейных структур литосферы не имеют никакого отношения к возникновению складчатых зон и образуют на поверхности Земли сетку геометрического типа, «называемую еще регматической, или стационарной, сеткой разрывов, зон диастрофизма и линейментов разного масштаба и морфологии, располагающихся закономерно друг относительно друга и относительно оси вращения Земли и, видимо, связанных в своем происхождении, ориентировке и кинематике с общепланетарными напряжениями ротационной природы» [32].

Сопоставление компонентов регматической сети разрывов Земли и составляющих линейментного рисунка планеты приводит к однозначному выводу об их пространственной корреляции, что в известном смысле позволяет синонимизировать данные понятия. С другой стороны, имеются и известные

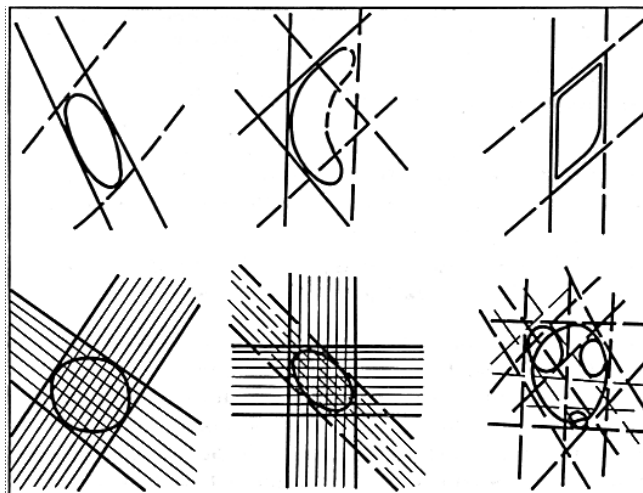


Рис. 25. Некоторые примеры интерференции зон поднятий (впадин) различных направлений; по В.И. Макарову, Л.И. Соловьевой

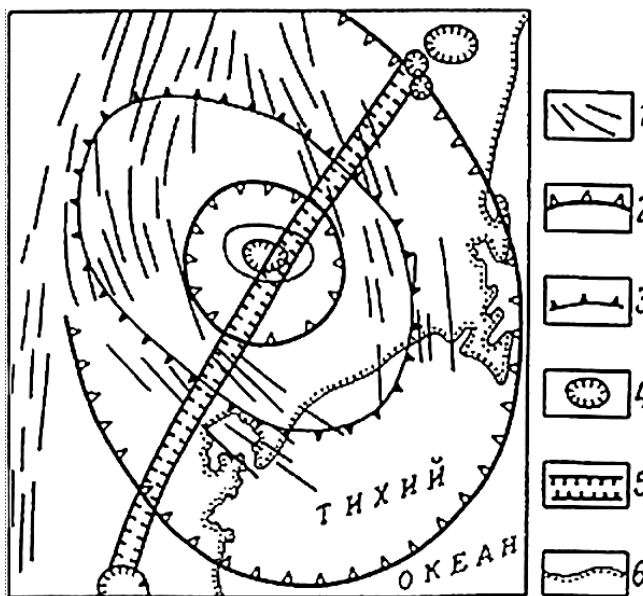


Рис. 26. Строение Налачевской купольно-кольцевой структуры; по Ю.Н. Масуренкову и Л.А. Комковой.

1 – простираение складчатых структур нижнего яруса; 2–3 – контуры кольцевой структуры (2 – по прогибам поверхности мелового фундамента, 3 – по выступам и поднятиям поверхности мелового фундамента); 4 – среднеплейстоцен-голоценовые кальдеры; 5 – термальный рифт; 6 – береговая линия

различия, связанные с тем, что в теории регматогенеза больш́ая, если не бо́льшая, роль отводится радиальным разломам, в то время как линейamentное поле планеты «на равных» образовано направлениями ортогональной и диагональной (т.е. радиальной) систем нарушений.

Линейamentный рисунок Земли обладает, на наш взгляд, бо́льшей упорядоченностью (и, вероятно, симметрией), что несколько отличает его от регматической сети, диагональные элементы которой преобладают в средних широтах, а ортогональные – в высоких. Кроме того, известное предположение Р. Зондера о том, что по качественным параметрам (протяженности и ширине) в структуре Земли лучше выражены ортогональные системы, а по количественным характеристикам (частоте встречаемости) – диагональные [32], трудно согласуется с примерно одинаковым «вкладом» ортогональных и диагональных систем линейamentов в образование интегрированного линейamentного поля планеты. Тем не менее, гигантские компоненты регматической сети Земли, такие как Балтийско-Индокитайская и Африкано-Сибирская линейamentные зоны, выделенные Л.М. Расцветаевым [32], четко совпадают с аналогичными по масштабу и ориентировке в пространстве Средиземноморско-Индонезийской и Африкано-Чукотской линейamentными зонами линейamentного поля Земли.

8.2. Линейamentогенез и тектоногенез

Можно убедительно и на многочисленных примерах показать тесную и неразрывную, опосредствованную связь процессов линейamentно- и тектоногенеза, обусловленную единством геологического развития планеты в целом и отдельных ее частей как по вертикали, так и по латерали.

Раскрытие геосинклинальных поясов и обрушение рифтовых систем, обусловленное процессами растяжения; воздымание горно-складчатых поясов, связанное с процессами сжатия; всплывание кристаллических пород основания и линейные вулканические извержения, связанные с процессами растяжения; формирование абразионных морских уступов и разработка долин рек; цепочки очагов землетрясений и зоны максимального прогрева – все эти процессы геологического прошлого, настоящего и будущего Земли так или иначе связаны с процессом линейamentогенеза земной коры, являющегося своеобразным этапом развития ее, в результате которого намечаются конкретные структурные линии, которые впоследствии будут использованы конкретными тектоническими формами, объектами и процессами.

Характерно, что в процессе тектоногенеза участвуют все системы линейamentов – ортогональные и диагональные в целом, продольные, поперечные и диагональные, в частности, по отношению к простиранию конкретных тектонических элементов. Так, если продольные системы линейamentов ограничивают, например, геосинклинальный пояс, то поперечные и диагональные линейamentы, секущие этот пояс, могут контролировать внутреннее строение пояса, разбивая его на отдельные участки, сегменты, отличающиеся нередко весьма значительно по истории геологического развития, глубинному строению, современной структуре, сейсмичности, металлогении и т.д. Примером может служить, практически, любая область Земли, что было показано выше (см. 3.1., 3.2., 3.3. и 4).

Важнейшим свойством линейamentных систем, имеющим большое значение в процессе тектоногенеза, и, в конечном счете, в формировании структурного рисунка Земли, обусловленного сочетанием зон сжатия и растяжения, является, как отмечает Л.М. Расцветаев [32], способность упорядочивать морфолого-кинематическую картину перемещений, обусловленную сбросо-раздвиговой кинематикой линейamentов и их систем субмеридиональной ориентировки (срединно-океанические хребты, границы платформенных областей и складчатых поясов, рифтогенные зоны, сбросовые зоны континентальных окраин), спастической (иногда и сдвиговой) характеристикой субширотно-ориентированных линейamentов и их систем (надвиговые и спастические зоны Альпийского пояса Евразии), правосторонним смещением вдоль линейamentов северо-западной ориентировки (сдвиги системы Сан-Андреас в горно-складчатом поясе Северо-Американский Кордильер, сдвиги Балтийско-Индонезийской линейamentной зоны) и левосторонним – вдоль линейamentов северо-восточной ориентировки (система линейamentов Аппалач-ского хребта, Африкано-Чукотская линейamentная зона).

Закономерное сочетание пространственной ориентировки и кинематических особенностей отдельных составляющих линейamentного рисунка Земли приводит к закономерному же образованию соответствующих форм глубинной делимости земной коры, что, в свою очередь, является мощным контролирующим фактором развития глубинного строения и поверхностной геологической структуры земной коры и процессов, непосредственно и напрямую связанных с этим: металлогенеза, нефте- и газонакопления, сейсмогенеза, развития различных современных геологических процессов, например, гравитационных, и геоморфологического районирования планеты.

Наследование отдельными составляющими линейamentного рисунка Земли древних систем глубинных разломов свидетельствует, как считает Л.М. Расцветаев [32], об избирательной реактивации нарушений – одной из широко распространенных форм геологического развития планетарной трещиноватости, что приводит к периодическому увеличению проницаемости земной коры [36], а значит и к периодическому ослаблению внутренних структурных связей вдоль определенных линейamentов и линейamentных зон.

Можно сделать заключение, что процесс линейamentогенеза – неотъемлемая часть процесса тектоногенеза Земли, что доказывается участием линейamentов в развитии структуры планеты от самых древних (архей-протерозойских) ее этапов, когда только зарождался основной каркас структурного рисунка планеты, до современного ее состояния, когда сформировавшийся структурный каркас испытывает перманентные видоизменения, вплоть до разрушения, за счет сейсмической переработки глубинной и поверхностной структур земной коры по трассам сейсмолинейamentов [30].

8.3. Линейamentогенез и новейшая тектоника

Характер новейших движений определяет геоморфологическую зональность территорий, которая достаточно четко отражена в линейamentном поле, дешифрируемом на космических снимках.

Изучению проявлений новейших движений, анализу морфоструктурных особенностей и использованию геоморфологических методов для выявления неотектонических структур посвящено большое количество работ. Однако, при обсуждении геоморфологической зональности не всегда ставится вопрос о линейamentном поле, различные системы которого достаточно четко выражены на земной поверхности. Во многих случаях состояние изученности стратиграфии неогеновых и четвертичных отложений и отсутствие точных определений их возраста не позволяют производить неотектонические построения с помощью палеогеографических реконструкций и анализа изменений мощности отдельных горизонтов новейших отложений.

Тогда при проведении неотектонических исследований необходимы структурно-геоморфологические построения в сочетании с анализом космических снимков, топографических, геологических и геофизических материалов.

При этом, на первом этапе работы основной целью является выявление по геолого-геоморфологическим признакам региональных и локальных морфоструктур современного рельефа, т.е. изучение систем линейamentов, выявляемых на космических снимках и топографических картах.

Материалы космической съемки Земли несут объективную информацию, позволяющую картировать геоморфологические индикаторы структурных форм, образованных в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов.

Так, по преобладанию и состоянию тех или иных элементов рельефа на космическом изображении дешифрируются различные генетические типы рельефа, а в соответствии с типами рельефа могут быть выделены морфоструктуры. Границы наиболее крупных морфоструктур, как правило, являются глубинные разрывные нарушения или крупные линейamentы, выявляемые на космических снимках и на топографических картах. Структурные элементы более высоких порядков так же отражаются в линейamentном поле, выявляя особенности строения морфоструктур. В свою очередь границы морфоструктур могут рассматриваться как границы блоков, сложное строение линейamentного поля, наличие систем линейamentов различных простираций, как правило, свидетельствует о том, что блоки испытывают в новейшее время контрастные дифференцированные движения, а в их состав входят структуры более высоких порядков. Линейamentное поле в полной мере отражает характер неотектонических движений, а анализ систем линейamentов различных простираций позволяет достаточно достоверно исследовать особенности новейших движений и их направленность.

Дополнительная и не менее важная информация о строении линейamentного поля и возрастных соотношениях систем линейamentов может быть получена при дешифрировании на космических снимках возрастных генераций четвертичных отложений. Распределение на площади различных генетических типов четвертичных отложений и их возрастных генераций контролируется системой линейamentов и разрывных нарушений различных простираций. При этом система линейamentов, контролирующая распределение относительно более древних генераций четвертичных отложений, может быть отнесена к более древним образованиям, в то время как линейamentы, определяющие границы распространения более молодых четвертичных отложений, отражают проявления дополнительных «наложенных» деформаций, хотя последние нередко используют направления структур древнего заложения.

Необходимо отметить, что линейное поле, выявленное при геоморфологическом и геологическом дешифрировании космических снимков, отражает особенности глубинного строения района в случае унаследованного развития основных структур района и достаточно интенсивных новейших и современных движений. Если в геологической истории района унаследованного развития структур не наблюдается, и неотектонические движения проявлены слабо, линейное поле, дешифрируемое на космических снимках, в большей степени отражает современные геологические процессы и их направленность и в меньшей степени особенности глубинного строения.

8.4. Линеаментогенез и новая глобальная тектоника

Парадоксально, но факт, что два, на первый взгляд не только противоречащих друг другу, но взаимоисключающих, открытия – линейментов и дрейфа континентов – произошло практически одновременно, Хоббс описал линейменты в 1904 и 1911 гг., а Вегенер предложил гипотезу дрейфа континентов в 1929 г.

Долгое время, примерно полвека, эти явления не «мешали» друг другу, но в момент «нового открытия» линейментов, связанного с применением в изучении Земли космических средств, с одной стороны, и с появлением идей неомобилизма, с другой, возникла, как пишет В.Е. Хаин [40], серьезная проблема объяснения устойчивости во времени не только длительно существующих крупных линейментов, но и «более мелких элементов регматической сети и планетарной трещиноватости в целом при допущении значительных горизонтальных перемещений литосферных блоков (плит), имеющих притом вращательный характер». Ранее В.Е. Хаин считал, что существование планетарной сети линейментов, имеющих закономерные ориентировки относительно оси вращения Земли, является наиболее серьезным возражением против мобилизма. Диалогичного мнения придерживались Б.А. Петрушевский, Е.А. Радкевич, М.А. Фаворская, И.Н. Томсон и другие исследователи, считавшие наличие планетарных линейментов контрдоводом против тектоники плит.

Другой точки зрения придерживается С.С. Шульц (мл.), считающий, что «именно изучение планетарной ориентировки разрывных нарушений различного возраста дает в руки ученых ценнейший материал, сравнимый с палеомагнитными данными, помогающий реконструировать положение блоков континентальной коры... в различные моменты геологической истории» [43].

В.Е. Хаин также пришел к заключению, что противоречие между устойчивой линейментной сетью Земли и «дрейфом литосферных плит не является, однако, неразрешимым, и, следовательно, не может служить опровержением теории неомобилизма» [40].

Более того, С.С. Шульц [45], считая, что тектоника плит и учение о планетарной трещиноватости не только не исключают, но дополняют и обогащают друг друга, предложил модель сохранения линейментного рисунка при дрейфе и повороте континентов, основанную на предположении, что в результате «поворотов устойчивые сетки линейментов и планетарных трещин... внутри континентальных блоков получают новую ориентировку: ортогональные системы линейментов и трещин часто становятся диагональными; структуры, имевшие ранее широтную ориентировку – меридиональными и т.д.» Справедливости ради надо отметить, что С.С. Шульц не иллюстрирует свои построения конкретными примерами, поэтому неясно, как часто в геологической истории происходили подобные превращения, скажем, с названной С.С. Шульцем в этой же статье Средиземноморско-Индонезийско-Кермадекской зоной северо-западного простирания, или с Трансевропейской зоной дислокаций, протягивающихся от Гренландии до Красного моря, или с выделенной Л.М. Расцветаевым Африкано-Сибирской линейментной зоной северо-восточного простирания [32], или с гигантским поясом субширотно ориентированных линейментов, прослеженных авторами настоящей работы через все структурные элементы Лавразии.

В целом, обсуждение этой проблемы, во-первых, может увести слишком далеко за рамки данной работы, во-вторых, оно значительно шире рассматриваемых здесь вопросов и требует специального исследования, в-третьих, вопрос о сочетании заведомо древнего линейментного рисунка земной коры и установленными различными методами крупными горизонтальными перемещениями и поворотами отдельных литосферных глыб [32] будет «мучить» еще не одно поколение геологов и специалистов смежных и близких научных направлений. Хотя уже сейчас на основании имеющегося материала, частично освещенного в настоящей работе, можно прийти к заключению, что основные очертания плит и внутриплитный структурный рисунок детерминированы строго ориентированными в геологическом пространстве отдельными составляющими общепланетарного линейментного рисунка.

9. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Достижения в развитии средств космической техники обусловили возможность изучения спутника Земли – Луны, а также планет – Марса, Венеры, Меркурия. Космические фотографии этих планетных тел отличаются высокой информативностью и содержат большие возможности для выявления и изучения линейных структур.

Сравнительный геологический анализ изученных планет указывает на определенные сходства их строения с Землей. В этом отношении особенно интересны данные по строению поверхности Марса, Венеры и Луны, как небесных тел, наиболее близко расположенных к Земле и достаточно хорошо изученных. В настоящее время изданы мелкомасштабные тектонические карты Луны и Марса, составленные советскими геологами. Работа по составлению аналогичной карты поверхности Венеры находится в стадии завершения в институтах АН СССР. В результате изучения тектоники этих планет было установлено, что для них, так же как для Земли, характерным является наличие различных по протяженности, степени проявления и ориентировке линейных образований – линейментов. Наиболее детально линейментный рисунок проявляется на Марсе, он был достаточно подробно изучен В.В. Козловым и Е.Д. Сулиди-Кондратьевым.

Г.Н. Каттерфельд рассматривал эти линии в качестве глубинных разломов, отмечая общность их ориентировки с планетарной сеткой разломов Земли. Телевизионные изображения Марса зафиксировали на поверхности планеты разнообразные группы линейментов, среди которых В.В. Козлов и Е.Д. Сулиди-Кондратьев выделили 8 систем. Большую часть дешифрированных линейментов удалось отождествить с разломами. Так, например, в экваториальной части Марса отчетливо прослеживаются на 4000 км по дуге экватора линейментная зона шириной около 500 км. Она состоит из разломов, образующих систему рифтовых грабенов, шириной до 100 – 200 км. Глубина их оценивается до 6 км. Экваториальная марсианская рифтовая система Копрат имеет много схожих черт строения с рифтовыми системами Земли. На западном окончании рифтовой системы Копрат располагается Лабиринт Ночи, представляющий собой систему хаотически ориентированных линейментов. Аналогичные системы хаотически ориентированных линейментов известны на разных участках поверхности Марса, в частности, это Жемчужный Хаос, Хаос Золотой рог, Хаос Арам, Хаос Януса и др. Эти участки образованы сравнительно короткими линейментами (до 100 км) и, вероятно, характеризуются повышенной раздробленностью марсианской коры в условиях общего растяжения, или их образование обусловлено криолитогенными факторами. Особый интерес на Марсе представляет система рассредоточенных субпараллельных линейментов Мемнония. Она состоит из ряда четких линий, ориентированных в восток-северо-восточном направлении на расстояние свыше 1800 км при ширине 700–800 км (рис. 27). Линейменты в этой системе сгруппированы в четыре зоны с равными промежутками между ними. В целом все линейменты этой системы параллельны друг другу. Аналогичных систем линейментов на земной поверхности и на поверхностях других планет пока не установлено.

На поверхности Марса выделяется также система хаотически ориентированных линейментов, наиболее отчетливо проявленных в районе Лабиринта Ночи, и система сближенных субпараллельных линейментов, расположенных по периферии вулканического купола Фарсида. Подобные сближенные субпараллельные линейменты, протяженностью до многих сотен километров с промежутком Между отдельными линиями до 10 км, на земной поверхности не устанавливаются, хотя близкие по рисунку системы проявляются на космических снимках некоторых вулканических областей, например Исландии.

Система линейментов диагональной ориентировки на Марсе широко распространена по всей его поверхности. Эта систем наименее отчетливо дешифрируется на космических снимках отдельные ее линии имеют различную протяженность. Отчетливо проявленная диагональная ориентировка линейментов этой системы по отношению к оси вращения планеты, по мнению В.В. Козлова и Е.Д. Сулиди-Кондратьева [14], позволяет связывать их с влиянием ротационных сил, проявившихся еще на стадии становления коры.

Наряду с перечисленными системами линейментов на Марсе установлены своего рода суперлинейменты глобального порядка, контролирующее расположение основных цитовых вулканов. Они пересекают тектоно-вулканические поднятия Фарсида и Элизий и ориентированы в северо-восточном и северо-западном направлении.

Анализ линейментной тектоники Марса позволяет сделать заключение, что большинство линейных структур имеет тектоническое происхождение и выражено в виде разломов, главным образом сбросов или в виде систем ротационных трещин.

На тектонической карте Луны, впервые составленной В.В. Козловым и Е.Д. Сулиди-Кондратьевым в 1969 г., убедительно показана существенная роль

Лунные гряды имеют протяженность 10–30 км при ширине 3–5 км и на космических снимках видны в виде линейных полос – линейментов, главным образом, в океанических областях. По поводу их происхождения высказываются различные точки зрения. Они рассматриваются либо как валы корабления лавовых потоков, либо как дайки, либо как глубинные трещины и т.д. Большую группу линейментов на Луне образуют линейные структуры, связанные с разрывными нарушениями. Они могут быть дифференцированы на две группы. К первой – относятся предполагаемые сбросы и взбросы. Эти линейменты четко дешифрируются на фотографиях прямолинейными уступами, значительная часть которых располагается по границам материковых и морских областей. Часть из них, например, так называемая структура «Прямая Стена» прослеживается в Море Облаков. Ко второй группе относятся тектонические линии, кинематика которых не может быть выявлена по космическим изображениям; в ряде случаев для них условно устанавливается раздвиговая природа.

Рис. 27: Субпараллельные линейменты на Марсе; по В.В. Козлову [14].
1 – краевые океанические области; 2 – лавовые покровы; 3 – линейменты, 4 – уступы; 5 – вулканы; 6 – ударные кратеры

По данным В.В. Козлова и Е.Д. Сулиди-Кондратьева, наряду с описанными выше линейментами на многих участках лунных материков развиты линейменты порядка 100 км, образующие в ряде мест отчетливо выраженную сетку, которая наиболее отчетливо видна в районе Центрального перешейка между Морем Дождей и Морем Ясности. Появление этой решетки авторы связывают с лунными ротационными силами.

ЧАСТЬ IV

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ

10. ЛИНЕАМЕНТАЯ ТЕКТНИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Так, В.В. Козлов, Я.Г. Кац и Е.Д. Сулиди-Кондратьев с помощью анализа космических снимков плейстоценовой области Агадирского землетрясения 29 февраля 1960 г. ($M = 5,75$; $E = 10$ эрг; $H = 2-3$ км), связывавшегося раньше с подвижками вдоль ветвей субширотного Южноатлантического разлома, попытались уточнить представления о сейсмогеологических условиях этого района, показав, что развитие двух обособленных плейстоценовых зон названного землетрясения следует связывать с наличием узла повышенной тектонической активности, расположенного на пересечении субширотной Южноатлантической и субмеридиональной Периадлантической линейментных зон (рис. 28).

Проведя сопоставление сейсмичности с элементами дешифрирования космических изображений Юго-Восточного Кавказа, И.В. Ананьин и В.Г. Трифонов пришли к выводу, что какой-либо закономерности в расположении эпицентров землетрясений и линейamentos, отдешифрированных на сканерных и телевизионных снимках, не устанавливается. Эпицентры слабых землетрясений тяготеют к линейamentos, отдешифрированным на снимках более высокого разрешения («Союз-9») и, что характерно, пересекающих полосчатую (продольную) структуру зоны южного склона Большого Кавказа в разных направлениях. Более отчетливо проявлена связь линейamentos и полосчатой структуры с площадями повторяемости землетрясений седьмого балла, окупторенными по теоретическим изосейстам за период 1911 – 1962 гг. по инструментально зафиксированным эпицентрам.

В.Н. Аверьянова, по данным о землетрясениях за 1900–1975 годы, выделила и описала для восточного фланга Средиземноморского пояса основные сейсмические швы (рис. 29), большинство из которых совпадает с линейamentами, выявленными при анализе мелкомасштабных топографических карт и дешифрировании космических снимков.

В.Н. Хованский [41] пришел к выводу о том, что с помощью повторных съемок Земли из космоса можно выявлять (в перспективе) области

ожидаемых землетрясений.

Т. Л. Коровина и А.С. Караханян [17], рассмотрев соотношение сейсмичности и линейментов Анатолийско-Кавказско-Иранского сегмента Средиземноморского пояса, пришли к выводу о совпадении узлов пересечения линейментов с узлами пересечения сейсмических зон и о приуроченности к этим пересечениям участков повышенного значения различных сейсмических параметров и очагов сильных землетрясений.

Ек. Бончев и др. [23] указали на большое значение для сейсмичности территории линейментных узлов, подчеркнув при этом, что узлы и линейменты одного и того же ранга могут быть по-разному опасны в сейсмическом отношении в областях с различным сеймотектоническим потенциалом.

С целью рекогносцировочного поиска и предварительной оценки существующих связей между процессами линейментогенеза и сейсмогенеза нами были проанализированы пространственное расположение и времена событий сильных землетрясений Кавказа, Средней Азии и Дальнего Востока, а также проведено качественное сопоставление схемы линейментов Юга СССР и карты сейсмического районирования территории СССР [9, 17, 26, 29, 35, 41]. В рамках первого эксперимента исследованы пространственное расположение и времена событий 388 сильных землетрясений Кавказа за время с 28.1.1950 г. по 23.11.1974 г., 152 сильных землетрясений Западной Туркмении с 14.11.1950 г. по 7.11.1974 г. и 102 сильных землетрясений Сахалина с 2.11.1951 г. по 17.11.1974 г. Магнитуда изученных землетрясений $M = 4,5$, координаты событий брались из «Нового каталога сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.» [26]. Установлено, что развитие сейсмических событий во времени и пространстве идет закономерно, доказательством чего служит не хаотичное, а упорядоченное расположение очагов землетрясений по линиям ортогонального – субширотного и субдолготного и диагонального – северо-западного и северо-восточного простираний, которые можно назвать линейными рядами очагов землетрясений.

На Кавказе ярко выражены Предкавказский (Ставропольско-Апшеронский) и Внутрикавказский (Риони-Апшеронский) ряды очагов общекавказского простирания. Субдолготные ряды – Восточно-Черноморский, Транскавказский (Ставропольско-Ванский) и Западно-Каспийский – выражены слабее. Северо-восточные ряды проявлены фрагментарно, в основном на трассе Пальмиро-Апшеронского линеймента.

На территории Западной Туркмении наиболее четко намечен Предкопетдагский ряд очагов землетрясений, совпадающий с самой «яркой» дизъюнктивной структурой региона – Главным Копетдагским разломом северо-западного (копетдагского) простирания. Значительно слабее трассируется линейный ряд очагов землетрясений вдоль Внутрикпетдагского разлома. Ряды очагов других простираний выявляются труднее, так как трассировка рядов очагов землетрясений осложнена наложением, так сказать интерференцией рядов.

На Сахалине уверенно выделены 3 ряда субширотного, 4 – северо-западного (310°), 3 – субдолготного и 5 – северо-восточного ($30-40^\circ$) простираний.

Средняя протяженность линейных рядов очагов землетрясений колеблется от 300 до 1000 км и более; глубина очагов не превышает первых десятков километров.

Линейные ряды очагов предлагается рассматривать с двух позиций – временной и пространственной:

- 1) поскольку в интервале наблюдаемого времени они демонстрируют миграцию (во времени) сейсмических событий, их можно назвать сейсмомиграционными рядами;
- 2) в геологическом пространстве они фиксируют следы современной активной переработки (вплоть до разрушения) земной коры по протяженным линейным направлениям, и поэтому их можно назвать сейсмлинеаментами, подразумевая под этим линейментами, отражающие современные глубинные неоднородности земной коры.

В связи с тем, что миграция очагов землетрясений имеет разную направленность, то сейсмомиграционные ряды можно разделить на:

1. последовательные или поступательные;
2. сходящиеся или центростремительные;
3. расходящиеся или центробежные;
4. сложные или комбинационные.

В центре сходящихся рядов можно ожидать усиление современного сейсмического сжатия объема земной коры (р-н Макарова, г. Спамберг; зал. Анива на Сахалине); в центре расходящихся рядов – усиление процессов сейсмического растяжения (р-н Победино на Сахалине); сложные ряды (большинство рядов очагов Кавказа и Западной Туркмении).

Пространственное сопоставление сейсмомиграционных рядов Кавказа, Западной Туркмении и Сахалина с элементами геофизических полей, геологической структуры и географической среды, в частности, с магнито-, гео- и тополингеаментами, указывает на значительную автономность сейсмических событий и свидетельствует о том, что линейные ряды очагов землетрясений являются отражением в верхних частях земной коры современных дискордантных деформаций глубинных ее уровней.

В рамках второго эксперимента было проведено плановое (пространственное) сопоставление (совмещение) схемы линейментной тектоники Юга СССР, составленной в Лаборатории космической геологии МГУ, и карты сейсмического районирования территории СССР [35], в результате которого было установлено, что наиболее проявлены линейментные зоны северо-восточного простирания (рис. 30), разграничивающие блоки (сегменты) коры и

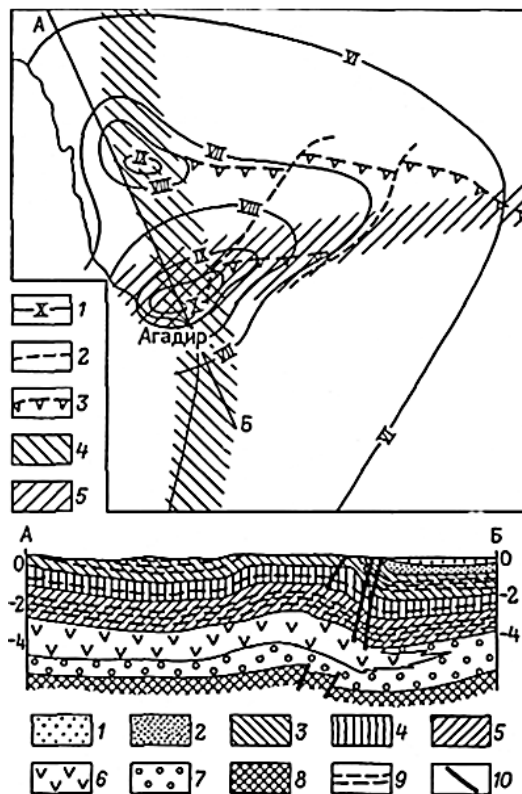


Рис. 28. Схема изосейст Агадирского землетрясения и зон разломов, дешифрируемых по космоснимкам; по В.В. Козлову, Я.Г. Кацу, Е.Д. Сулиди-Кондратьеву.
1 – изосейсты Агадирского землетрясения, в баллах; 2 – разрывные нарушения, прослеженные на поверхности при геологическом картировании; 3 – флексуры, отчетливо выраженные в поверхностной структуре; 4 – зона Перитоатлантического разлома; 5 – зона Южноатлантического разлома. На профиле по линии А-Б показаны: 1–7 – отложения (1 – четвертичные и плиоценовые, 2 – миоценовые и олигоценные, 3 – верхнемеловые, 4 – нижнемеловые, 5 – юрские, 6 – триасовые эвапоритовые, 7 – триасовые красноцветные); 8 – палеозойский циколь; 9 – слоистость; 10 – разрывные нарушения

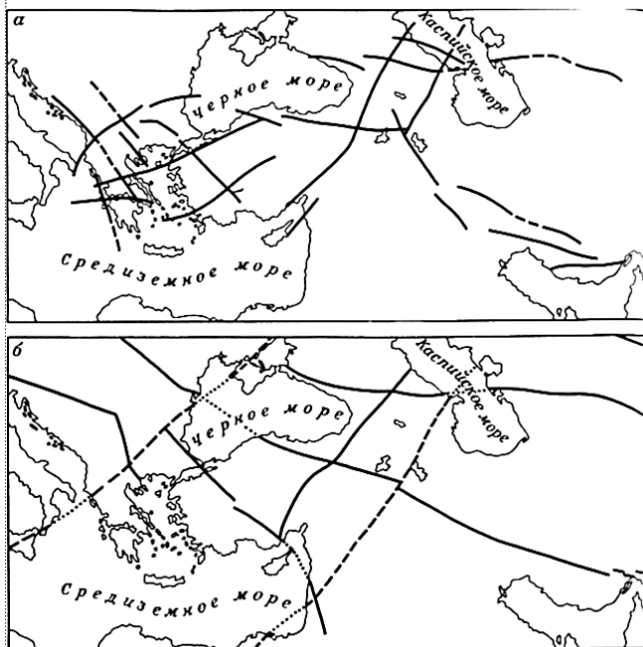


Рис. 29. Сейсмические швы (а) и важнейшие линейментные зоны (б) Средиземноморского складчатого пояса.
а – по В.Н. Аверьяновой, б – по В.А. Бушу и Я.Г. Кацу, 1978

характеризуются чередованием сжатия и растяжения по простиранию ряда

характеризующиеся различными значениями сейсмических параметров.

Приведенные материалы указывают на то, что процессы линеаментогенеза и сейсмогенеза тесно взаимосвязаны не только пространственно, но и генетически. Следует подчеркнуть, что связи эти – неоднозначные, разномасштабные и трудновывяиснимые, что впрочем не может снизить значения их установления, так как последнее может внести существенные коррективы как в теорию сейсмотектоники, так и в практику сейсмического районирования различных – от регионального до детального – масштабов.

Не исключено, что дальнейшие исследования взаимосвязей линеаментогенеза и сейсмогенеза смогут приоткрыть и некоторые загадочные до сих пор явления, например, пути прохождения сейсмических волн, которые «подозрительно» близко подходят трассе глобальных линеаментов земного шара.

И последнее. Вопрос о типизации (классификации) линеаментов их зон по степени сейсмической значимости – сейсмогенных, сейсмогенерирующих и сейсмоконтролирующих – на данном этапе исследований может только ставиться, но не решаться, так как однозначно, по-видимому, могут быть выделены только контролирующие линеаменты и их зоны, часто совпадающие с нами затухания сейсмических колебаний. Сейсмогенные же линеаменты отделить от сейсмогенерирующих не представляется пока возможным, поэтому следует пользоваться термином сейсмоактивные линеаменты [17], ибо: «Нет смысла ставить вопрос: землетрясение ли есть причина возникновения разрыва или разрыв служит причиной возникновения землетрясения; и то и другое есть следствие тектонической деятельности блоков, более или менее крупных масс вещества Земли» – Г.П. Горшков [8].

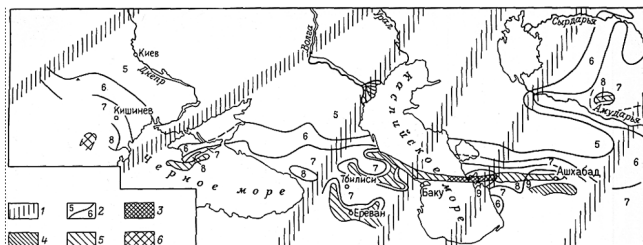


Рис. 30 Сейсмоконтролирующие линеаменты зоны юга СССР (составил А.И. Полежаев).

1 – линеаментные зоны; 2 – граница между зонами нормативной интенсивности землетрясений в баллах; 3 – 5 – зоны возможного возникновения очегов землетрясений при глубинах до 40 км (3 $M \geq 8,1$, 4 – M от 7,1 до 7,0) 6 – то же, при глубине до 200 км ($M \geq 7,1$)

11. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТНИКА И МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Исследование закономерностей размещения полезных ископаемых – традиционное направление советской геологической школы. Данной проблемой занимаются геологи всего мира. Однако, как считает акад. В.И. Смирнов, многие стороны этого направления геологических исследований разработаны пока недостаточно. К сожалению, до сих пор еще отсутствует полный научно обоснованный анализ общих закономерностей размещения полезных ископаемых на планете в целом, отсутствует теоретическая разработка геологических закономерностей размещения отдельных генетических групп месторождений полезных ископаемых на Земле, отдельных ее материках, в различных регионах и т.д. Авторам настоящей работы представляется, что линеаментная тектоника может явиться тем перспективным направлением исследований, которое позволит в какой-то мере помочь разрешить перечисленные проблемы.

Попытки выявления связей между линеаментной тектоникой и металлогенией были осуществлены с появлением первых космических фотографий Земли. Этим проблемам посвящены многочисленные изыскания советских и зарубежных ученых. Среди работ советских специалистов в этой области в первую очередь следует назвать исследования И.Н. Томсона, М.А. Фаворской, Ю.Г. Сафонова, И.К. Волчанской, Е.Н. Сапожникова, Н.А. Яковлева, И.И. Сониной, С.В. Мартиросяна и В.З. Сахатова и др. [1, 19, 22, 28].

В процессе этих работ было установлено, что при металлогеническом анализе чрезвычайно важно учитывать значение линеаментов всех рангов и всех направлений, однако было также установлено, что особая роль при металлогенических построениях принадлежит линеаментам глобального и регионального характера. Так, например, И.Н. Томсон и М.А. Фаворская особое внимание уделяют глобальным и региональным линеаментам так называемого сквозного типа, понимая под последними, вслед за Н.С. Шатским. зоны глубинных дислокаций «скрытого типа», т.е. таких линейных структур, которые, не изменяя своего простиранья и особенностей проявления, пересекают границы континентов и океанов и прослеживаются геофизическими и сейсмическими методами до верхней мантии. Вероятнее всего, эти структуры могут быть отождествлены с суперлинеаменами западного сегмента Средиземноморско-Альпийского складчатого пояса, описанными Я.Г. Кацем, В.Д. Скарятинным и Д.М. Трофимовым [12]. К суперлинеаменам отнесены [12] и такие гигантские линейные структуры как Урало-Оманская, Пальмиро-Апшеронская, Транскавказская и др. Под суперлинеаменами, так же как под сквозными линейными структурами, понимаются трансконтинентальные линейные образования земной коры, разделяющие или пересекающие различные континенты или геотектонические структуры, выраженные в ландшафте и отраженные на космических снимках. Для их выявления наиболее подходят космические изображения Земли глобального уровня генерализации. Признаками их проявления на космических снимках являются прямолинейность целостных геолого-геоморфологических комплексов. На космических снимках более низкого уровня генерализации суперлинеаменты проявляются по отдельным линейным компонентам ландшафта и дешифрируются не столь уверенно. Поэтому для их выявления и проверки необходима работа с разномасштабным комплектом космических снимков.

Суперлинеаменты на космических снимках проявляются фрагментарно; на отдельных территориях они дешифрируются достаточно отчетливо, в ряде случаев выявление их затруднено, кроме того имеются участки, где они не проявляются вообще или очень слабо. Это следует объяснить тем, что, зарождаясь в докембрии на очень больших глубинах (возможно подкорковых), они не везде достигают поверхности Земли. История их развития, особенно ранние ее этапы, легче всего выявляется на территориях пересекаемых ими древних платформ, а характер новейших движений – в пределах молодых складчатых поясов.

В связи с тем, что сквозные линеаменты (суперлинеаменты), вероятнее всего, представляют собой зоны повышенной проницаемости земной коры, они играют существенную роль в рудообразовании и поэтому имеют большое значение при металлогеническом анализе. Это было наглядно показано работами многих ученых, которые установили, что значительная часть сквозных структур определяет в пределах рудных провинций размещение наиболее крупных месторождений, что позволяет рассматривать эти структуры в качестве рудообразующих.

В металлогеническом аспекте к изучению сквозных структур будет подходить очень тщательно, так как они характеризуются Длительным развитием. Было выявлено, что они имеют докембрийское заложение и многократно обновлялись в течение всей геологической истории Земли. Об этом свидетельствует тот факт, что они рассекают гетерогенные и разновозрастные структуры земного шара; и древние платформы и молодые складчатые пояса.

Одним из наиболее простых критериев подразделения суперлинеаментов является возможность сгруппировать их по двум главным направлениям – ортогональному и диагональному. При этом следует иметь в виду, что в разных регионах Земли на космических снимках проявление суперлинеаментов того или иного направления будет различным. Так, например, в западной части Средиземноморского альпийского пояса суперлинеамент диагональной ориентировки (северо-западные и северо-восточные проявлены значительно четче, чем ортогональные [19].

Вероятно, и металлогеническое значение линеаментов того или иного направления будет также зависеть от направленности истории тектонического развития того или иного региона. Так, например, еще в 20-х годах Дж. Сперр выделил «Великий Серебряный канал» Америки – узкий 400-километровый рудноносный пояс, диагонально секущий геологические структуры, а Вагнер проследил на юго-востоке Африки 500-километровый платиновый пояс, меридиональное простиранье которого является аномальным по отношению к структурам земной коры этого региона. И.Н. Томсон и М.А. Фаворская установили, что на пересечении сквозных структур с традиционно выделяемыми структурно-металлогеническими зонами возникают наиболее крупные скопления минерализации именно того профиля, который отвечает соответствующей металлогенической зоне. Таким образом, крупные месторождения располагаются дискретно, приурочиваясь к зонам пересечения со сквозными линеаменами, где отмечается повышенная тектоническая нарушенность, четко наблюдаемая на космических снимках. При этом было выявлено, что магматические образования, приуроченные к этим же узлам пересечения, обладают целым рядом аномальных признаков, выраженных в наличии контрастно дифференцированных магматических серий, в разнообразии петрохимических типов базальтов, в присутствии ультраосновных пород и т.д. [19]. Месторождения, приуроченные к этим узлам, характеризуются тем, что для них обычными являются полиформационность, широкое разнообразие главных рудных элементов и большая длительность самого процесса.

Помимо сквозных линейных структур на космических снимках выявляются системы секущих линеаментов, имеющих, по мнению изучавших их специалистов [19], глобальную протяженность и устойчивую рудную специализацию. М.А. Фаворская считает, что эти линеаменты можно рассматривать как крупные металлогенические пояса, имеющие секущий характер по отношению к доминирующему простиранью пород. Авторам настоящей книги представляется, что сквозные линейные структуры (суперлинеаменты) и секущие линеаменты глобальной протяженности имеют важное металлогеническое значение и вследствие этого требуют тщательного и повсеместного изучения всеми известными методами и в первую очередь с помощью дешифрирования космических изображений нашей планеты.

Не менее важную роль при металлогеническом анализе играют линеаменты региональной протяженности, так же четко выделяемые на космических снимках. Линеаменты этого ранга чаще всего соответствуют разломам земной коры и контролируют рудоносность. Так, например, С.Т. Борисенко и др. в 1973 г. показали, что в Выгорлат-Гутинской зоне Карпат преобладают четыре системы разломов различной глубины заложения и простираения – меридиональные, северо-западные, северо-восточные и широтные; причем, в размещении рудных полей и районов ведущую роль играют субмеридиональные разломы и линеаменты.

По данным Г.И. Полторокова и др., ртутные рудопоявления горного Крыма, принадлежащие к Крымско-Северокавказской металлогенической провинции, локализируются во флишевой толще и изверженных породах позднеэоценового и среднего эоценового возраста, а на Керченском полуострове – в третичных и современных образованиях, тяготеют к краевым частям Качинского и Туакского поднятий, локализуясь в местах их пересечения поперечными линеаментами и разломами.

Для Кавказской металлогенической провинции вопрос о рудоконтролирующем значении продольных и поперечных нарушениях однозначно не решается. Так, одни (Э.М. Цирихова, В.И. Резников, Б.В. Тарасюк, Г.Н. Ольховский, П.А. Полковой, С.А. Кекелия, Д.Г. Салия, А.Н. Амбонадзе) придают большое значение не только продольным – общекавказским, но и поперечным – северо-восточным нарушениям, в местах сочленения или пересечения которых и располагаются месторождения. При этом В.И. Резников поперечным нарушениям придает основное значение и подчеркивает необходимость выделения при прогнозировании оруденения металлогенически активных линеаментов не только общекавказского, но и поперечного направлений, а интенсивность оруденения ставит в прямую зависимость от степени металлогенической активности указанных структур, на пересечении которых размещаются проявления руды. Другие исследователи (К.С. Диваков, Дж.А. Касрадзе, О.Г. Барач, Т.Н. Насибов, Т.Г. Гиришев, И.Г. Магакян и др.) связывают концентрацию рудных проявлений и месторождений с системами разломов и линеаментов общекавказского (северо-западного) продольного простираения.

Характерно, что в результате мелкомасштабных исследований, охватывающих большие площади, геологи чаще, определеннее и, вероятно, достовернее приходят к выводу о большом рудоконтролирующем значении поперечных структур регионального значения. Например, С.А. Кекелия и Д.Г. Салия показали, что отдельные рудные поля приурочены к поперечным структурам.

Месторождения внутри рудных полей располагаются в 8 геолого-структурных позициях и одной из таковых являются узлы пересечения и сочленения линеаментов. Благоприятными структурами для локализации кондиционных рудных тел являются:

1. участки повышенной трещиноватости горных пород,
2. полосы интенсивного дробления между разломами,
3. изгибы рудоподводящих нарушений,
4. полосы межпластовых срывов,
5. системы оперяющих трещин скола и отрыва,
6. крутопадающие разломы,
7. места пересечения разноориентированных нарушений и др.

Ввод в арсенал геологических методов исследования съемок Земли с помощью космических аппаратов с их огромной разрешающей способностью и высокогенерализованной обзорностью резко повысил и теоретический, и практический интерес именно к структурам аномального простираения, как правило, четко и ясно отражающимся на разномасштабных космических снимках Земли.

К настоящему времени в целом очерчен основной круг задач, решаемых с помощью космических снимков при металлогенических исследованиях и поисковых работах на рудные полезные ископаемые:

- ускоренное доизучение геологических объектов, контролирующих размещение рудной минерализации, и выявление вулканоплутонических структур и не вскрытых плутонов, как объектов для постановки поисков рудных полезных ископаемых;
- выявление скрытых структур и структур наложенного типа имеющих важную металлогеническую роль;
- выявление разломных рудоконтролирующих зон глубинного происхождения;
- изучение узлов повышенной тектонической проницаемости – кольцевых, очаговых и других.

Как указал в 1974 г. Н.А. Яковлев, одним из первых исследователей, применивших космические фотоснимки для решения вопросов региональной металлогении, является Газарецки, сопоставивший результаты дешифрирования региональных разрывных нарушений на космических снимках, полученных с «Аполлона», с известными данными о размещении медных месторождений на юге штатов Аризона и Нью-Мехико. Проведенный анализ подтвердил имевшиеся предположения о приуроченности наибольших концентраций медного оруденения к узлам пересечения основных металлогенических зон и предполагаемых разломов поперечных к ним направлений.

Аналогичные работы, но в значительно большем объеме проведены к настоящему времени и на территории СССР. Одной из основных целей этих работ явилось установление дополнительных закономерностей размещения известных рудопоявлений и месторождений в системе вновь выявленных элементов геологического строения регионов и, в первую очередь, региональных поперечных разломов, линеаментов и кольцевых вулканоплутонических структур.

Первые же дешифровки космических снимков Кавказа убедительно показали, что *«космические снимки позволяют существенно дополнить и уточнить представления о современной структуре, без достоверных и полных сведений о которой не может быть проведено полноценное тектоническое (и металлогеническое) районирование»* [22].

К этому однозначному выводу авторы [22] пришли после прямого сопоставления результатов дешифрирования космических снимков с имеющимися кондиционными геологическими, тектоническими картами и картой полезных ископаемых, показавшего, что тектоническое и металлогеническое районирование Айюцдорского района нуждается, во-первых, в дополнении, во-вторых, в частичном пересмотре и уточнении. В первую очередь, дополнения и уточнения касались вновь выявленных поперечных разрывных нарушений. Проанализировав космические снимки прилегающих районов Альпийского пояса, авторы [22] пришли к заключению, что поперечные разломы по сравнению с продольными характеризуются прямолинейностью, выдержанностью на громадные расстояния сечением по отношению к простираению структур складчатого пояса и сопредельной платформы, что свидетельствует о вертикальном (или субвертикальном) падении их плоскостей, большой глубине заложения и существовании независимо от крупных структур земной коры.

Н.А. Яковлев, С.В. Мартиросян, В.З. Сахатов и др. предположили на орогенном этапе развития региона более предпочтительную роль поперечных линеаментов, как более активных в тектоническом, магматическом и термальном отношении, по сравнению с продольными нарушениями.

Результаты дешифрирования мелкомасштабных космических снимков Карпатского, Крымского и Кавказского фрагментов Средиземноморского горно-складчатого пояса, проведенного нами, позволяют на региональном уровне дополнить и уточнить изложенные выше представления о пространственных связях размещения рудных полезных ископаемых и вновь выявленных линейных нарушений – линеаментов с позиций линеаментной тектоники.

Сопоставление выделенных линеаментов и линеаментных зон с ртутными проявлениями на территории альпийского горно-складчатого обрамления показало, что ртутные проявления Карпат, Крыма и Кавказа имеют закономерную приуроченность к определенным структурным ситуациями (рис. 31).

Проведенное сопоставление говорит о том, что рудоконтролирующее значение имеют не только поперечные, но и диагональные нарушения, образующие таким образом не двойное, а тройное, пересечение – продольных, поперечных и диагональных структур. При этом именно в пересечении нарушений указанных простираений и располагаются известные ртутные проявления и месторождения. Указанные структурные особенности, контролирующие размещение ртутных проявлений, могут, в известной мере, считаться прогнозными критериями и использоваться при дальнейших региональных металлогенических исследованиях.



Большинство исследователей, придававших поперечным структурам важное структурное и металлогеническое значение, указывали на их глубинный характер. На материале Кавказского региона представляется важным уточнить, что рудоконтролирующие узлы пересечения образованы не только разноориентированными, но и разноглубинными нарушениями.

Рис. 31. Линеаментный контроль ртутного оруденения Альпийского горно-складчатого обрамления Восточно-Европейской платформы (составил А.И. Полетаев). 1 – разрывные нарушения; 2 – линеаменты; 3–6 – линеаментные зоны (3 – северо-западные, 4 – северо-восточные, 5 – субмеридиональные, 6 – субширотные); 7 – ртутные районы, по Федорчуку и др.: I – Крымский, II – Западный, III – Краснодарский, IV – Саванто-Осетинский, V – Дагестанский, VI – Севано-Карабахский

Так, например, Краснодарский узел образован пересечением Ставропольско-Сальской системы поперечных линеаментов северо-восточного простирания, четко отражающихся в рисунке изогипс поверхности Мохоровичича, т.е. на глубинном срезе 40–45 км, Восточно-Черноморской зоны диагональных нарушений меридионального простирания, проникающих, судя по геологическим данным, до глубины 10–20 км, и субширотной Таманско-Апшеронской зоной продольных нарушений, не столь ярко выраженной в глубинных срезах земной коры, но четко выраженной сложной системой продольных надвигов и взбросов, фиксирующихся в приповерхностной структуре с помощью геологической съемки.

Таким образом, пересечение разноориентированных и разноглубинных (разноэтажных) линеаментов создает в плане сложный узел пересечения, а по вертикали – ослабленную зону, по которой фильтруются глубинные (вплоть до мантийных) растворы, приводящие к образованию месторождений. Повышенная раздробленность и подвижность структуры земной коры узлов пересечения, способствующая вертикальной миграции рудных растворов и аккумуляции рудного вещества, неоднократно доказывались с различных геологических, сейсмологических и металлогенических позиций. Эта особенность узлов пересечения и сочленения разноориентированных нарушений доказана и с помощью моделирования трещин скалывания в условиях больших деформаций.

В заключение следует особо подчеркнуть важную рудоконтролирующую роль Понтийско-Кизлярской и Ван-Аграханской линеаментных мегазон, отражающихся в размещении рудных формаций большекавказской металлогенической провинции, четко разделяя последние на две зоны: северо-западную, включающую поли- и редкометалльные герцинские, киммерийские и альпийские формации, и юго-восточную, содержащую только медно-пирротиновые колчеданно-полиметаллические формации киммерийского и проявления ртутной формации альпийского возраста.

Таким образом, прямое сопоставление схемы линеаментной тектоники и известных месторождений рудных полезных ископаемых Кавказского фрагмента Средиземноморского горно-складчатого пояса выявляет следующие закономерности.

1. Линеаментные мегазоны северо-восточного, т.е. поперечного к простиранию основных структур, направления играют важную роль в металлогеническом районировании Кавказа, контролируя размещение рудных формаций.
2. К узлам пересечения линеаментных зон трех направлений – северо-западного (продольного), северо-восточного (поперечного) и субмеридионального (диагонального) приурочены основные ртутносные районы Кавказской металлогенической провинции.
3. Узлы пересечения линеаментных мегазон характеризуются ртутным взаимодействием закономерно ориентированных нарушений земной коры с присущими кинематическими характеристиками: левосдвиговыми – для зон северо-восточного, правосдвиговыми – северо-западного, сбросовыми и раздвиговыми – субмеридионального простирания.
4. Узлы пересечения характеризуются взаимодействием не только разноориентированных, но и разноглубинных нарушений. Наиболее глубинными (до 40–45 км), выраженными в рельефе поверхности Мохоровичича, являются линеаментные мегазоны северо-восточного простирания и Центрально-Кавказская мегазона субмеридионального простирания. Субмеридиональные мегазоны западного и восточного ограничений Кавказа отражают нарушения земной коры, расположенные на уровне поверхности фундамента т.е. 10 – 20 км. Линеаментные мегазоны субширотного простирания имеют более слабое, но сквозное отражение в структуре поверхности Мох., фундамента и наиболее ярко выражаются в геологической структуре серий продольных разрывных нарушений – надвигов, взбросов, реже – сдвигов.

В аналогичной структурной ситуации, т.е. в линеаментном узле, находятся Арчман-Нохурское ртутное проявление Копетдага, а также район Хайдарканского ртутно-сурьмяного месторождения (Южный Тянь-Шань), расположенного в узле пересечения трех крупнейших линеаментных зон широтного, северо-восточного и северо-западного направлений; промышленные скопления серы Гаурдакского района и многие другие месторождения.

Подобная строгая приуроченность рудных месторождений к районам аномально высокой раздробленности и проницаемости земной коры, образующимся в узлах пересечения линеаментов и их систем, указывает на значительную перспективность применения линеаментной тектоники в поисковых целях, в целом, и в определении рудоконтролирующих структур, в частности, с дальнейшим оконтуриванием рудолокализирующих участков.

Таким образом, изложенные материалы свидетельствуют, что линеаменты всех рангов и направлений могут играть и играют определенную роль как в металлообразовании, так и в его контроле. Следует подчеркнуть, что роль линеаментов, отражающих в различных срезах земной коры и ее поверхности разноглубинные и разновозрастные неоднородности, важна не только для теоретического изучения строения и развития Земли, но и для сугубо практических горнодобывающих целей, так как в зависимости от масштаба отражаемой неоднородности, они могут контролировать степень делимости (или дробления) земной коры от микротрещиноватости пород до планетарных сегментов (блоков), влиять на механические свойства горных пород и определять вертикальные пути миграции рудных растворов, флюидов и газов, а также детерминировать элементы районирования земной коры – палеотектонического, тектонического и неотектонического, металлогенического и других.

12. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Линеаментная тектоника может успешно способствовать решению двух важнейших поисковых задач нефтяной геологии. Во-первых, по-новому прогнозировать пути миграции углеводородов в земной коре и выявлять предполагаемые места их скопления, во вторых, оказывать неоценимую услугу при тектоническом районировании, осуществляемом при поисковых работах на газ и нефть.

Вопрос о закономерном размещении нефтяных и газовых месторождений и непосредственной их связи с особенностями строения линеаментного поля рассматривается на разных уровнях генерализации:

1. планетарные исследования, которые обеспечивают обзор нефтегазоносных провинций в системе главнейших элементов Земной коры;
2. обзорно-региональные исследования, охватывающие нефтегазоносные провинции, и распределение в них зон нефтегазоаккумуляции и
3. региональные исследования, включающие изучение структурных особенностей нефтегазоносных областей и расположения внутри них месторождений.

Установлено, что при анализе линеаментной тектоники особое внимание следует уделять местам пересечения линеаментов со сводовыми поднятиями, так как месторождения нефти либо непосредственно примыкают к зонам линеаментов, либо располагаются в местах их сближения или пересечения. Эту закономерность следует объяснять тем, что при перемещении отдельных блоков земной коры, вдоль их границ в породах осадочного чехла образуются линейно-вытянутые ослабленные зоны, способствующие миграции углеводородов. Большое значение отводится линеаментной тектонике при обнаружении палеодолин, палеорифтов, авлакогенов и прочих древних прогибов, рвов, каналов, заполненных мощной толщей осадочных отложений, поскольку к подобным структурным элементам древнего рельефа часто приурочены скопления нефти и газа. Геологи, решая принципиально новую задачу по изучению связей характера фотоизображения с глубинным строением Земли по космическим снимкам разных масштабов, наглядно показали, что такая связь существует, хотя проявляется по-разному. Эта связь доказывает единство строения земной коры на разных уровнях, а также то, что естественными границами между различными геоструктурными областями, районами, зонами и регионами являются линеаменты. Установленные связи между поверхностной и глубинной структурами Земли позволили почти повсеместно по всей ее поверхности осуществить глубинное нефтегеологическое районирование. Так, например, в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в результате дешифрирования космических снимков было выявлено большое количество линеаментов, ограничивающих разнообразные блоки и мегаблоки фундамента. Здесь выделяются [19] два крупных мегаблока – Приволжский и Прикамский. В Приволжском мегаблоке выявлены системы линеаментов и складок север-северо-восточного простирания, перпендикулярного Тиманидам. В Прикамском мегаблоке простирание линеаментов и складчатых структур в целом – субширотное и меридиональное. Отмечается четкая подчиненность ориентировки локальных структур линеаментам. Приволжский мегаблок Самаро-Токской системой линеаментов делится в свою очередь на два самостоятельных блока (Ульяновско-Уфимский и Куйбышевско-Оренбургский), для которых типичны определенные системы линеаментов и подчиненная им ориентировка линейных дислокаций с характерным для каждого из них линеаментным рисунком. Выделяемые блоки Волго-Уральской нефтегазоносной провинции имеют особенное для каждого из них пространственное размещение месторождений нефти и газа.

Различное распределение запасов углеводородов определяется тем, что линеаменты Волго-Уральской нефтегазоносной провинции играющие роль ограничений нефтегазоносных структур доплитного и плитного комплексов, как это считает Б.И. Дмитриева и Д.М. Трофимов [19], наиболее отчетливо проявлялись в первом комплексе и значительно слабее – во втором.

Положительные результаты дает изучение линейментной тектоники для поисков месторождений нефти и газа не только на древних платформах, но и в других геоструктурных областях земного шара.

В работе «Космическая информация в геологии» [19] показано, что вдоль зон крупных линейментов могут происходить структурные перестройки с резкими изменениями простираения (почти под прямым углом) структур, сопровождающих линеймент, что иногда предопределяет размещение месторождений газа. Например, рассекающий о-в Кешт Оманский линеймент разделяет два газовых месторождения: вытянутое в субмеридиональном направлении месторождение Гаварзин (расположенное восточнее линеймента) и субширотное месторождение Салах (западнее). Выявлена четкая приуроченность к разломам или зонам их пересечения месторождений нефти и газа разных масштабов, охватывающих в пределах Юга СССР и Ближнего Востока широкий стратиграфический диапазон и приуроченных к пермо-триасовым, юрским, нижне- и верхнемеловым, олигоцен-миоценовым отложениям.

Изучение космических снимков Мургабской нефтегазоносной провинции, осуществленное Э.Ф. Румянцевой [31], показало, что известные месторождения газа и нефти, а также нефтегазоперспективные структуры района находятся в зонах пересечения линейментов субмеридионального и субширотного простираения. Эти линейменты в рассматриваемых зонах совпадают с известными субмеридиональными глубинными разломами и субширотными тектоническими нарушениями разных рангов, являющимися, как правило, границами блоков, испытывающих разные по интенсивности неотектонические движения. Наибольшая концентрация локальных нефтегазоносных структур расположена в блоках, испытывающих минимальные амплитуды воздымания, или приурочена к их границам.

В пределах блоков минимального воздымания (Донмезско-Даулетабадский район) линейменты более высоких порядков, дешифрируемые на космических снимках, соответствуют выдержанным по простираению зонам мезотрещиноватости преимущественно ортогональных простираений, соответствующих границам блоков.

Отражением относительно более интенсивных положительных движений блока (Карабильская зона поднятий) является система линейментов наиболее высоких порядков, отражающих положительную геоморфологическую структуру, в пределах которой локальная антиклинальная складка Карабильского газового месторождения и ряд других локальных поднятий, приуроченных к западной границе блока, не имеют четкого орографического выражения и соответствующего положительной структуре линейментного поля. Объясняется это тем, что на новейшем этапе развития структуры вовлечены в достаточно интенсивное общее сводовое поднятие Клока.

Группа нефтегазовых месторождений и структур, перспективных на газ и нефть, приурочена к валообразным поднятиям, которые чаще всего расположены в пределах крупных региональных линейментов. Валообразные поднятия преимущественно имеют (ортогональные простираения, а площади их или локальные складки, расположенные в их пределах, находятся в зонах пересечения линейментов высших порядков, отражающих положительную структуру.

В пределах молодых плит большой фактический материал получен по изучению линейментной тектоники Туранской нефтегазоносной провинции. Дешифрирование первых космических (снимков Туранской плиты, полученных еще в 1969 г. космонавтами В.А. Шаталовым и А.С. Елисеевым, выполнили геологи В.Е. Гендлер, О.М. Канфель, М.Т. Козицкая, М.А. Артамонов, Е.Н. Исаев, С.М. Богородский, П.В. Флоренский и многие другие.

Закономерности связи разломов и концентраций зон нефтегазоаккумуляции этого региона изучена В.П. Гавриловым [19], которому удалось доказать, что эта связь наиболее тесна с региональными разломами непрерывного развития. Именно эта категория разломов наиболее отчетливо проявляется на космических снимках и в этой связи линейментная тектоника в данном регионе играет существенную роль при поисках новых месторождений нефти и газа (рис. 32).

В результате использования космических снимков разных масштабов и полученных в различные времена года на Туранской плите линейментная сеть изучена достаточно детально. Было установлено [19], что линейментная тектоника контролирует не только распределение отдельных структур, но и зоны трещиноватости, определяющие коллекторские свойства пород. Геологический анализ сети линейментов Южного Мангышлака и п-ова Бузачи позволил установить их динамическое развитие и выявил следующие закономерности:

- 1) линейменты мангышлякского (запад-северо-западного) простираения контролируют складчатость, к ним приурочены локальные поднятия, по ним происходило сжатие, что в значительной мере отрицательно отразилось на пористости пород;
- 2) для линейментов север-северо-восточного простираения характерно наличие зон трещиноватости, образованных в условиях растяжения. С ними связаны цепочки грязевых вулканов.

Комплексный геологический анализ результатов наземных исследований и результатов дешифрирования космических снимков наглядно показал, что в пределах Предкавказской нефтегазоносной провинции субмеридиональные и северо-восточные простираения линейментных зон отражают в основном структурный рисунок добайкальского фундамента, а северо-западные и субширотные – характеризуют герцинский и альпийский структурные планы Предкавказья [19]. При этом было установлено, что северо-восточные и субмеридиональные тектонические зоны активизировались в новейшее время и поэтому наиболее отчетливо проявляются на космических изображениях. Месторождения нефти и газа располагаются в узлах пересечений линейментов различной ориентировки.

Анализ линейментного рисунка, выявленного Б.А. Соколовым в 1981 г. при работе с космическими снимками равнинного Крыма позволил установить, что Крымский полуостров (без Керченского) находится в условиях раздвигания, амплитуда которого увеличивается с востока на запад. Современными раздвиговыми грабенами и трещинами являются Каркинитский и Донузлавский заливы, бухты Севастополя, Балаклавы и др. Б.А. Соколов считает, что раздвиговые движения приводят к смещению блоков Крымского полуострова на юг и в этой связи следует говорить о надвигании Крыма на Черноморскую впадину. Раздвиговые движения на западе Крыма отражены в морфологии побережья: в наличии гидротермальных источников, лечебных грязей, инверсионности Тарханкутского вала, сформированного над нижнемеловым грабеном.

Интересные данные получены Арк.В. Тевелевым при изучении закономерностей размещения нефтегазовых месторождений Таджикской депрессии по результатам дешифрирования космических снимков. Он высказывает мнение, что наиболее пригодной геодинамической обстановкой для вертикальной миграции углеводородов является обстановка растяжения. Линейные структуры растяжения являются своеобразными каналами, в которые «выжимаются» из окружающих пространств газово-жидкие компоненты, по которым мигрируют в верхние части коры, в благоприятных случаях концентрируясь в тех или иных ловушках, являющихся, как правило, структурами сжатия. Поскольку в Таджикской депрессии, так же как, вероятно, и в других тектонически активных областях Юга СССР, региональные зоны сжатия и растяжения расположены практически под прямым углом, было бы естественно ожидать скоплений углеводородов в узлах пересечения таких зон. Кроме того, исходя из тех же соображений, можно ожидать, что области наиболее активного нефтегазоаккумуляции в регионах располагаются поперек складчатой структуры, приспосабливаясь к региональным зонам растяжения. Анализ соотношения продуктивных складок с его региональной тектонической структурой, произведенный Арк.В. Тевелевым, показывает, что такого рода модель удовлетворительно отвечает закономерностям размещения скоплений углеводородов этой территории.

Половина всех месторождений располагается в узкой полосе северо-западного простираения, пересекающей последовательно Юго-Западный Гиссар,



Рис. 32. Главнейшие разломы Туранской плиты и важнейшие скопления углеводородов; по В.П. Гаврилову.

1 – разломы, 2 – скопления углеводородов

Сурхандарьинскую впадину и Таджикскую депрессию. Северо-западный фланг этой полосы, известный под названием Алакутанского линеймента, отделяет северо-восточную, наиболее приподнятую часть Юго-Западного Гиссара от частных впадин его юго-западного погружения, и в неотектонической структуре является ярко выраженным поперечным грабеном, месторождения, тяготеющие к Алакутанскому линейменту, вмещаются в поперечные антиклинальные складки и локальные поднятия. Адамташская и Гаджакская газосносные структуры образованы брахиформными складками, расположенными в тылу крупных надвигов; Ляльмикарская и Пачкомарская структуры шлятся линейными принадвиговыми антиклиналями; Гумбулакская складка представляет собой брахиантиклиналь, погребенную под крупным надвигом и т.д. Все это подтверждает ту мысль, что Алакутанский линеймент контролирует не структурообразование само по себе, поскольку сходные структуры распространены ю всей рассматриваемой территории, а именно продуктивность структур.

Алакутанский линеймент является наиболее выразительным в этом регионе, но не единственным трансрегиональным линейментом северо-западного простирания и, по мнению Арк.В. Тевелева именно в зонах такого рода структур следует искать перспективные объекты. В первую очередь Арк.В. Тевелев рекомендует обратить внимание на Дарьинский линеймент, протягивающийся через весь Юго-Западный Гиссар от замыкания Тагамской антиклинали до Термеза и далее, тем более, что в зоне этого линеймента имеются признаки нефтеносности, например, приповерхностная нефть на Гаурдакской антиклинали.

Таким образом, знание особенностей линейментной тектоники любого региона обуславливает возможность более детального и обоснованного прогноза поисков месторождений нефти и газа на его территории.

Результаты анализа показали, что применение аэрокосмических методов дает максимальный эффект только при его комплексном использовании с другими наземными геолого-геофизическими методами.

13. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

Анализ линейментных систем, выявляемых с помощью космических снимков, показал, что современные геологические процессы и явления в большой мере регламентированы формами делимости земной коры и подчинены закономерностям пространственно-временного развития линейментного поля. Если принять во внимание, что линейменты могут рассматриваться в виде естественных индикаторов глубинной делимости земной коры, то можно использовать линейментный рисунок того или иного (особенно закрытого) региона в целях неотектонического или ландшафтного районирования, заключающегося в выделении «площадей (главных и подчиненных) с положительными и отрицательным знаком движений и переходных (условно нейтральных) [19], отличающихся, как правило, геологической структурой, геоморфологическим строением, а также формой проявления, направленностью и интенсивностью различных экзогенных процессов.

Исследование законов развития линейментного поля во времени дает возможность делать прогнозы относительно направленности геологических процессов, формирующих современный ландшафт. Так, например, в распределении генетических типов четвертичных отложений и их разновозрастных генераций районов дельт рек Мургаб и Теджен намечается четкая закономерность, контролируемая сетью линейментов ортогонального и диагонального простирания (рис. 33).

Система линейментов ортогонального простирания, часть которых является известными ранее глубинными разломами, контролирует распределение наиболее древних генераций четвертичных отложений. Линейменты диагональных направлений в основном связаны с распределением более молодых генераций четвертичных отложений (в том числе новейших). Характер линейментного поля свидетельствует о достаточно сложном геологическом развитии района, о проявлении в четвертичном покрове системы ортогональных – более древних – и диагональных – более молодых, деформаций скрытого типа. При этом ортогональная система линейментов отражает развитие на исследуемой территории относительно крупных структурных форм – блоков, испытывающих положительные движения различной интенсивности. Развитие этих структурных форм в новейшее время происходит под воздействием дополнительных деформаций диагональных простираний – системы флексурно-разрывных нарушений скрытого типа. Анализ пространственно-временного развития систем линейментов позволил восстановить историю развития дельт в четвертичное время, включая новейшее. Древние дельты рек Мургаб и Теджен относятся к свободным дельтам, отличающимся слабо врезанной сетью ветвящихся водотоков, часто меняющих свое местоположение. Развитие их происходило в субширотной зоне относительного прогибания и аккумуляции с общим уклоном на запад, что привело к их расширению и образованию единой асимметричной древней дельты, форма которой близка к прямоугольному треугольнику, в котором восточная и северная границы расположены под прямым углом. Северной границей объединенной дельты является линеймент субширотного простирания, являющийся естественной преградой для распространения отложений прадельты. Отдельные участки этого линеймента соответствуют Репетекскому валу и глубинному разлому того же названия. Восточная граница прадельты фиксируется субмеридиональным линейментом, являющимся северным продолжением Мургабского разрывного нарушения и совпадающим с западной границей Учаджинского вала. Юго-западной границей прадельты является линеймент, простирание которого совпадает с Колетдагским разрывным нарушением.

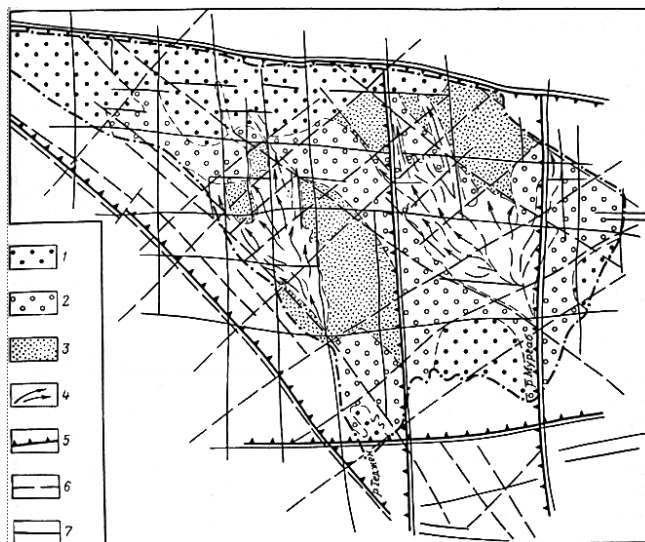


Рис. 33. Схема отражения линейментов и разрывных нарушений в строении дельт рек Мургаб и Теджен (составила Э.Ф. Румянцев).
Разновозрастные генерации дельт: 1-2 – древняя, позднеплейстоценовая (объединенная) с наложенным эоловым рельефом (1 – с грядовым; 2 – с увалистым); 3 – позднеплейстоценовая; 4 – голоценовая; 5 – крупные разрывные нарушения; 6-7 – системы линейментов (6 – диагональные, 7 – ортогональные)

Значительное сокращение площади прадельты рек Мургаб и Теджен и ее разделение в новейшее время обусловлено различными по интенсивности положительными движениями блоковых структурных форм, границы которых контролируются системой линейментов ортогональных и диагональных простираний. Общее для обеих дельт – это миграция северной границы на юг и отклонение обеих современных дельт на запад. Эти движения контролируются линейментами ортогональных направлений. Форма современных дельт и деформация их поверхности свидетельствуют о том, что на их площадях в новейшее время развиваются отдельные, разноориентированные валлообразные поднятия и локальные антиклинальные структуры. В целом можно отметить, что система диагональных линейментов влияет на особенности строения современных дельт: линейменты северо-восточного направления (поперечного к простиранию дельты) контролирует ступенчатое или «клавишеобразное» строение площади дельты р. Теджен и в меньшей степени дельты р. Мургаб. Линейменты северо-западного направления контролируют расчлененность дельты и их границы по простиранию.

Необходимо отметить, что характер линейментных полей дельт рек Мургаб и Теджен различный. Дельта р. Мургаб по простиранию развивается в условиях, при которых граница «раскрытия» дельты морфологически достаточно четко выражена, хотя в новейшее время наблюдается некоторое ее смещение на север. Проходит она параллельно субширотному Бадхыз-Карабильскому разлому, определяющему развитие сети параллельных ему линейментов.

Строение дельты р. Теджен по простиранию определяется более сложной системой линейментов, так как дельта находится в области, прилегающей к Колетдагскому горно-складчатому сооружению. Серия линейментов, идущих вкост простирания основным складчатым зонам Колетдага и ограничивающим приподнятые или относительно опущенные блоки в складчатой зоне, протягиваясь на северо-восток, контролирует ступенчатое развитие дельты р. Теджен – миграцию различных генераций отложений дельты в северном и северо-западном направлениях и частичное наложение их.

Таким образом, современное развитие дельт рек Мургаб и Теджен определяется особенностями линейментного поля и его изменением во времени. Мощный покров новейших отложений с одной стороны затрудняет исследование геологической природы систем линейментов, с другой – отражает строение линейментного поля, определяющего направленность и особенности современных процессов.

Другим примером перспективного развития линеаментной тектоники может служить изучение погребенной гидрографической сети закрытых территорий. Этот вопрос недавно поставлен О.М. Борисовым и В.Н. Полтаченко [19], показавшим на примере Туранской впадины «приуроченность палеорусел к линейным элементам рельефа – линеаментам», что является важным в народно-хозяйственном отношении, так как с отложениями древних русел, как известно, часто связаны россыпные месторождения различных полезных ископаемых.

Линеаментная тектоника находит применение и при прогнозировании современных стихийных бедствий, например, оползневых и обвалных процессов. Сотрудники лаборатории фотогеологии МГУ А.И. Гуцин, М.Ю. Никитин и В.Д. Скарятин показали недавно [19], что многочисленные обвалы и оползни Большекавказского антиклинория приурочены к зонам линеаментов, как северо-восточного (поперечного) простирания, например, к Андийскому (северной ветви Понтийско-Кизлярского линеамента – по терминологии авторов), Самур-Аргунскому и другим, так и продольного – северо-западного простирания.

Так как «главные черты геологического и геоморфологического строения побережий определяются... системами трансрегиональных глубинных разломов» [19], отражением которых на поверхности Земли служат линеаменты, последние могут использоваться в виде индикаторов при трассировании глубинных нарушений в переходных зонах или, другими словами, в зонах сочленения типа континент – море, континент – океан. И если космолинеаменты могут быть получены только для прибрежных полос континентов, островов и банок, то батилинеаменты, получаемые при анализе гипсометрии морского дна, могут трассировать искомые нарушения и дальше – в глубины моря.

В результате того, что линеаменты и линеаментные зоны являются структурами повышенной проницаемости земной коры, они служат проводящими путями растворов и газов, как правило, более высокотемпературных по сравнению с поверхностью Земли или морского дна. Это обстоятельство часто приводит к уникальным современным явлениям и процессам, например, к протаванию протяженных узких зон, к зонам дробления льда¹², к так называемому апвеллингу¹³, т.е. подъему глубинных вод к поверхности моря, и даже к линейности облачного покрова¹⁴.

Линеаменты и их системы, но особенно участок сочленения или пересечения линеаментов и их систем являются структурами большей геодинамической подвижности по сравнению с вмещающим пространством геологической среды, а значит и большей современной активности различных геологических процессов, будь то процессы сейсмичности или оползневые явления, повышенная обводненность или раздробленность горных пород, что следует учитывать при планировании и строительстве различных инженерно-технических сооружений, особенно высотных плотин или атомных станций, являющихся, как известно, объектами повышенной ответственности.

ЧАСТЬ V ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТОНИКИ

14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФОРМ ДЕЛИМОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЦЕЛЯХ ГЛУБИННОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Рассмотренный в предыдущих главах материал по линеаментной тектонике гетерогенных и разновозрастных территорий Земли – складчатых поясов и платформенных областей – обоснованно и однозначно подводит к выводу о том, что линеаменты и их системы, выявленные по мелкомасштабным топографическим картам и космическим снимкам, в определенной степени отражают на земной поверхности глубинный структурный каркас земной коры, являясь таким образом своеобразными природными индикаторами направлений и форм делимости литосферы.

Как было показано выше, сопоставление закартированных разрывов поверхностной геологической структуры с вновь выявленными линеаментами часто демонстрирует, что разрывы иллюстрируют поверхностные направления и формы делимости земной коры, а линеаменты, как правило, «сигнализируют» о направлениях и формах делимости более глубинных (до нескольких десятков километров и более) уровней.

Косвенным, но весьма существенным доказательством этого предположения может служить частое совпадение трасс линеаментов, выявленных по топографическим картам и отдешифрированных по космическим снимкам, и глубинных нарушений земной коры, установленных геофизическими и сейсмологическими методами. Причем, картина глубинного дробления земной коры, выявленная по данным линеаментной тектоники, близка к геометрически закономерному рисунку делимости, образованному различными вариантами сочетания нарушений ортогонального (субширотного и субдолготного) и диагонального (северо-западного и северо-восточного) простираний. Наиболее устойчивыми рисунками делимости могут считаться гексагональный [38], установленный для севера Восточно-Европейской платформы, и ромбовидный, установленный для различных регионов Земли.

Кроме того, широко развиты тетраидальный, пентаидальный [24]¹⁵ и треугольный рисунки делимости земной коры, которые при наложении друг на друга образуют сложный тип делимости, характерный для интенсивно деформированных участков земной коры.

Совершенно очевидно, что закономерный рисунок делимости земной коры должен иметь (и, вероятно, имеет) вполне конкретный историко-геологический тектонический и геодинамический смысл, так как:

- контролирует глубинное районирование земной коры, разделяя блоки, различающиеся глубиной залегания, степенью и ориентировкой деформированности поверхности Мохоровичича;
- трассирует (очерчивает, намечает) границы блоков с разной глубиной залегания поверхности кристаллического фундамента (например, блоки Северо-Западного и Юго-Восточного Кавказа);
- определяет глубинные границы древних платформ, молодых плит и разновозрастных горно-складчатых поясов;
- оконтуривает основные структурные элементы земной коры – мегантиклинории (Крымский, Кавказский и др.), синклинории, срединные массивы (например, Дзиркульский), передовые (Предкопетдагский) и межгорные (Араксинский) прогибы, континентальные (Паннонская, Рионская, Курильская) и морские (Южно-Каспийская) впадины, интрузивные массивы (например, Чорхоский), вулканические плато (Араксинское) и другие;
- четко связан с закономерностями расположения рудных, нефтяных и газовых месторождений;
- ограничивает зоны (районы, блоки) с различными сейсмическими параметрами;
- упорядочивает современный гидрографический рисунок «лика Земли» (направление долин рек, простирание морских и океанических побережий, ориентировку горных гряд, долин и ущелий и т.д.).

Последние два обстоятельства свидетельствуют, в свою очередь, об активности намеченного по данным линеаментной тектоники рисунка глубинной делимости земной коры на современном этапе ее развития.

Таким образом, можно считать, что линеаментный рисунок земной коры отражает рисунок (форму и направления) делимости глубинных уровней литосферы, а результаты изучения линеаментной тектоники могут использоваться в целях глубинного тектонического районирования, являющегося основой для решения многочисленных задач геологии как теоретического, так и прикладного характера.

15. ПОСТРОЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КРУПНЫХ РЕГИОНОВ ЗЕМЛИ

Геодинамическая модель зоны Главного Копетдагского разлома, построенная с позиций линеаментной тектоники, может, если не резко изменить, то значительно уточнить имеющиеся представления о геодинамике этого региона.

Кинематический и динамический анализ схемы линеаментной тектоники зоны Главного Копетдагского разлома, составленной по данным дешифрирования космических снимков (см. рис. 21), показывает, что глубинная геодинамическая модель зоны Главного Копетдагского разлома не может (и не должна) строиться только на базе кинематики разрывов собственно зоны разлома, а должна основываться на пространственном и кинематическом анализе линеаментного рисунка зоны сочленения Копетдагского горно-складчатого сооружения альпийского возраста и эпипалеозойской Туранской плиты. Более того, геодинамическая модель данного региона не может строиться без учета данных о кольцевых образованиях, отдешифрированных на космических снимках и находящихся не на случайных, а на геодинамически строго обоснованных участках.

Среди линеаментов зоны сочленения Копетдага и Туранской плиты четко различаются внутриплитные, внутриорогенные, пограничные и сквозные. Обращает на себя внимание местоположение гигантской Бахарденской кольцевой структуры (точнее полукольца), расположенной на месте схождения

внутриплитных и внутриорогенных линейментов и как бы фиксирующей место максимального упора¹⁶,двигающихся навстречу друг другу геологических масс Копетдага и Турана¹⁷.

Характерно, что местоположение максимального встречного упора вполне согласуется с кинематикой линейментов данной модели, ограничивающих два – внутриплитный и внутриорогенный – трапециевидных блока (рис. 34).

Внутриорогенный трапециевидный блок разбит густой сеткой линейментов различных простираний и кинематических характеристик. Наиболее значительными в развитии и современной структуре земной коры данного региона вполне определенно могут считаться Межбалханский и Гяурлинский линейменты северо-восточного и субширотного простираний, Ашхабад-Мешхедский и Хивебад-Арабалинский линейменты субдолготного простирания, Балхан-Копетдагский линеймент северо-западного простирания. Левосдвиговая кинематика Межбалханского и Гяурлинского, взбросо-сдвиговая – Балхан-Копетдагского и правосдвиговая – Ашхабад-Мешхедского и Хивебад-Арабалинского линейментов неизбежно должны приводить к движению Копетдагского трапециевидного блока (равно – Иранской плиты) в северо-восточном направлении в сторону Туранской плиты и к неизбежному же раздавливанию и торшению геологических масс Копетдагской миогеосинклинали и, как следствие, к образованию на границе взаимодействующих блоков Копетдагского горно-складчатого сооружения.

Таким образом, можно резюмировать, что линейментная тектоника зоны Главного Копетдагского разлома позволяет предложить новую, пока гипотетическую, геодинамическую модель не только собственно зоны разлома, но и, в более широком смысле, зоны глубинного сочленения крупных блоков земной коры – Иранской и Туранской плит, что, вероятно, может способствовать дальнейшему пониманию современных геодинамических процессов данного региона, выражающихся интенсивной современной сейсмичностью.

Геодинамическая модель сочленения платформ Годваны и Евразии рассматривается на примере Карпато-Балканского и Тавро-Кавказского сегментов альпийского Средиземноморского пояса (см. рис. 17).

На рассматриваемой территории выделяются три зоны концентраций линейментов (рис. 35): продольная, собственно альпийского субширотного простирания (Балкано-Иранская) и две поперечные – северо-западного (Карпато-Кипрская) и северо-восточного (Кипро-Южноуральская) простираний, ограничивающих Восточно-Европейскую платформу.

Поперечные линейментные зоны сходятся в районе Кипра, образуя «Кипрский клин», геодинамическое значение которого аналогично, вероятно, Кушклинскому клину. Продольная субширотная линейментная зона на широте Крыма нарушает Кипрский клин, предопределяя таким образом трапециевидную морфологию зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и ее альпийского горноскладчатого обрамления. В участках пересечения продольной и поперечных линейментных зон в условиях общего субмеридионального сжатия создаются условия для формирования локальных полей напряжений.

Принимая во внимание, что большинство линейментов северо-восточного простирания соответствуют разрывам с левосдвиговой составляющей смещения, а линейменты северо-западного простирания – разрывам с правосдвиговой кинематикой, нетрудно представить природу этих полей напряжений, образованных, вероятнее всего, в результате возникновения дискретных – Предкарпатского, Предбурджинского, Предкрымского, Предкавказского и Предкаспийского – участков приложения общего субмеридионального поля напряжения, основной вектор которого направлен здесь вдоль Крымско-Кипрской линейментной зоны субмеридионального простирания и ориентирован в острый угол Кипрского клина.

В условиях такого кинематического взаимодействия линейментов и их зон и при такой ориентировке регионального поля напряжений вдоль субмеридиональных линейментных зон, пересекающих, как правило, пересечения право- и левосдвиговых нарушений, следует ожидать возникновения растягивающих усилий. На их наличие указывают, вероятно, аномальные образования глубинных уровней земной коры – кристаллического фундамента, поверхности Мохоровичича: глубинные диапиры, поднятия, своды и прочие объекты «всплывания». К последним можно отнести, например Ставропольское и Симферопольское поднятия, расположенные на трассах Транскавказско-Каннинской и Крымско-Кипрской субмеридиональных линейментных зон. Аналогичную структурную ситуацию могут отражать и резкие поднятия поверхности Мохоровичича, также контролируемые долготными рамками названных выше линейментных зон.

Косвенным указанием на возникновение растягивающих усилий являются Висленский, Дунайский и Рионский блоки кристаллического фундамента, также, вероятно, испытавшие тенденцию к «всплыванию».

Следует отметить, что особая структурная роль принадлежит Кипрско-Уральской линейментной зоне, отражающей, возможно, юго-западную виргацию Урало-Оманского суперлинеймента [15] и служащей северо-западным ограничением Аравийского выступа Африканской платформы, прослеживаясь далеко в теле последней (см. рис. 8) вплоть до Гвинейского залива, входя в систему крупных левосдвиговых нарушений Пелузского мегасдвига [48].

Важная геодинамическая роль принадлежит и сквозным линейментам и линейментным зонам – Крымско-Кипрской, Пальмиро-Апшеронской, Красноморско-Межбалхан-Узбойской и другим, как бы «сшивающим» платформы Евразии и Гондваны, «просвечиваясь» под горно-складчатыми образованиями альпийского Средиземноморского пояса, маскирующего истинные контуры границы зоны сочленения этих древних платформ Земли.

Следует подчеркнуть, что линейментная тектоника зоны сочленения платформы Гондваны и Евразии в целом характеризуется закономерным сочетанием диагональных (северо-западных и северо-восточных) и ортогональных (субмеридиональных и субширотных) линейментов. Ориентировка линейментов в пространстве и их геодинамическая реализация достаточно тесно взаимосвязаны: диагональные линейменты образуют преимущественно зоны скалывания, ортогональные – зоны сжатия и растяжения. Геодинамическая специализация линейментов обусловила и их структурные особенности: диагональные сколы подчеркивают (или даже ограничивают) клиновидные «пилообразные» контуры зоны сочленения платформ Евразии и Гондваны, субширотные взбросы и надвиги предопределили продольную (широтную) складчатость Средиземноморского пояса, а субмеридиональные раздвиги – его поперечную – поверхностную и глубинную – зональность.

Геодинамическая модель Восточного полушария Земли, построенная по данным анализа мелкомасштабной топографической карты полушария,

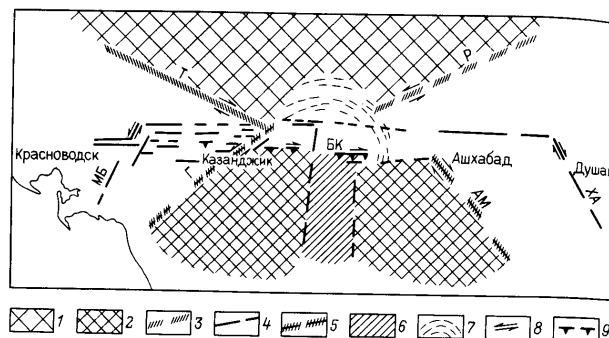


Рис. 34. Геодинамическая модель зоны Главного Копетдагского разлома (составил А.И. Полежаев).

1–2 – трапециевидные блоки (1 – внутриплитные, 2 – внутриорогенные); 3–6 – линейменты и их зоны; 3 – внутриплитные (Т – Туркмынский, Р – Репетекский); 4 – пограничные (МБ – Межбалханский, БК – Балхан-Копетдагский, ХА – Хивебад-Арабалинский); 5 – внутриорогенные (Г – Гяурлинский, АМ – Ашхабад-Мешхедский); 6 – осевая – Эльбурс-Бахарденская линейментная зона; 7 – Бахарденская кольцевая структура; 8 – сдвиги; 9 – надвиги и взбросы

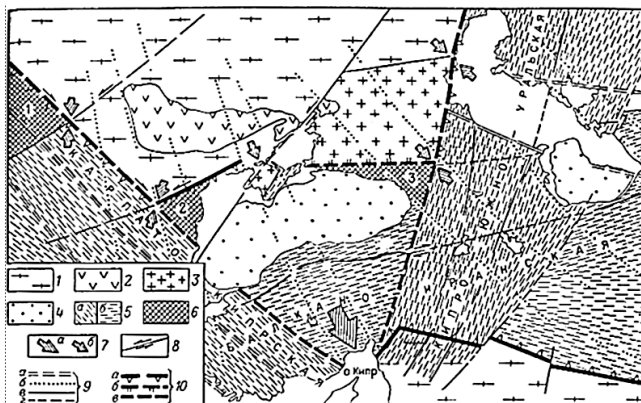


Рис. 35. Геодинамическая модель области сочленения Восточно-Европейской платформы и ее альпийского обрамления (составил А.И. Полежаев).

1 – древние платформы; 2 – Украинский кристаллический массив; 3 – Скифская плита; 4 – глубоководные морские впадины; 5 – линейментные зоны (а – поперечные, б – продольные); 6 – выступы фундамента: Висленский (1), Дунайский (2), Рионский (3); 7 – направления сжатия (а – общего, б – локального); 8 – разрывы и направления смещения по ним; 9 – простирания линейментов (а – северо-западные, б – субмеридиональные, в – северо-восточные, г – субширотные); 10 – границы (а – древних платформ, б – Скифской плиты, в – выступов фундамента)

образована четырьмя клиновидными блоками-сегментами, разделенными двумя диагональными линейными зонами – Африкано-Чукотской (северо-восточного простирания) и Средиземноморско-Индонезийской (северо-западного простирания) (рис. 36).

Африкано-Чукотская линейная зона образована двумя глобальными линейными зонами – Калахари-Индским и Ирано-Ленским, вдоль которых намечаются левосторонние смещения элементов рельефа полушария и шарнирное скручивание земной коры, так как у Калахари-Индского линейного поднято северо-западное, опущено юго-восточное крыло, а у Ирано-Ленского линейного соотношение крыльев прямо противоположное: опущено северо-западное, поднято – юго-восточное.

Средиземноморско-Индонезийская линейная зона представляет собой глобальную зону интенсивной современной деструкции земной коры, вдоль граничных линейных зон которой, например, вдоль Крымско-Копетдагского, наблюдаются правосторонние смещения элементов рельефа и геологических структур, а также шарнирное скручивание земной коры, так как на северо-западном фланге этой зоны поднято юго-западное (Африканское) крыло, опущено – северо-восточное (Восточно-Европейское) крыло, а на юго-восточном фланге обратные соотношения крыльев: поднято северо-восточное (Азиатское) крыло, опущено юго-западное (Индо-океаническое) крыло.

В целом, названные выше линейные зоны делят крест-накрест восточное полушарие на четыре клиновидных блока-сегмента, отличающихся направлением и интенсивностью вертикальных движений земной коры: Евразийский и Индоокеанический сегменты испытывают тенденцию к опусканию, Африканский и Азиатский – к поднятию. Причем, следует отметить, что опускания и поднятия сегментов не равны по интенсивности: Индоокеанический сегмент испытывает большие опускания по сравнению с Евразийским, а Азиатский сегмент испытывает большие поднятия по сравнению с Африканским.

Исходя из кинематических особенностей планетарных линейных зон Восточного полушария Земли и характера вертикальных движений разделенных ими сегментов, глубинная геодинамическая модель Восточного полушария Земли, построенная по данным линейной тектоники, может предопределяться планетарными сопряженными системами глубинных сколов северо-восточного и северо-западного простираний, совокупные движения вдоль которых, в условиях общего субмеридионального сжатия, и соответственно, субширотного растяжения привели к асимметричному распределению масс Земли этого полушария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проведенному обобщению, авторы хотели бы отметить, что не считают работу законченной, а тему – закрытой. Далеки они от мысли, что, будучи на их месте специалисты другого направления, выполненное обобщение было бы точно таким же. Отнюдь нет, и, может быть, потому геологические исследования и интересны, что опыт и знание различных ученых постоянно приводят к построению конкурирующих моделей в геологии, в геотектонике, в геофизике, в сейсмологии и в других отраслях.

Что же следует сказать в первую очередь, заканчивая нашу попытку критического анализа развития линейной тектоники, обобщения ее современного состояния и определения перспектив ее развития? Вероятно то, что следует не только оптимистически оценивать потенциальные возможности этой, интенсивно развивающейся отрасли современной геотектоники, но и быть готовым к возможным недостаткам и отдельным просчетам, которые могут быть корректно отнесены к объективным издержкам, связанным со сложностью развития любой отрасли науки.

Во вторую очередь хотелось бы отметить некоторые успехи в методологическом, методическом, теоретическом, прикладном и региональном планах.

Анализ и обобщение почти 150-летнего развития линейной тектоники убедительно демонстрируют важную методологическую роль и значение «открытий» В. Хоббса, внесшего в геологию понятие «линейный», и Р. Зондера, сформулировавшего понятие о «линейной тектонике»: названные понятия послужили своеобразными терминологическими осями, вокруг которых шло постоянное накопление фактического материала, его теоретическое осмысление и практическое применение. Кроме того, проанализированный материал представляет богатую пищу для размышлений о систематичности и всесторонности геологических исследований, связанных не только с постоянным проведением полевых экспедиций, но и с камеральной обработкой (дешифрированием) самых различных картографических материалов, что приводит иногда к интересным научным открытиям.

В плане методическом представляется важным вывод о возможности восстановления линейного поля земной коры не только с помощью дешифрирования космических снимков, но и путем анализа разномасштабных картографических материалов – топографических, геологических, геофизических, сейсмологических и других, что позволяет проводить изучение линейной тектоники не только регионов, покрытых космической съемкой, но и остальной территории Земли.

Перспективным, с точки зрения методической, представляется возможность выявления, с помощью данных линейной тектоники, форм глубинной делимости земной коры, районирования земной коры по степени дробления и построения глубинных геодинамических моделей разномасштабных структур и блоков земной коры иногда довольно резко отличающихся от традиционно принятых представлений, что было продемонстрировано на примерах геодинамических моделей зоны Главного Копетдагского разлома, зоны сочленения платформ Евразии и Гондваны и Восточного полушария Земли в целом.

В теоретическом плане достижения линейной тектоники в первую очередь должны связываться с ролью и значением линейного генезиса в общем процессе тектоники Земли, начиная с самых ранних ее стадий и кончая современным состоянием. Линейный генезис предопределяет место заложения и дальнейший стиль развития основных элементов строения Земли – геосинклинальных прогибов и горно-складчатых поясов, древних платформ и молодых океанов, рифтогенных структур и т.д.

Не менее важным, в теоретическом плане, представляется установленная аналогия линейного рисунка Земли с линейным рисунком планет земной группы – Луны, Марса, Венеры.

Прикладные аспекты линейной тектоники чрезвычайно важны и актуальны в плане прогнозирования и поиска месторождений твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, в плане долгосрочного прогнозирования различных современных геологических явлений и процессов, например, сейсмических, гравитационных и других.

Региональные успехи линейной тектоники связаны с возможностью составления схем линейного поля конкретных регионов по комплексу геологических, геофизических и других данных. Причем, можно сделать следующий вывод: чем больше материалов будет подвергнуто обработке (дешифрированию) с точки зрения поиска для выделения линейных зон и составления в дальнейшем схемы линейного поля региона, тем сопоставимее, а значит – достовернее и надежнее будут результаты. В этом смысле, наиболее благоприятными регионами для изучения линейной тектоники Земли могут считаться, в первую очередь, хорошо изученные регионы, такие как Восточно-Европейская платформа, Средиземноморский горно-складчатый пояс и др.

Поток фактического материала позволяет надеяться на то, что отношение специалистов самых различных геологических и смежных специальностей к проблеме «линейная тектоника» будет с каждым годом становиться все внимательней и всесторонней, методы поиска, выявления и интерпретации линейных зон и их систем будут уточняться и развиваться, имеющиеся классификации линейных зон и их систем – совершенствоваться, а элементарные схемы и карты линейного поля различных регионов Земли – все полнее и объемнее (и по латерали и по вертикали) отражать геодинамические модели (картины) взаимодействия крупных блоков (или сегментов) земной коры.

Нет сомнения и в том, что по мере создания современной общей теории тектоносферы (тектогенеза) Земли будет проявляться проблема генезиса

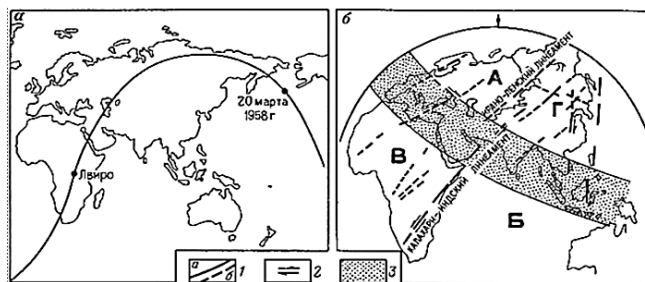


Рис. 36. Сопоставление линейного рисунка Восточного полушария Земли (б) и пути сейсмических волн (а), вызванных землетрясением на Алеутских островах, зарегистрированных в Лейро (Африка); по Ковачу.
1 – линейные (а – достоверные, б – предполагаемые); 2 – направление сжимающих напряжений вдоль линейных зон; 3 – зона интенсивного межблокового разрушения. Блоки (секторы) опускания (А – умеренного, Б – максимального) или поднятия (В – умеренного, Г – максимального)

линеаментов – кардинальная проблема линеamentной тектоники, решение которой чрезвычайно важно как в теоретическом плане, так и в прикладном аспекте.

Следует особо отметить следующее: если теоретическое значение линеamentной тектоники осознается геологами самых разных направлений и специализаций, то прикладные, столь очевидные возможности линеamentной тектоники еще требуют широкого и глубокого осмысления, так как многие закономерности сейсмичности, металлогении, нефтегазоаккумуляции и различных других процессов геологического прошлого, настоящего и будущего нашей планеты могут найти свое объяснение только в рамках (или с позиций) именно линеamentной тектоники, способной весьма быстро (по времени), недорого (по стоимости затрат) и эффективно (по конечным результатам) воссоздавать элементы (и даже основные черты, каркас) глубинного рисунка различных уровней земной коры, прямо или косвенно влияющего на указанные выше закономерности.

Наиболее перспективные направления линеamentной тектоники, могут связываться, в первую очередь, с оптимизацией определения основных форм глубинной делимости земной коры и с построением глубинных геодинамических моделей земной коры разномасштабных блоков (или сегментов). Это несомненно внесет существенный вклад в углубление районирования коры по различным геологическим параметрам (делимости, дроблению, плотности нарушений и т.д.) и будет способствовать корректному долгосрочному прогнозу геологических процессов и явлений, в том числе, и прогнозированию мест локализации месторождений и проявлений различных полезных ископаемых, что чрезвычайно важно в условиях современного дефицита минерального сырья, а также и прогнозированию сейсмических процессов и явлений, что не менее важно в условиях активного народнохозяйственного освоения сейсмоопасных регионов.

Следует отметить, что успехи линеamentной тектоники будут прямо связываться с кадрами геологов, специально подготовленных для решения этой далеко не простой проблемы, требующей разносторонней теоретической подготовки, большой практики дешифрирования и нетрадиционного подхода при изучении мельчайших шрамов на «лице Земли», способных передать терпеливому исследователю нестандартную информацию о разномасштабных и разноглубинных нарушениях земных недр. И поэтому дальнейшее развитие линеamentной тектоники авторы склонны связывать с молодым поколением геологов, для которых и предназначена в первую очередь данная книга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях. Отв. ред. И.Н. Томсон. М., Наука, 1979.
2. Артамонов М.А., Богородский С.М., Шеремет О.Г. Некоторые вопросы методики комплексной интерпретации аэрокосмической информации и геофизических полей при изучении структуры закрытых регионов (на примере Туранской плиты). // Исследование Земли из космоса, 1980, № 6, с. 65–75.
3. Аэромагнитная съемка юга Туранской плиты / А.У. Захидов, Д. Нурмамедов, И.Д. Кузьмин и др. // Изв. АН Туркменской ССР, серия физ.-технич. хим., геол. наук, № 5, 1980, с. 124–127.
4. Бончев Е. Подвижная область Балканид и разрывающие ее транзитные криптолинеamentы. / В сб.: Тектоническое развитие земной коры и разломы М., 1979.
5. Борисов О.М., Глух А.К. Кольцевые структуры и линеamentы Средней Азии. Ташкент, Изд-во ФАН, 1982.
6. Гаврилов В.П. Типы разломов эпипалеозойских плит Евразии. // Бюл.МОИП, отд. геол., т. 52, вып. 2, 1977.
7. Геологическое дешифрирование космических снимков Восточной части Средиземноморского пояса / С.Л. Вызова, Я.Г. Кац, М.Л. Копп, Е.Е. Милановский, Л.М. Расцветаев, И.И. Сонин, Д.М. Трофимов. – М., Недра, 1981.
8. Горшков Г.П. Об очаге землетрясения. // Вестн. МГУ, сер. 4, Геология, 1983, № 2, с. 3–14.
9. Закономерности линеamentной тектоники юга СССР и сопредельных территорий / Я.Г. Кац, А.В. Тевелев, Н.В. Макарова, А.И. Полетаев, Э.Ф. Румянцев. // Изв. ВУЗ. Геол. и разв., 1984, №3, с. 23–28.
10. Кац Я.Г., Полетаев А.И. Линеamentная тектоника альпийского горноскладчатого обрамления Восточно-Европейской платформы. // Изв. ВУЗ. Геол. и разв., № 3, 1983, с. 3–13.
11. Кац Я.Г. Рябухин А.Г., Трофимов Д.М. Космические методы в геологии М., Изд-во МГУ, 1976.
12. Кац Я.Г., Скаратин В.Д., Трофимов Д.М. О суперлинеamentах Средиземноморского пояса и сопредельных платформ, выявленных при дешифрировании космических снимков. / В кн.: Международный геол. конгресс, XXVI сессия. Докл. сов. геологов. Четвертичная геология и геоморфология. Дистанционное зондирование. М., Наука, 1980, с. 143–150.
13. Кикина М.А., Порошин С.В. Строение области сочленения Восточно Европейской платформы и Скифской плиты в пределах Предкавказья по космогеологическим данным. // Изв. ВУЗ. Геол. и разв., 1980, №7, с. 129–131.
14. Козлов В.В. Изучение систем разломов на основе дистанционных методов. / В кн.: Вопросы применения аэрометодов при геологическом картировании и поисках в центральной части Русской платформы. Воронеж, 1982, с. 84–90.
15. Копп М.Л., Расцветаев Л.М. О линеamentах, выявленных по космическим снимкам восточной части Альпийского пояса. – Изв. ВУЗ. Геол. и разв., 1976, № 11, с. 26–35.
16. Копп М.Л., Румянцева Э.Ф. О классификации дешифровочных признаков разрывных нарушений. // Исследование Земли из космоса. 1982, № 3, с. 21–34.
17. Коровина Т.Л., Караханян А.С. К вопросу о соотношении сейсмичности с линеamentами Анатолийско-Кавказско-Иранского сегмента Средиземноморского пояса. // Исследование Земли из космоса, 1981, №6, с. 27–33.
18. Космогеологическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР. М-б 1:5 000 000. Гл. ред. А.Д. Щеглов. М., МингеоСССР, 1980.
19. Космическая информация в геологии. Отв. редакторы: В.Г. Трифонов, В.И. Макаров, Ю.Г. Сафонов, П.В. Флоренский. М., Наука, 1983.
20. Макаров В.И. Линеamentы (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов). // Исследование Земли из космоса, 1981, №4, с. 109–115.
21. Макаров В.И., Трифонов В.Г., Щукин Ю.К. Отражение глубинной структуры складчатых областей на космических снимках. // Геотектоника, 1974, №3, 114–132.
22. Мартиросян С.В., Сахатов В.З. Новые данные о структуре Айодзорского района Малого Кавказа. / В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. М., ВИНТИ, 1974, т. 2, с. 51–54.
23. Методика составления карты сейсмического районирования территории Народной республики Болгарии / Ек. Бончев, В.И. Бунэ и др. / В сб.: Оценка сейсмической опасности. Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 24. М., Наука, 1983, 5–35.
24. Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеamentов. Л., Изд-во Ленинградского ун-та, 1977.
25. Наумкин А.Н. Линеamentы, выделяемые на телескопических изображениях вредней Сибири, их возможная геологическая природа. – Изв. ВУЗ. Геол. и разв., 1982, № 3, с. 30–35.
26. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М., Наука, 1977.
27. Особенности структуры Средиземноморского пояса по данным дешифрирования космических снимков / Н.С. Афанасьева, В.А. Буш, Я.Г. Кац, Л.Г. Кирюхин, А.Г. Махин, А.Г. Рябухин, И.М. Сборщиков, Д.М. Трофимов, В.А. Фараджев. / В кн.: Тектоника Средиземноморского пояса. М., 1980, с. 123–132.
28. Перфильев Ю.С., Моралев В.М., Шеремет О.Г. Числовая обработка линеamentных сетей для поисков месторождений. // Тезисы 27-го Международного геологического конгресса. Т. VIII, М., Наука, 1984, с. 242.
29. Полетаев А.И. Сейсмолинеamentы и сейсмомиграционные ряды Кавказа и Копетдага. // Тезисы совещания «Сейсмическое районирование

- территории СССР и изучение сильных землетрясений», Кишинев, 1984, с. 53–55.
30. Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф., Тевелев Арк.В. Линеаментные системы горно-складчатого обрамления Туранской плиты. / В сб.: Труды школы-семинара молодых ученых: Основные проблемы геологических наук. Черногоровка, Май 1981, МГУ, М., 1982, ч. II, с. 26–69 (Рукопись деп. в ВИНТИ 12.01.83 № 201–83 Деп.).
 31. Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф., Тевелев А.В. Линеаментная тектоника юга Средней Азии и сопредельных территорий. // Бюлл. МОИП. Отд. геол., 1984, т. 59 вып. 1, с. 126–127.
 32. Проблемы глобальной корреляции геологических явлений. М., Наука, 1980.
 33. Расцветаев Л.М. О геологической природе линеаментов, выявленных на космических изображениях Земли (на примере Кавказа). Изв. ВУЗ. Геология и разведка, 1974, № 12, с. 58–66.
 34. Румянцева Э.Ф. Опыт индикационного дешифрирования космических снимков Северо-Западного Кавказа. // Изв. ВУЗ, Геол. и разв., 1978, №10, с. 55–61.
 35. Сейсмическое районирование территории СССР. / Отв. ред. Г.П. Горшков., В.И. Бунз. М., Наука, 1980.
 36. Система разломов Африки и Аравии / Е.Д. Сулиди-Кондратьев, А.В. Разваляев, И.В. Давиденко, Ю.З. Елизарьев, В.Е. Забродин, В.В. Козлов, Ю.Я. Кузнецов. – М., Недра, 1984.
 37. Условия возникновения сильного землетрясения (Калифорния и некоторые другие регионы) / И.М. Гельфанд, Ш.А. Губерман, В.И. Кейлис-Борок, Л. Кнопов, Ф.С. Пресс, Е.Я. Рандман, И.М. Ротвайн, А.М. Садовский. / В сб.: Исследование сейсмичности и моделей Земли. Вычислительная сейсмология. Выпуск 9. – М., Наука, 1976, с. 3–91.
 38. Федоров А.Е. Структурно-геоморфологическая интерпретация линеаментов, выделенных по космическим снимкам на севере Европейской части СССР. // Исследование Земли из космоса, 1983, №1, с. 15–23.
 39. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М., Недра, 1977.
 40. Хаин В.Е. Тектоника линеаментов и неомобилизм. // *Geologica Balcanica*, 8.3, Sofia, Sept., 1978, p. 3–8.
 41. Хованский Б. Н. Космические исследования в сейсмоактивных регионах. // Исследование Земли из космоса. 1981, №3, с. 28–34.
 42. Шеремет О.Г., Моралев В.М., Гоникберг В.Е. О способе определения оптимальной площади осреднения геометрических параметров линеаментных сетей // Исследование Земли из космоса, 1982, №4, с. 15–19.
 43. Штилле Г. Избранные труды. М., Мир, 1964.
 44. Шульц С.С. (мл). Концентрические сводовые структуры восточной части Туранской плиты на космических снимках. // Изв. ВУЗ. Геология и разведка, 1973 №7, с. 182–184.
 45. Шульц С.С. (мл). Тектоника плит, планетарная трещиноватость и линеаменты на космических снимках Земли. // Изв. ВУЗ. Геология и разведка, 1974 №12, с. 23–25.
 46. Biju-Duval B., Dercourt L, Le Plchon X. Esquisse photogeologique du domaine Mediterranee des images du satellites «Landsat», – *Rev. Anst. Trans. Petrol.*, 1976 v. 31, № 31.
 47. Hobbs W. N. Lineaments of the Atlantic border region. – *Bull. Geol. Soc Amer.* 1904, vol. 15, p. 483–506.
 48. Need D., Hall J.K., Saul J. M. The Pelusium Megashear System across Africa and Associated Lineament swarms. – *Journal of Geophysical Research*, vol 87, No. B2. p. 1015–1030, February, 10, 1982.
 49. Lineament, linea, lineation: Some proposed new standarts for old terms: Discussion and reply. – *Geological Society of America. Bulletin*, 1978, v. 89, №1 p. 159–160.
 50. Sander R. A. Die Lineament tektonik und ihre Probleme. – *Ed. Geol. Helv.* 1938, vol. 31, №1, p. 199–238.

Примечания

- 1 От латинского Lineamentum – линия.
- 2 Представляется полезным выделять иногда обрамление того или иного линеамента, что может значительно облегчить описание пространственных соотношений собственно линеамента и окружающих его структур (Прим. авт).
- 3 Предлагаемый вариант классификации линеамента не является бесспорным, так как имеются весьма обоснованные сомнения в целесообразности введения в название реально существующего образования способ или метод его изучения или регистрации» [20].
- 4 Чехословацкий геолог В. Немец установил формулу дискретности геологических структур $Y_x = 2 D$; где Y – расстояние между линеаментами (трещинами, разрывами) одного порядка, x – порядок структуры, D – диаметр Земли.
- 5 В магнитном (М) и гравитационном (Г) полях и в сейсмичности (С).
- 6 Простирание северо-западных линеаментов Мадагаскара (~320°) несколько поля Африканской платформы, отличается от аналогичных линеаментов Африки.
- 7 По В.Е. Хаину [39] значительная часть Южно-Американских Кордильер опущена в пределах впадины Тихого океана, а на поверхности континента остались лишь, центральные и восточные зоны.
- 8 В подтверждение этого положения можно указать, что на геологических и тектонических схемах альпийского пояса, составляемых в 40-х и 50-х годах нашего столетия, разрывные нарушения не показывались вообще.
- 9 Номер линеамента на рис. 17.
- 10 При всей значительности мезозойских событий Кордильеры Северной Америки следует рассматривать как альпийское сооружение в широком смысле этого термина с весьма растянутым орогенным этапом развития.
- 11 Искусственные сооружения – путе- и газопроводы, линии ЛЭП, магистрали и прочие техногенные объекты, дешифрирующиеся на КС как линеаменты, из настоящего рассмотрения исключены.
- 12 Такие зоны давно известны на Байкале и характеризуются наличием нерпичьих лунок пропаривания.
- 13 Если учесть, что зоны апвеллинга отличаются пышным развитием планктона и служат поэтому местами скопления рыб, становится сразу

Яков Гиршевич Кац, Анатолий Иванович Полетаев, Элла Федоровна Румянцева

ОСНОВЫ ЛИНЕАМЕНТНОЙ ТЕКТониКИ

Редактор издательства В.И. Макеев

Обложка художника В.П. Христинина

Художественный редактор Г.Н. Юрцевская

Технический редактор Н.В. Жидкова

Корректор Е.В. Мухина

ИБ № 6519

Сдано в набор 02.12.85 Подписано в печать 07.IV.86

Усл.-печ. л. 9,0 Усл. кр.-отт. 9,25

Уч.-изд. л. 10,02 Тираж 1700 экз., Цена 1 р. 50 к.

издательство «Недра» 103633, Москва, Третьяковский проезд, 1/19.
Ордена «Знак Почета» Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» имени А.А.
Жданова Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054, Москва, Валовая, 28

попытной ценностью применения линеаментной тектоники в такой, казалось бы далекой от нее, отрасли народного хозяйства, как рыбный промысел.

14 На связь линейной облачности с тектоническими нарушениями указывал еще в 30-х годах Шлюмберже [6].

15 В указанной работе описываются не типы делимости, а типы элементарных полей планетарной трещиноватости, что в данном случае представляется синонимами. (Прим. авт.)

16 Здесь уместно вспомнить работу В.П. Мирошниченко «Об особом типе складчатости, установленном в Арчман-Нохурском районе хребта Копетдаг, Туркменская ССР», в которой он указывал на этот район, как на район максимального приложения тектонических напряжений.

17 Точнее следует говорить о встречном движении Иранской и Туранской плит, так как Копетдагское горно-складчатое сооружение маскирует границу сочленения этих плит.