



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ

ОСОБЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ФОРМЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

ПОЛЕТАЕВ
АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ

ГЕОЛФАК МГУ

КОНСПЕКТ ПОДГОТОВЛЕН
СТУДЕНТАМИ, НЕ ПРОХОДИЛ
ПРОФ. РЕДАКТУРУ И МОЖЕТ
СОДЕРЖАТЬ ОШИБКИ.
СЛЕДИТЕ ЗА ОБНОВЛЕНИЯМИ
НА [VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).

ЕСЛИ ВЫ ОБНАРУЖИЛИ
ОШИБКИ ИЛИ ОПЕЧАТКИ,
ТО СООБЩИТЕ ОБ ЭТОМ,
НАПИСАВ СООБЩЕСТВУ
[VK.COM/TEACHINMSU](https://vk.com/teachinmsu).

Содержание

1 Лекция 1. Обзорная лекция	5
1.1 Что понимается под ОСФ?	5
1.2 Важнейшие рубежи выделения ОСФ	7
2 Лекция 2. Линеаменты	13
2.1 Часть первая	13
2.1.1 Древний Египет – Древняя Греция	13
2.1.2 Древний Рим	14
2.1.3 Новое время	14
2.1.4 Основные понятия	21
2.2 Часть вторая	23
2.2.1 Основные результаты, полученные в течение 115-летнего изучения линеаментов и их систем	24
2.2.2 Основные черты линеаментного поля земной коры	32
2.2.3 Проблемы линеаментной терминологии	35
3 Лекция 3. Клиновидные структуры	38
3.1 Клиновидные структуры, выявленные во второй половине XX – начале XXI веков	38
3.2 Клиновидные структуры Восточно-Европейской платформы	39
3.3 Основные аспекты изучения клиновидных структур	49
3.3.1 Масштабный аспект	49
3.3.2 Методический аспект	49
3.3.3 Теоретический аспект	50
3.3.4 Прагматический аспект	50
3.3.5 Социальный аспект	50
3.3.6 Сравнительно-тектонический аспект	51
3.3.7 Образовательный аспект	51
4 Лекция 4. Дуговые структуры	52
4.1 Морфология и генезис, сходство, различия и транзитивность клиновидных и дуговых структур	57
4.2 Механизмы образования дуговых структур	59
4.3 Основные аспекты изучения дуговых структур земной коры	59
4.3.1 Масштабный аспект	59
4.3.2 Методический аспект	60
4.3.3 Теоретический аспект	62
4.3.4 Прикладной аспект	62
4.3.5 Сравнительно-тектонический аспект	63

4.3.6	Образовательный аспект	63
5	Лекция 5. Узловые структуры земной коры	64
5.1	Основные аспекты изучения узловых структур земной коры	70
5.1.1	Масштабный аспект	70
5.1.2	Методический аспект	70
5.1.3	Теоретический аспект	71
5.1.4	Прикладной аспект	73
5.1.5	Сравнительно-тектонический аспект	74
6	Лекция 6. Кольцевые структуры	78
6.1	Образовательный аспект	85
7	Лекция 7. Девиантные структуры	95
7.1	Методический аспект	100
7.2	Теоретический аспект	100
7.3	Прикладной аспект	100
7.4	Сравнительно-тектонический аспект	100
7.5	Образовательный аспект	101
8	Лекция 8. Ротационные структуры	102
8.1	Предистория	102
8.2	Космогоническая гипотеза	102
8.3	Из научных предвидений (предзрений) М.В. Ломоносова	102
8.4	Предварительные выводы	110
9	Лекция 9. Основные аспекты изучения особых структурных форм	112
9.1	Масштабный аспект	113
9.2	Методический аспект	114
9.3	Теоретический аспект	115
9.4	Структурный аспект	115
9.5	Картографический аспект	116
9.6	Прикладной аспект	116
9.7	Сравнительно-тектонический аспект	117
9.8	Образовательный аспект	117

Лекция 1. Обзорная лекция

«Природа не для всех очей
Покров свой тайный подымает:
Мы все равно читаем в ней,
Но кто, читая, понимает?»

Дмитрий Веневитинов, 1827

Природу могут понимать обученные люди, поэтому во всем мире много разных факультетов, специальностей и т.д. Кроме того, природу могут понимать внимательные люди. Если эпитафия Д. Веневитинова мировоззренческий, то эпитафия из выступления выдающегося геолога В.И. Вернадского целеполагающий. О развитии науки, о занятиях наукой, о том, как должны заниматься наукой исследователи, Вернадский писал:

«Двигаясь вперед, наука не только создает новое, но и неизбежно переоценивает старое, пережитое»

Что понимается под ОСФ?

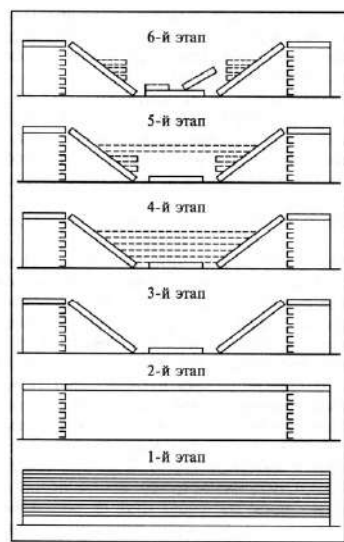
В 2019 году химики всего мира праздновали 150-летие открытия периодической системы Д.И. Менделеева, а геологи – 350-летие начала современной научной геологии. Это начало положил не геолог, а анатом. Не будучи геологом, он предвосхитил представление о двух фундаментальных геологических науках – стратиграфии и тектонике. Звали его Нильс Стенсен (датское имя), но раз в те годы было принято латинизировать свои имена, то в научном мире его знают как Николауса Стено (Николай Стено). На его пьедестале выгравировано выражение Н. Стено, которое может служить девизом для современных исследователей Земли:

«Прекрасно то, что мы видим, еще прекраснее то, что мы знаем, но далеко превышает по красоте то, что нам неизвестно»

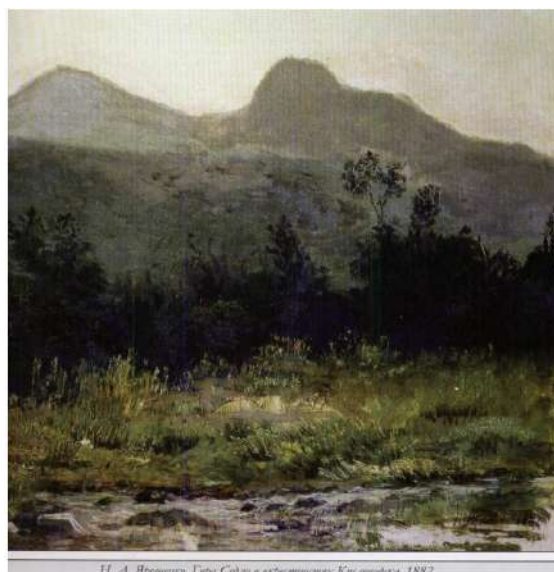
Н. Стено прославился многими научными достижениями в биологии, анатомии, т.к. был специалистом в этом деле. Кроме того, он оказался предвестником научной идеологии. Стено прожил очень бурную жизнь – побывал во многих столицах Европы, участвовал в небольшой локальной гражданской войне, спорил с Лейбницем, стал епископом и т.д. Когда он оказался в Италии, то стал личным врачом герцога Тосканского. Сопровождая герцога по его владениям Тосканы (север Италии), Стено заметил, что горы не просто нагромождение каких-то глыб или пород, а являются слоистыми. Он не только заметил это, но и писал свои книги. Одна из них называется «О твердом, содержащемся в твердом».

Историки могут сказать, что Стено был не первым, кто заметил слоистость горных пород. До него об этих же местах Леонардо да Винчи оставил свою записку о том, что наблюдается слоистость. Примерно за пять веков до этого Авиценна тоже заметил слоистость слоев. Но это были краткие заметки.

Стено не только это заметил, но и описал в книге. К тому же он составил разрезы, показав, что залегает сначала слоисто, горизонтально, а потом уже происходят какие-то аномалии, когда слои могут залегать по-другому.



История геологического развития Тосканы
(по Н. Стенону, 1669)



Н. А. Ярошенко. Гора Седло в окрестностях Кисловодска, 1882

Рис. 1.1. История геологического развития Тоскании (по Н. Стенону, 1669)

Рис. 1.2. Н.А. Ярошенко. Гора Седло в окрестностях Кисловодска, 1882

Слоистость является предвестником *стратиграфии*, а аномальные залегания – *тектоники*. Если до Стено люди смотрели на горы и не видели их строение, то после Стено стало понятно, что нужно приглядываться к тому, как они устроены.

У горы Седло очень слоистое строение – чередование известняков, глины и т.д. То же самое можно сказать и про Аппалачи. На первый взгляд, горная система выглядит как хаос, но если подойти поближе, то можно увидеть, что там тоже есть слоистость.

Пример со Стено может говорить о том, что в какие-то моменты исследователи видят особые ситуации, объекты, отличные от того, что видели люди раньше. На период 1669 года это было особое состояние природы для всех, кто знакомился с работами Стено. Второй отличительной чертой особых структурных форм является то, что после их открытия, как правило, проходит очень долгий срок до того момента, когда их практически начинают применять в жизни, науке или практике. Например, случай с открытием разрывов. До 1802 года о разрывах не было никакого понятия.



Рис. 1.3. Аппалачи (США). Фото Андрея Юркевича



Рис. 1.4. Каменноугольные отложения Московского мегаполиса: слева – общий вид (котлован будущего Москва-Сити, 1999), справа – деталь (слои светло-серых известняков разбиты трещинами)

Джон Плейфер, священник англиканской церкви и блестящий профессор математики и философии Эдинбургского университета, ввел в научный обиход понятие о *разрывах земной коры*.

Повторилась история, которая была с открытием Стено. Но если открытие Стено не использовалось полтора века, и только в 19 веке на основе этого открытия и работ В. Смита начала развиваться стратиграфия, то разрывам Плейфера повезло немного больше. Разрывы не применялись геологами 104 года. В 1906 году в Калифорнии произошло мощное землетрясение, которое привело к большим разрушениям по всему побережью.

Произошло оживление (активизация) крупнейшего разлома земной коры Сан-Андреас (Рис. 1.5). С этого момента началось активное изучение разрывной тектоники. Если 19 век можно назвать золотым веком стратиграфии, то 20 век – золотой век тектоники и особенно разрывной тектоники.

Важнейшие рубежи выделения ОСФ

Оглядываясь на историю науки, можно выделить несколько важнейших рубежей, связанных с открытием особых структурных форм. Такое активное оглядывание и пересмотр отношения к тем научным достижениям, которые были сделаны ранее, началось во второй половине 20 века, благодаря одной из научно-технических революций в геологии. Всего основных революций было три:

- 1) **Геологическая** революция, когда фиксизм сменился мобилизмом и приоритет вертикальных движений сменился приоритетом горизонтальных движений.
- 2) **Компьютерная** революция, когда появилась возможность обрабатывать очень большие базы данных, составлять карты и т.д.



Рис. 1.5. Сдвиг Сан-Андреас Горизонтальное смещение, видимое по положению частей разорванного забора, в Сан-Франциско

3) **Космическая** революция, когда на столы исследователей, геологов, географов, экологов легли космические снимки.

Примерно к 60-70гг. укрепилось мнение, что земля хорошо изучена наземной геологией, геофизикой и т.д. А когда появились космические снимки и их начали дешифровать, оказалось, что на них появляются структуры, которые не были уловлены наземными методами. Это привело к большим достижениям в дальнейшем изучении структуры земной коры. Когда появились новые структуры, историки науки, геологи начали оглядываться назад и смотреть, что было раньше, а раньше было много интересного. Например, в 1530 году Георг Бауэр (Агрикола) создал одну из первых классификаций форм «залегания минеральных тел», в которой выделил «скрещивающиеся жилы (пересекающиеся)», т.е. выделил прототип «узловых структур» земной коры, который сейчас активно изучается и развивается.

С узловыми структурами разного масштаба (от локальных до планетарных) связаны различные катастрофические процессы (землетрясения, вулканы, мощные провалы) и месторождения полезных ископаемых (жидких, твердых, газообразных).

В 1603 году Галилео Галилей, наблюдая Луну в телескоп, обнаружил на ней кольцевые структуры. Он их называл кольцевые горы или цирки. Это было предвестником кольцевых структур Земли.

Кольцевые структуры на Земле впервые были обнаружены и описаны только спустя 300 лет, в 1904г. По-настоящему кольцевые структуры начали изучаться с помощью космических снимков, т.е. во второй половине 20 века.

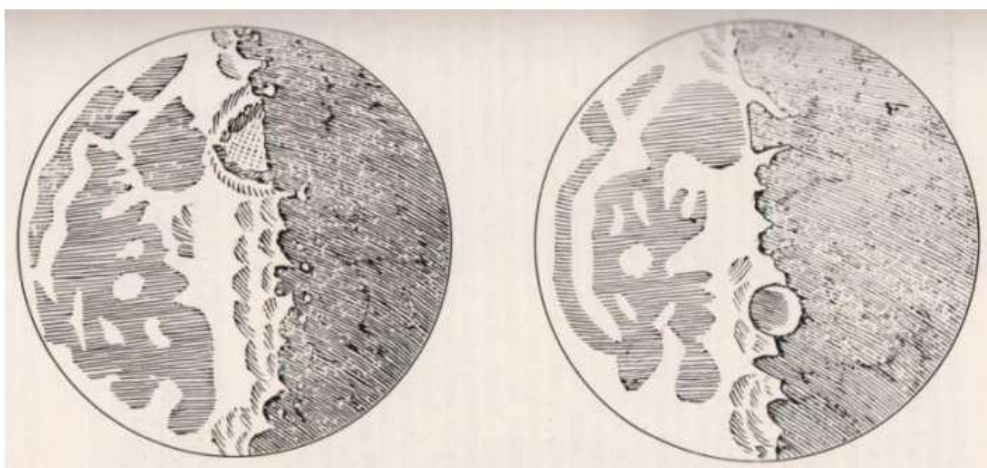


Рис. 1.6. Кольцевые горы на поверхности Луны. Рисунок Галилео Галилея, 1603г

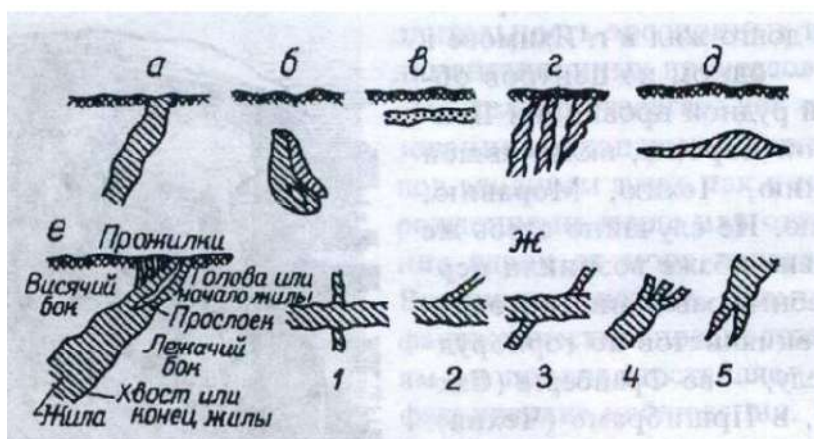


Рис. 1.7. Форма залегания минеральных тел (по Г.Бауэру, 1530; из кн. Д.И. Горде-ева, 1972); а – глубокие жилы (крутопадающее залегание); б – штоки, линзы; в – россыпи; г – скопление жил; д – расширенная жила или пласт; е – элементы жил; ж – скрещивающиеся жилы (пересекающиеся); 1 – под прямым углом; 2 – наискось; 3 – сброс; 4 – соединение нескольких жил в одну, разъединение жилы

В 1669 году Стено в своей книге, где была описана слоистость пород, коснулся и дуг. В разделе книги, который называется «Слои земли», прямо сказано: «Одни из этих слоев остаются параллельными горизонту, другие становятся перпендикулярными, большинство образует с ним косые углы, некоторые же, состоящие из вязкого вещества, сгибаются в дугу».

Позже, в 1756 году М.В. Ломоносов в работе «Слово о происхождении света », рассматривая «все возможные материй движения вообще», выделил три типа движения:

- 1) «текущее или проходное», т.е. поступательное;

- 2) «зыблющееся», т.е. волновое;
- 3) «коловратное (т.е. вращательное), когда каждая нечувствительная частица, эфир оставляющая, около своего центра или оси обращается».

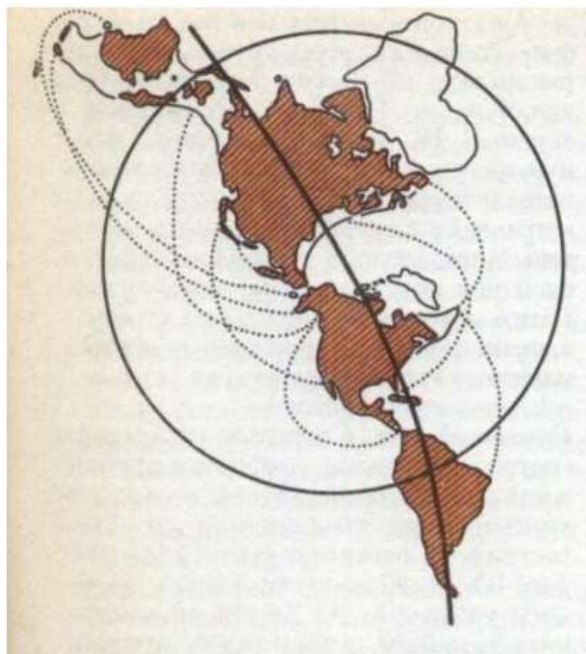


Рис. 1.8. Расположение материков в проекции А.П. Карпинского

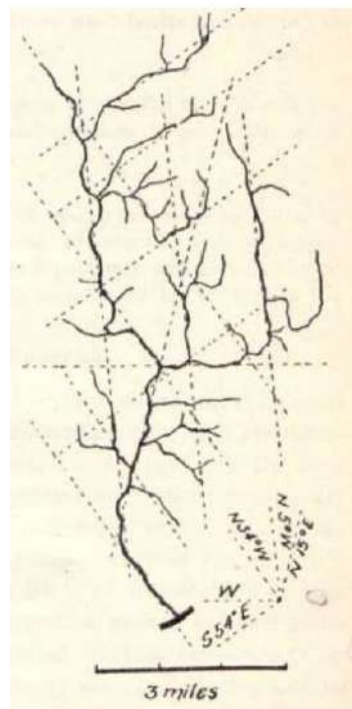


Рис. 1.9. Линеаментный «алгоритм», предложенный Хоббсом в 1911 году

Ломоносов предсказал вращательные процессы Земли, а если есть процессы, то будет и структура. В своей работе «О слоях земных» он указал на «разное жил взаимное пересечение». Это указание во второй половине 20 века начало превращаться в настоящее учение об узловых структурах Земли.

В 1888 году выдающийся отечественный геолог Александр Карпинский, который принимал участие в первых международных геологических конгрессах, в одном из журналов написал статью, в которой описывал «заостренность континентов к югу», т.е. предвосхитил развитие представлений о «клиновидных структурах» земной коры. В то время на это мало кто обратил внимание, тогда как сейчас на клиновидные структуры обращается все больше и больше внимания. С ними связаны или какие-то процессы, не всегда приятные для человека, или полезные ископаемые.

Самый значительный вклад, который был внесен более ста лет назад (в 1904г.), сделал американский геолог Уильям Герберт Хоббс.

При изучении дренажных потоков штата Коннектикут (северо-восток, Атлантическое побережье) он выделил *линеаменты* (линейные структуры земной коры). Это

было сделано в 1924 году, а алгоритм выделения опубликовал в 1911 году. Сейчас этот метод очень бурно развивается.

В 1933 году японский исследователь Токуда на геологическом конгрессе в Вашингтоне впервые предложил классификацию дуговых структур, выделив три типа:

- 1) Восточно-азиатский.
- 2) Американский.
- 3) Индо-европейский.

В 1955 году китайский геолог Ли Сы-Гуан издал монографию о вихревых структурах земной коры, которая заинтересовала исследователей практически всего мира и до сих пор не потеряла своей ценности.

В 1996 году сотрудник Музея землеведения МГУ О.П. Иванов показал, что «мир кольцевых структур широко распространен в природе и в антропогенной деятельности человека и по праву должен быть выделен в особый класс наравне с линеаментными структурами».

В 1999 году профессор геологического факультета МГУ Н.П. Костенко и ее младшие коллеги Н.В. Макарова и Н.И. Корчуганова показали, что «Данные КС и отчасти АФС позволяют выделить особую группу форм, не находящихся, как правило, своего отражения на топокартах. Это структурные элементы, как бы просвечивающие через толщу четвертичных отложений и даже плитный чехол». Под этими структурами они подразумевали *линеаменты* и *кольцевые структуры*.

В этом же году Полетаев А.И., Авдонин А.В. и Котов Ф.С в статье «Девиантные структуры земной коры» выделили *девиантные* (от лат. *deviatio* – отклонение) структуры, т.е. структуры, которые отклоняются от стандартных простираний. Эти структуры представляют линеаменты, дополнительные к стандартной (ортогональная система плюс диагональная система) линеаментной матрице. Они могут быть индикаторами вращательных (ротационных) движений блоков земной коры, их содержащих.

В 2012 году к этим особым структурным формам были отнесены широко обсуждаемые линеаменты, а также кольцевые, девиантные и ротационные структуры. Было подчеркнуто, что характерной особенностью многих ОСФ является их развитие в скрытой (латентной) форме, поэтому их выявление производится, как правило, по косвенным дешифровочным признакам.

В 2015-2017 годах в нескольких работах были выделены клиновидные и дуговые структуры, широко развитые в земной коре, но до сих пор слабо изученные и мало известные многим геологам, в первую очередь – студентам и аспирантам.

Анализ публикаций, содержащих сведения о названных выше структурах, показал, что за последние 50 лет об особых структурных формах земной коры накопился

огромный банк разрозненных данных. При этом есть исследователи, которые подвергают сомнению не только корректность выделения ОСФ, но и достоверность их реального нахождения в геологическом пространстве. Тем не менее, тот же анализ свидетельствует, что для понимания современной геодинамики некоторые из ОСФ могут иметь весьма существенное значение.

Лекция 2. Линеаменты

Часть первая

«Нечто такое, что видится само собой,
но что трудно анализировать и рассказать,
невозможно оправдать достаточными причинами,
но что, однако же, производит,
несмотря на всю эту трудность и невозможность,
совершенно цельное и неотразимое впечатление,
невольнo переходящее в полнейшее убеждение»

Ф.М. Достоевский

Среди великих «предзрений», предвидений основоположника отечественной геологии М.В. Ломоносова есть удивительное предсказание о поиске неких скрытых геологических объектов, сделанное им в своей знаменитой работе «О слоях земных»: «Велико есть дело достигать во глубину земную разумом, куда руками и оку достягнуть возбраняет натура; странствовать размышлениями в преисподней, проникать рассуждениями сквозь тесные расселины, и вечною ночью помраченные вещи и деяния выводить на солнечную ясность».

Линеаментный анализ позволяет с минимумом средств достичь очень интересных результатов. За два последних столетия, после введения в научный обиход в 1802 году известным плутонистом Дж. Плейфером понятия о разрывах земной коры, а также после введения в геологический словарь в 1904 году У. Хоббсом понятия о линеаментх, накоплен огромный фактический материал, свидетельствующий о том, что Земля пронизана густой сетью линейных нарушений и деформаций разного возраста заложения, разного масштаба проявления (протяженности), разной глубины и разных простираний, часто развитых в скрытой (латентной) форме.

Основы изучения линейных нарушений земной коры, развитых в скрытой (латентной) форме, были заложены еще во второй половине 19 века в работах М. Бертрана (для континентов Земли), Э. Зюсса (для Южной Италии), Т. Кьерулфа (для Норвегии), А.П. Карпинского (для северо-запада Европейской части России), Н.И. Андрусова (для Понто-Каспийской области), Г.В. Абиха (для Каспийского региона) и других геологов, а сформулированы американским исследователем У. Хоббсом, который ввел в геологический словарь термин «линеамент» (от лат. lineamentum – прямая линия). Открытию У.Г. Хоббса предшествовала длительная предыстория, краткая хронология которой дается ниже.

Древний Египет – Древняя Греция

- IV в. до н.э. – зарождение представлений о фундаментальных понятиях точка, линия, плоскость, объем – Платон (428 или 427-348 или 347 до н.э.);

- Многочисленные Александрии, основанные Александром Македонским (356-323 гг. до н.э.) во время его персидского похода, строились исключительно по ортогональным направлениям, протягивающимся с севера на юг и с запада на восток;

- III в. до н.э. – появление «Евклидовой геометрии», обобщение всех имеющихся данных.

Древний Рим

Ортогональным направлениям, протягивающимся с севера на юг и с запада на восток, даны специальные названия – «*maximus cardium*» и «*maximus decumanum*». Эти данные почти через 2000 лет помогли археологам при раскопках Помпей, засыпанным пеплом вулкана Везувия при его извержении 79г.

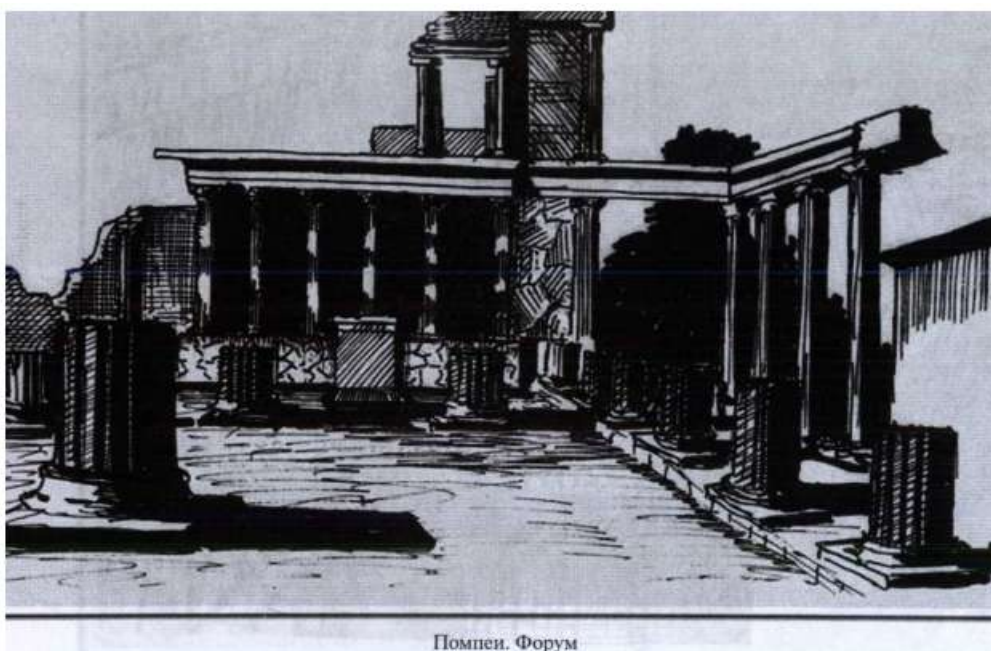


Рис. 2.1. Помпеи. Форум. Рисунок Н.В. Короновского

Новое время

XV век Весь мир поделен папскими буллами по ортогональным направлениям. Известно, что дороги в Римской империи тоже строились по ортогональным планам. Позже, по ортогональному плану будут построены современные города, например, Стокгольм, Нью-Йорк и другие.

XVII век Нильс Стенсен описал геологическую историю территории Тосканского герцогства (Италия), выделив этапы обрушения, деформации слоев осадочных горных пород («Предварительное изложение диссертации о твердом, естественно содержащемся в твердом», 1669).

XIX век 1802 год – плутонист Дж. Плейфер ввел в научный обиход понятие о разрывах земной коры.

1835,1845гг. – У. Хопкинс «был поражен прямолинейностью многих структур, а именно трещин, минеральных жил, разломов, флексур и таких форм рельефа, как горные кряжи и долины»: «обнаружил прямолинейный характер расположенных водных источников, что, по его мнению, косвенно свидетельствуют о существовании линейных структурных простираний, не определяемых прямыми геологическими наблюдениями».

1839 год – Джон Филип указал на «существование общих закономерностей в расположении систем трещин и разломов в пределах крупных районов земной поверхности».

1852 год – Леонс Эли де-Бомон обратил внимание на то, что горные хребты ориентируются в некоторых определенных направлениях, и связал это явление с провесом сжатия земного шара.

1872 год – французский геолог-экспериментатор Гюстав-Огюст Добрэ показал, что трещины, полученные в результате сдавливания образцов горных пород, возникали диагонально по отношению друг к другу и на разных расстояниях друг от друга.

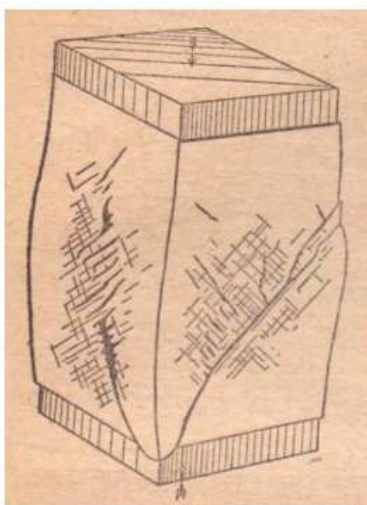


Рис. 2.2. Искусственные трещины

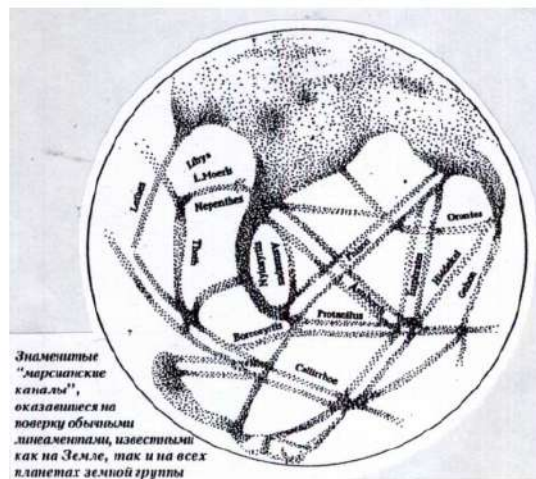


Рис. 2.3. Линейные структуры, которые Дж. Скиапарелли обнаружил на Марсе

1875 год – Эдуард Зюсс впервые выделил и описал грабены (от нем. Graben – ров).

1877 год – итальянский астроном Джованни Скиапарелли открыл на Марсе линейные структуры, названные «каналами».

1879 год – А. Добрэ (во Франции) «подметил влияние трещин и разломов на образование и развитие прямолинейных элементов в эрозионной сети» и ввел понятие об эквидистантности (равноудаленности) друг от друга линейных структур одного и того же простираия.

1880-е годы – Т. Кьерулф для Норвегии, А.П. Карпинский для Севера Русской платформы, Н.И. Андрусов для Понто-Каспийской области составили и опубликовали схемы основных линейных структур.

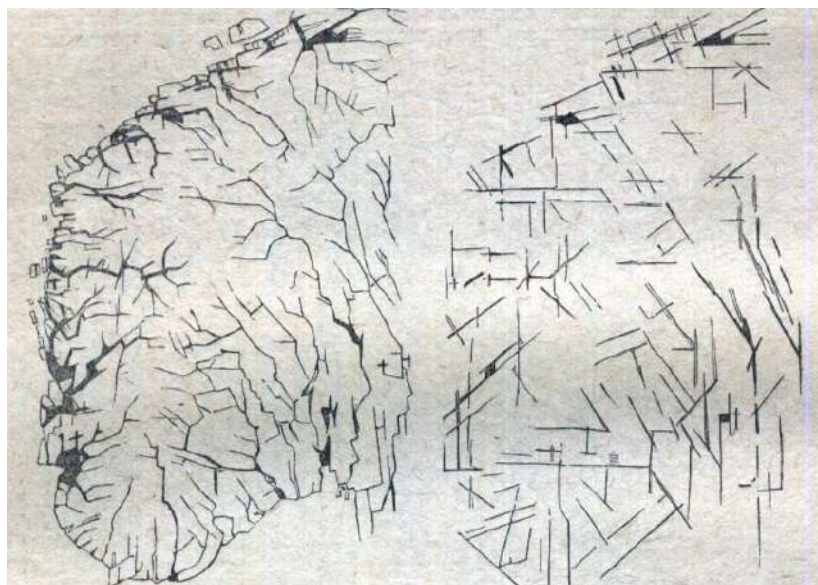


Рис. 2.4. Слева – эрозионная сеть Норвегии, справа – система трещин Норвегии

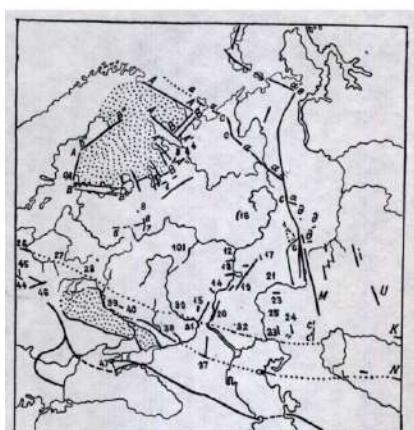


Рис. 2.5. Линейные структуры Русской платформы (по А.П. Карпинскому)

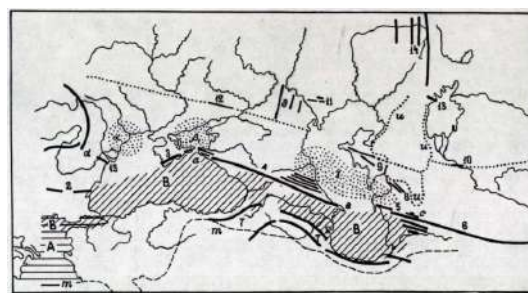


Рис. 2.6. Линейные структуры Понто-Каспийской области (по Н.И. Андрусову)

Э. Зюсс, выдающийся геолог рубежа 19-20 веков, выделил на территории Калабрии и Сицилии линии обычных ударов землетрясений.

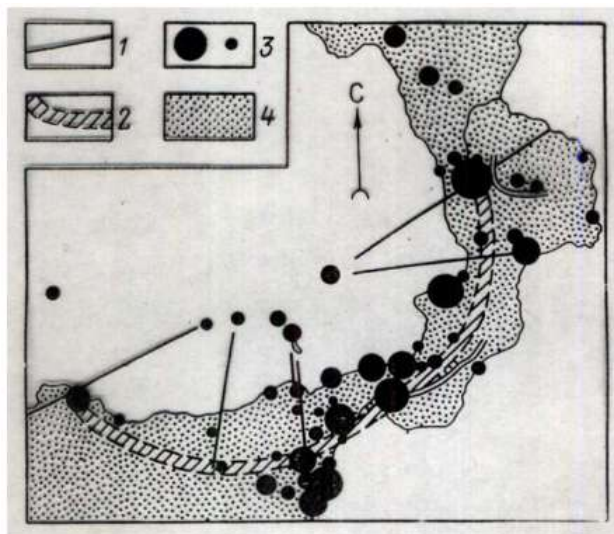


Рис. 2.7. Эпицентры и «линии ударов обычных землетрясений» Калабрии и Сицилии. 1 – линеаменты; 2 – периферическая зона; 3 – эпицентры землетрясений; 4 – вулканические породы

Зюсс обратил внимание, что эпицентры землетрясений располагаются не хаотично, по каким-то линиям, которые теперь называются сейсмолинеаменты. Он издал книгу «Лик Земли», которая стала настольной у геологов всего мира.

1892 год – Марсель Бертран изложил представления о линейных структурах, пересекающих континенты и вдоль которых группируются складчатые или разрывные дислокации и крупные формы рельефа – горные хребты, речные долины, берега морей.

1896 – английский геолог Д. Грегори предложил термин рифт (от англ. Rift – трещина, щель, расщелина) для сбросов, возникающих под действием сил гравитации.

XX век 1904 год – Уильям Герберт Хоббс ввел в геологический словарь понятие о линеаментах, а в 1911 году предложил графический алгоритм выделения линеаментов по спрямленным отрезкам эрозионной сети.

1911 год – Д.И. Мушкетов использовал термин «линеамент» для обозначения сеймотектонических дислокаций в горах Средней Азии.

1912 год – известный отечественный тектонист Михаил Михайлович Тетяев выделил структурные линии Восточной Европы, территории Восточно-Европейской платформы. В этом же году Ф.Освальд показал линейные нарушения на геоморфологической карте Кавказа. Некоторые из этих нарушений не потеряли значения до сегодняшнего дня.

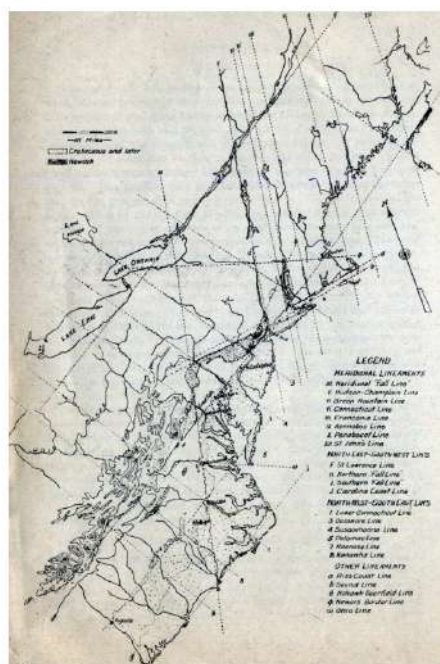
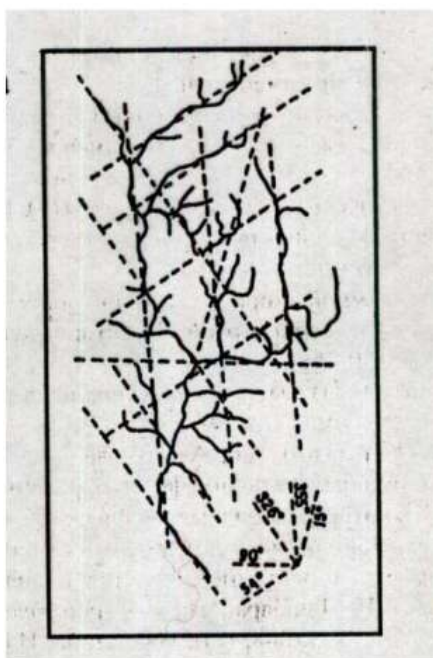


Рис. 2.8. Линеаментный алгоритм Хоббса (1911)

Рис. 2.9. справа – Линейные структуры СВ Америки (Хоббс, 1903)

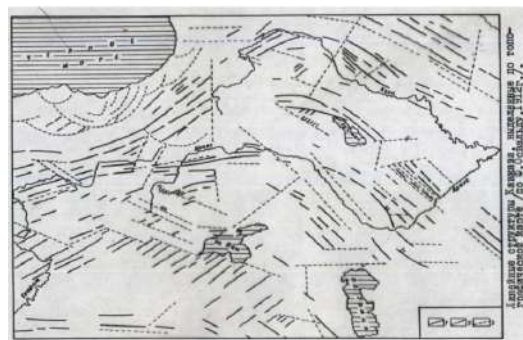
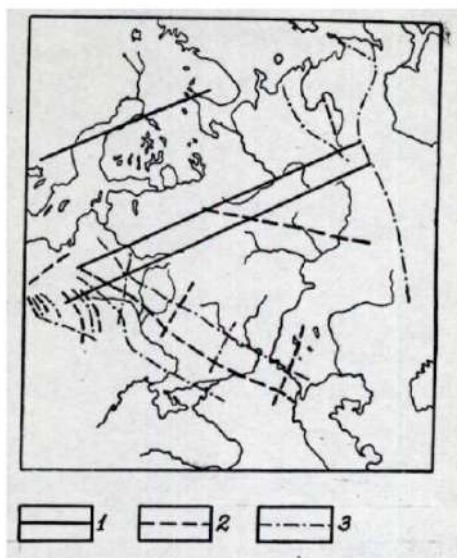


Рис. 2.10. Схема палеозойских дислокаций Восточной Европы. 1 – каледонские антиклинали, 2 – варисцийские синклинали, 3 – варисцийские антиклинали

Рис. 2.11. Линейные структуры Кавказа, выделенные по топографической карте

1930-е годы – известный немецкий тектонист Ганс Штилле опубликовал схему «Кардинальные линеаменты Европы».

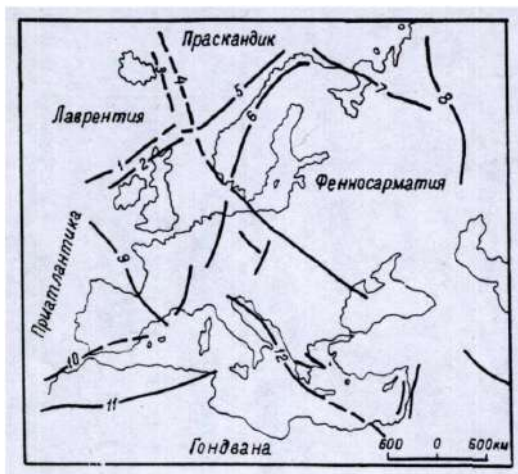


Рис. 2.12. Кардинальные линеаменты Европы (по: Штилле, 1935)

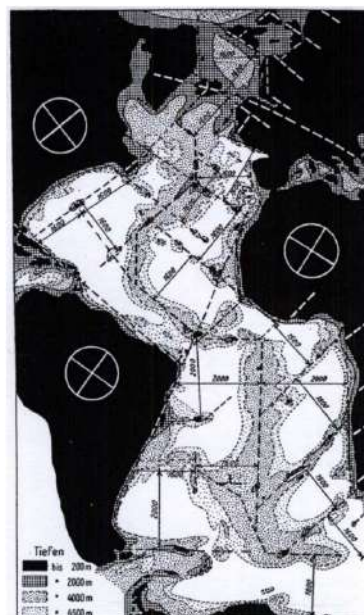


Рис. 2.13. Линеаменты Атлантики (по Р.Зондеру, 1956)

1938 год – Р. Зондер ввел понятие о линеаментной тектонике.

1945 год – А.В. Пейве ввел понятие о глубинных разломах.

1947 год - Р. Зондер ввел понятие о регматической сети трещин.

1948 год – Н.С. Шатский опубликовал статью «О глубинных дислокациях, охватывающих платформы и складчатые области». До этого считалось, что дислокации платформ и дислокации складчатой области сами по себе. Шатский показал, что есть сквозные дислокации.

1949 год - Е.Н. Пермяков опубликовал монографию «Тектоническая трещиноватость Русской платформы». Через 10-20 лет после этого будут писать, что Русская платформа очень хорошо изучена и стабильна. Однако, учитывая, что это тектоническая трещиноватость всей платформы, сложно представить ее стабильность. Если есть трещина, значит, по ней возможны какие-то движения и в зависимости от сил, приложенных к платформе, они могут быть малоамплитудные или содержать крупные амплитуды.

1956 год – Рихард Зондер опубликовал схему линейных нарушений дна Атлантического океана.

1960 год – Н.С. Шатский ввел понятие об авлакогенах (от греч. «авлакос» - «борозда», «бороздой рожденный») – линейных грабен-прогибах протяженностью до сотен километров и шириной до десятков, иногда более сотни километров, которые пересекают тела платформ. Например, Русскую платформу пересекает три таких авлакогена.

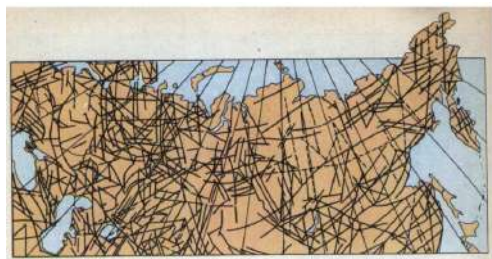


Рис. 2.14. Предварительная карта линеаментов территории СССР

Рис. 2.15. «Геологическая карта СССР»

1963 год – В.Е. Хаин ввел понятие о мировой сетке разломов.

1965 год – Джон Тузо Уилсон (Вилсон) ввел понятие о трансформных разломах – особом кинематическом типе тектонических нарушений, возникающих в процессе раздвижения литосферных плит и представленных серией поперечных разломов, пересекающих СОХ и разделяющих их на отдельные сегменты со смещением по типу сдвига

1973 год – Издан сборник статей «Планетарная трещиноватость». Опубликовано Карта разломов территории СССР и сопредельных территорий.

1977 год – Издано «Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости линеаментов».

1978 год – В.И. Макаров опубликовал первую карту линеаментов территории СССР.

1983 год – В.А. Буш выделил Системы трансконтинентальных линеаментов Евразии.

1984 год – На 27-й сессии Международного геологического конгресса в Москве представлена «Геологическая карта СССР».

1984 год – Издана коллективная монография «Планетарная трещиноватость осадочного чехла литосферы» (по материалам аэрокосмических съемок).

1985 год – Издана коллективная монография «Космическая информация в геологии», в которой обобщен огромный фактический материал по различным структурам – линейным (линеаментам), дуговым, кольцевым узловым и вращательным (ротационным), которые были выделены в различных регионах Земли с помощью дешифрования разномасштабных космических снимков.

В ПГО «Аэрогеология» разработан пакет программ LESSA – Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis, предназначенный для «интерактивного автоматизированного выделения линеаментов и статистического анализа трещиноватости». Сейчас

эта программа очень широко используется. 1986 год – Я.Г. Кац, А.И. Полетаев, Э.Ф. Румянцева опубликовали книгу «Основы линеаментной тектоники».

М.А. Берлянт – заведующий кафедрой геодезии и картографии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова опубликовал схему «Основные диагональные линеаменты на севере европейской части СССР, выделяемые по мелкомасштабной карте».



Рис. 2.16. Схема «Основные диагональные линеаменты на севере европейской части СССР, выделяемые по мелкомасштабной карте»

2000 год – Г.Н. Каттерфельд издал книгу «Планетарная трещиноватость и линеаменты Земли, Венеры, Марса, Меркурия и Луны».

Основные понятия

Линеаменты – линии резкого (градиентного) изменения параметров:

- а) географической среды (например, северо-западное побережье Кавказа, линия резкого разделения суши и моря),
- б) геологической структуры (резкий обрыв выходов каких-то пород),
- в) геофизических полей (резкое изменение контуров геофизических полей).

Линеаментный анализ земной коры (ЛАЗК) – современный, эффективный и экологически чистый метод поиска, выявления и изучения скрытых тектонических нарушений (СТН) земной коры, состоящий:

- а) в визуальном (ручном), автоматизированном, машинном или компьютерном и/или интерактивном, смешанном (человеко-машинном), дешифровании, поиске, выявлении и трассировании (картировании) скрытых линейных гетерогенных образований земной коры – по разномасштабным физико-географическим и топографическим

картам, космическим (КС) и аэрофотоснимкам (АФС), а также по геофизическим, геохимическим, сейсмическим и прочим материалам – схемам, разрезам;

б) в пространственной корреляции выделенных линеаментов и их схем с имеющимися геологическими, геофизическими, сейсмическими и прочими материалами;

в) в идентификации линеаментов и их систем с разрывами, зонами трещиноватости, валами, флексурами и прочими линейными элементами геологического строения, установленными ранее в ходе наземных геологических или геофизических работ;

г) в выделении автономных линеаментов и их систем, требующих дальнейшего изучения с целью установления их генезиса;

д) в составлении разномасштабных схем линеаментной тектоники изучаемого региона и полевой (наземной и аэровизуальной) проверке ключевых элементов данных систем;

е) в геодинамической интерпретации результатов линеаментного анализа и построения результирующих схем:

- линеаментно-блоковой тектоники,

- линеаментной делимости,

- линеаментной геодинамики,

- и прочих являющихся базовыми для уточнения и детализации закономерностей развития эндогенных (например, сейсмических, вулканических), экзогенных (например, оползневых, карстовых процессов и явлений), а также размещения месторождений гетерогенных полезных ископаемых.

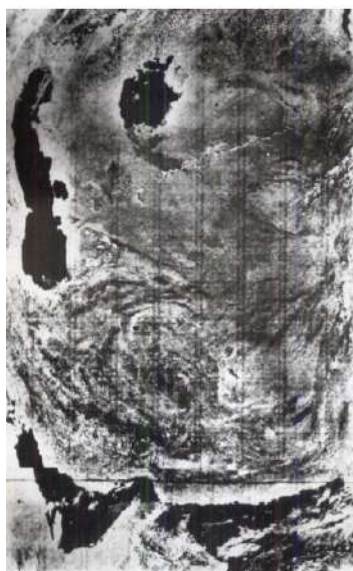


Рис. 2.17. Пример выраженности линеаментов Туркмено-Иранского региона: а) по различиям фототона и фоторисунка; б) по прямолинейности облачного покрова

Основные понятия линеаментогенеза

Линеаменты – линии (границы) резкого (градиентного) изменения параметров географической среды, геологической структуры и геофизических полей.

Линеаментные зоны – узкие протяженные концентрации отдельных линеаментов.

Линеаментные системы – совокупность субпараллельных линеаментов и/или линеаментных зон.

Линеаментные поля – совокупность различных линеаментных систем.

Линеаментные рисунки – разнообразные сочетания – Т-, У-, V-, X-образные (и прочие) отдельных линеаментов и их зон.

Линеаментная делимость – процесс деформационного преобразования тектоносферы Земли, приводящий к зарождению и развитию на различных ее уровнях разномасштабных линеальных неоднородностей пластичной и хрупкой породы.

Линеаментная тектоника – раздел геологии, изучающий генезис, строение и эволюцию линейных структур земной коры.

Линеаментная геодинамика – раздел геологии, изучающий всю совокупность линейных структур, процессов и преобразований, определяющих особенности структурирования Земли на всех ее глубинных уровнях.

Линеаментология – активно развивающаяся отрасль современного землеведения и планетологии, в рамках которой всесторонне изучаются разномасштабные линейные образования Земли и планет земной группы с целью исследования их роли и значения в зарождении и развитии жидкой, твердой и газообразной оболочек планет.

Термин *геодинамика* берет начало в «динамике» (от греч. *dinamos* – сила) – обоснованном Лейбницем и Ньютоном разделе механики, изучающем движение тел под воздействием приложенных к ним сил. Примерно такое же толкование этому термину, но применительно к Земле, дал Дж. Дарвин, предложивший в 1887 году термин «геодинамика» в отношении «к напряжениям, возникающим во внутренних частях планеты». В общем виде под геодинамикой понимают комплексную науку, «изучающую всю совокупность глубинных, эндогенных процессов, изменяющих литосферу и определяющих эволюцию ее структуры».

Часть вторая

В конце 20 века изучение линеаментов испытало два существенных качественных «скачка». Первый связан с внедрением в геологические исследования разномасштабных космических снимков (КС).

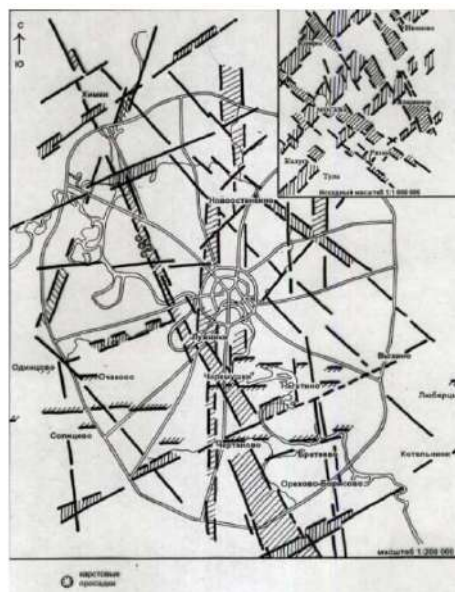


Рис. 2.18. Космический снимок г.Москвы (исходный м-б 1:50 000)

Рис. 2.19. Схема линейных образований г.Москвы

Второй связан с появлением специальных компьютерных программ, нацеленных на поиск, выявлении и статистическую обработку линеаментных систем, выявленных при дешифровании КС.

Основные результаты, полученные в течение 115-летнего изучения линеаментов и их систем

По рисунку (Рис. 2.22) видно, что Шатский был прав, когда писал о глубинных структурах, пересекающих не только платформу, но и окружающие платформу горно-складчатые сооружения. Видно как субширотные структуры пересекают Урал, как субмеридиональные структуры пересекают платформу и уходят на Кавказ.

Индикаторами линеаментов могут быть:

- резкая смена растительности, обводненности, заболоченности, заовраженности;
- линейно ориентированные русла рек А) и ручьев, тальвеги оврагов и балок, линейные ограничения лесных массивов, озер и болот ; линии первого промерзания (осенью) и первого протаивания (весной);
- линейное расположение изгибов русел рек или их долин, водопадов, озер и/или болот, облачности;
- резкая смена рисунка гидросети на топокартах АФС и КС;
- резкая смена фототона или фоторисунка на АФС и/или КС;

Иногда по этим линеаментам с помощью геологических полевых исследований намечается микросмещение. Это говорит о том, что эта тектоника живая.



Рис. 2.20. Пример автоматизированного (компьютерного) выделения линеаментов Курского КГП (по программе LESSA)

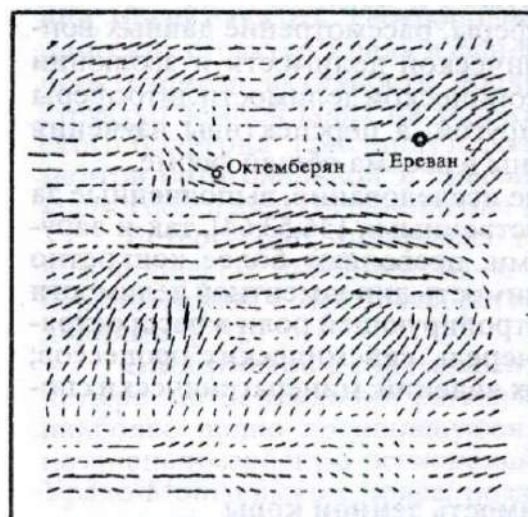


Рис. 2.21. Пример поиска и выделения скрытых тектонических нарушений с помощью компьютерной версии линеаментного анализа LESSA (по схеме результирующих векторов роз-диаграмм прямолинейных элементов ландшафта)

В геологической структуре:

- границы континентальной и океанической кор;
- зоны сочленения платформ, плит и горно-складчатых поясов;
- линейное расположение вулканических очагов или интрузивных тел;
- линейные ограничения авлакогенов, грабенов и рифтов; срединных массивов, межгорных впадин и прогибов;
- линии выклинивания геологических, тектонических и прочих зон;
- зоны повышенной трещиноватости и дислоцированности;
- флексуры, валы и прочие линейные образования;
- геологические границы и литологические контакты;
- границы участков и площадей с различным структурным рисунком;
- линейно расположенные геохимические, гидрогеологические и прочие аномалии;
- зоны повышенной закарстованности и пр.

В геофизических полях:

- границы участков и областей с различной морфологией полей;
- градиентные зоны и зоны прерывания осей аномалий;
- зоны нарушения (или потери) корреляции;

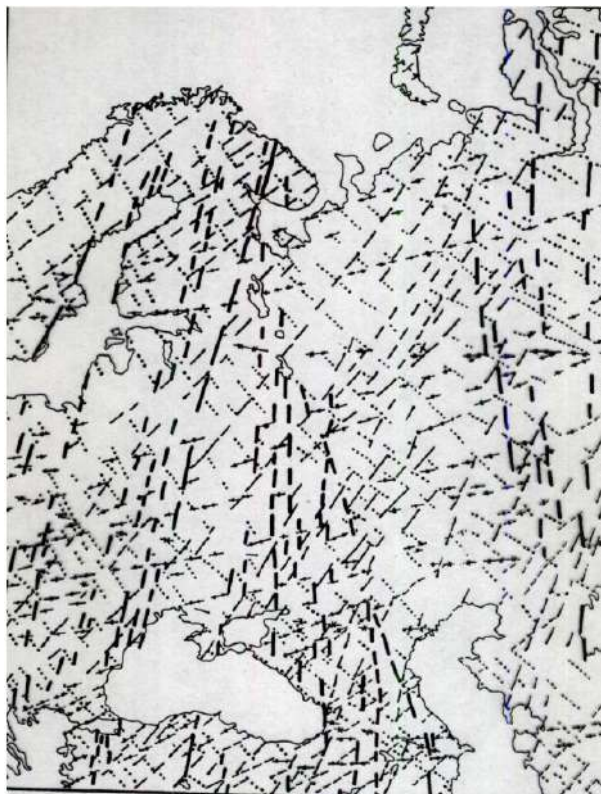


Рис. 2.22. Линеаментные системы Восточно-Европейской платформы

- оси положительных или отрицательных аномалий;
- зоны затухания сейсмических колебаний;
- линейное расположение очагов (эпицентров) землетрясений.

По масштабу выделяются линеаменты *планетарные*, *региональные* и *локальные*. Генезис планетарных и региональных линеаментов связывается с напряжениями, возникающими в результате вращения Земли вокруг своей оси и ее обращения вокруг Солнца, обусловлен ротационными причинами. Допускается, что происхождение локальных линеаментов может быть связано с тектоническими перестройками конкретного блока земной коры.

Линеаменты любого масштаба образуют две системы:

- ортогональную, состоящую из линеаментов субмеридионального и субширотного простираний;
- диагональную, состоящую из линеаментов СЗ-ЮВ-го и ЮЗ-СВ-го простираний. При этом линеаменты всех простираний развиты не хаотично, а закономерно, соблюдая «правило эквидистантности», равноудаленности друг от друга.

Предполагается, что появление линеаментов пятого и более «высоких» простираний связано с тектоническим вращением тех блоков земной коры, в которых данные

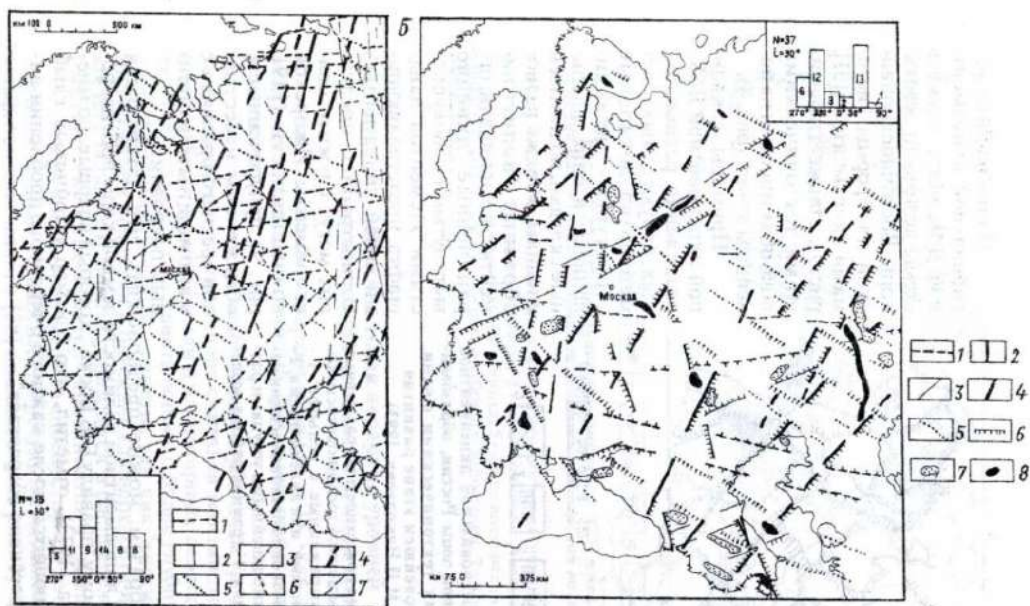


Рис. 2.23. Линеаментные системы Восточно-Европейской платформы: а) магнитного поля (исходный м-б 1: 10 000 000), б) гравитационного поля (исходный м-б 1 : 7 500 000)



Рис. 2.24. Космогеологические полигоны (КГП) Восточно-Европейской платформы, на которых разрабатывалась методика ЛАЗК

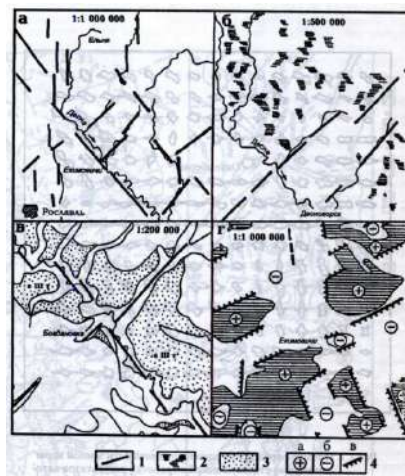


Рис. 2.25. Индикаторы линеаментов района расположения Смоленской АЭС: А – спрямленные участки рек; Б – прямолинейные границы болот; В – резкое изменение ширины террасовых комплексов; Г – прямолинейные границы участков магнитного поля

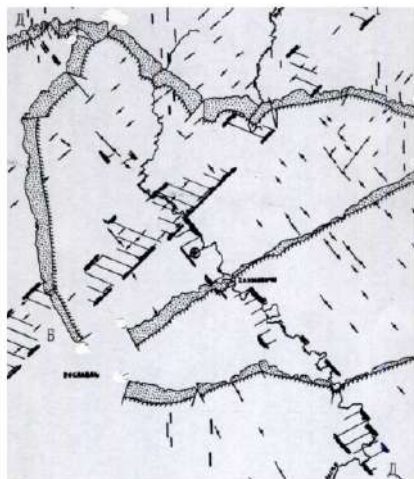


Рис. 2.26. Отражение диагональных ли-
неаментов в мощности четвертичных от-
ложениях Смоленского КГП



Рис. 2.27. Пример того, как коленообраз-
ные изгибы русла реки Хопёр (на мери-
диональном отрезке Новохопёрск – Усть-
Хопёрская) чётко индицируют ли-
неаменты СЗ- и СВ-го простираний (Хопёрский
КГП)

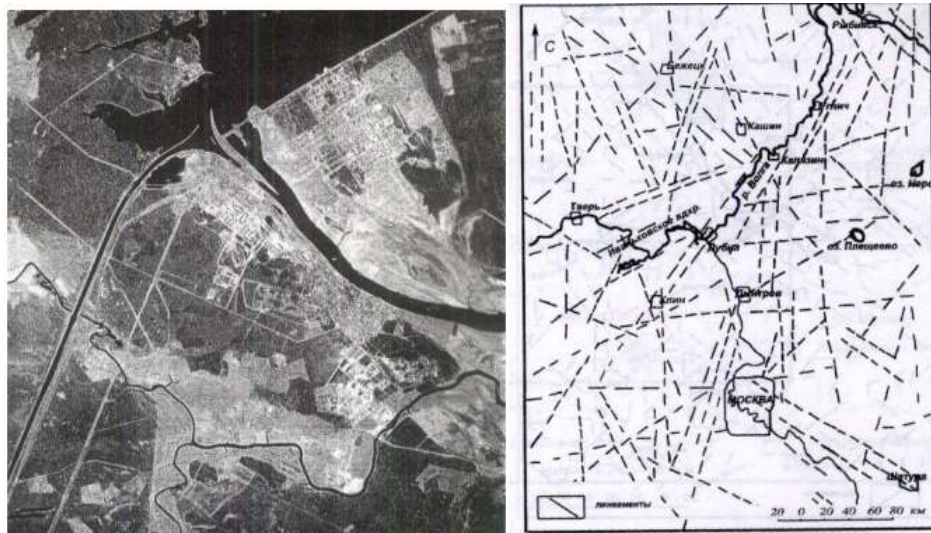


Рис. 2.28. Слева – КС района Дубны (Верхне-Волжский КГП); справа – Линеаменты
Верхне-Волжского КГП, выделенные по КС

линеаменты начали развиваться. Установлено, что планетарные линеаменты являются транзитными (сквозными) структурами, которые прослеживаются на огромные расстояния, пересекая континенты и океаны, невзирая на какие-либо геологические границы, например, на границы платформ и горно-складчатых поясов. Они отражают линейные деформации и дислокации не только земной коры, но, вероятно, и

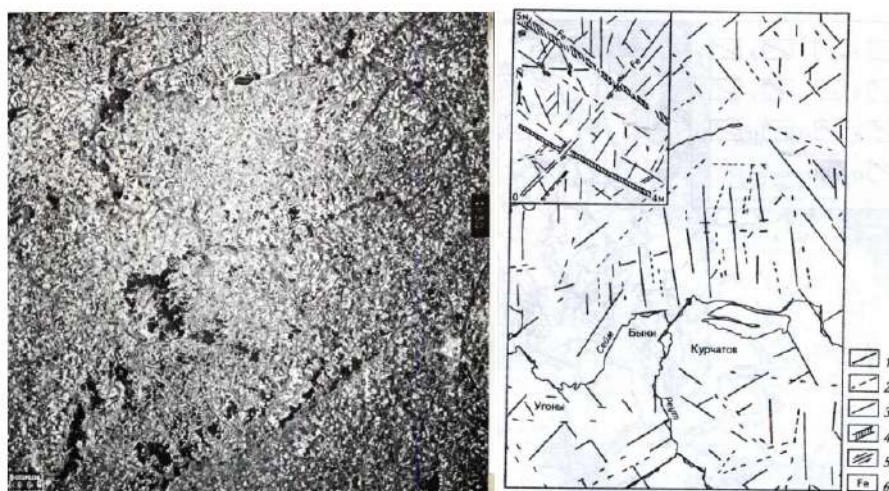


Рис. 2.29. Слева – КС Курского КГП; справа – Линеаменты северной части Курского КГП: 1 – 3 – линеаменты; на врезке: 4 – зоны ожелезнения, 5 – микродвиговые смещения трещин; 6 – проявления железа

значительно более глубоких сфер нашей планеты вплоть до ядра.

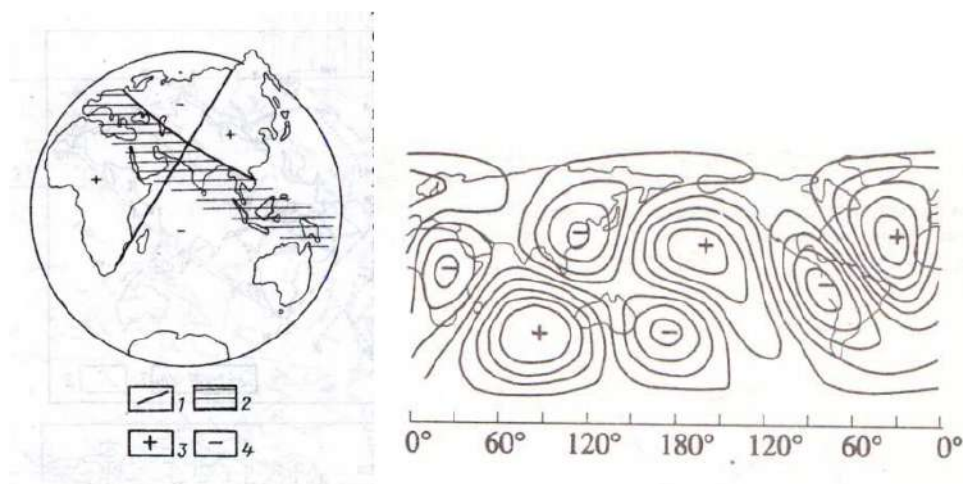


Рис. 2.30. Слева – Основные планетарные структуры Восточного полушария Земли: 1 – планетарные линеаменты; 2 – планетарная зона дробления земной коры; 3 – секторы воздымания; 4 – секторы опускания (Полетаев, 1986); справа – Рельеф границы ядро-мантия

Менее глубинные нарушения отражаются трансконтинентальными структурами:

Региональные линеаменты:

- трассируют глубинные, истинные (динамические границы) основных структур континентов: древних платформ, молодых плит и разновозрастных горно-складчатых поясов, а не их «искаженные» проекции на дневную земную поверхность;

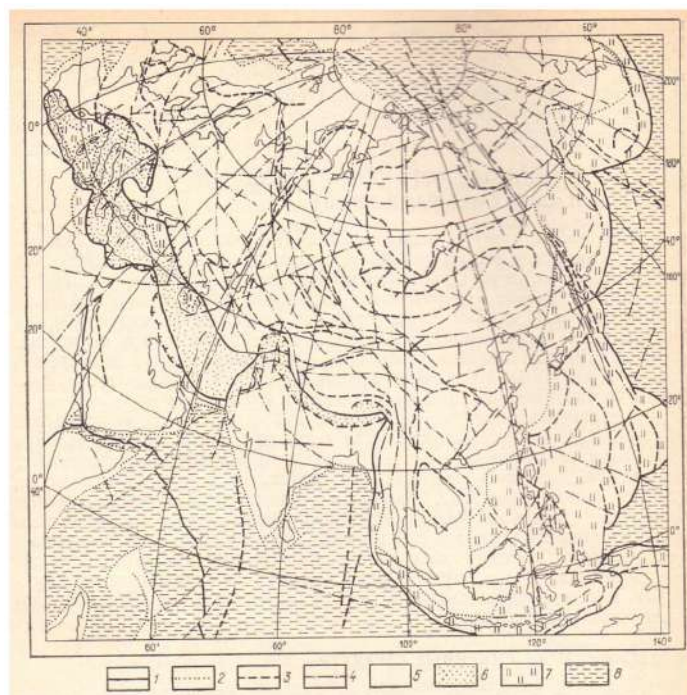


Рис. 2.31. Системы трансконтинентальных разломов Евразийского материка и окружающих его пространств: 1 – граничные разломы современных литосферных плит, границы древних литосферных плит, 2 – граничные разломы первого ранга, опоясывающие мегаблоки континентальной коры, 3 – граничные разломы второго ранга внутри континентальной коры, 4 – трансконтинентальные разломы, 5 – земная кора континентального типа, 6 – переходная земная кора Средиземноморского складчатого пояса, 7 – переходная земная кора Тихоокеанского складчатого пояса, 8 – океаническая земная кора

- «оконтуривают» основные элементы инфраструктуры земной коры древних платформ, молодых плит, горно-складчатых поясов и их зон сочленения;

- разграничивают области, зоны и участки с различными сейсмическими параметрами и «упорядочивают» современный гидрографический рисунок «лика Земли», обуславливая направление долин рек и овражно-балочной сети, простираение морских и океанических побережий, ориентировку горных гряд и ущелий.

Локальные линеаменты могут рассматриваться как индикаторы детальной инфраструктуры земной коры, скрытой от непосредственного наблюдения природными или техногенными процессами и/или объектами.

Таким образом, линеаменты, во-первых, и их системы отражают элементы глубинного строения не только земной коры, но и значительно более глубоких сфер нашей планеты, вплоть до границы ядро-мантия. Во-вторых, они трассируют глубинные, истинные, динамические границы древних платформ, молодых плит и раз-

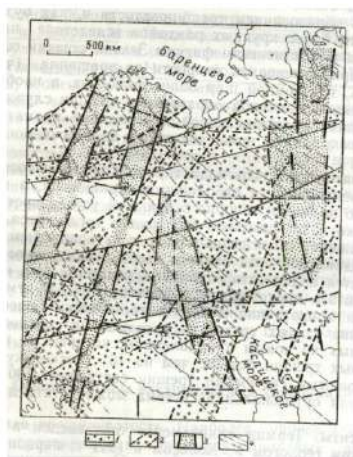


Рис. 2.32. Линеаментные зоны ВЕП по результатам дешифрирования КС и анализа топографических карт

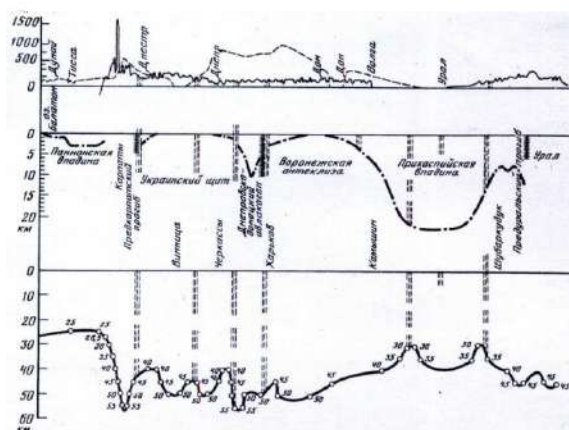


Рис. 2.33. Отражение основных линеаментов ВЕП в глубинном строении и современных движениях земной коры (профиль по линии оз. Балатон – Урал; исходный м-б 1 : 2 500 000)



Рис. 2.34. Локальные линеаменты Чашниковской впадины

новозрастных горно-складчатых поясов, а не их «искаженные» проекции на дневную поверхность Земли. И, наконец, в-третьих, они разграничивают области, зоны, участки, различающиеся направленностью и активностью современных геологических процессов как эндогенных, например, сейсмических, так и экзогенных.

С целью дальнейшего совершенствования ЛАЗК в Лаборатории геологических исследований космическими методами кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках программы «ГЕОСИНТЕЗ»

была разработана телескопическая схема линеаментного анализа – ТеСЛА, апробированная при изучении скрытых линейных нарушений, развитых на территории «точечных» техногенных объектов типа АЭС.

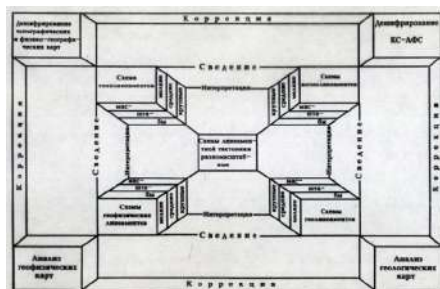


Рис. 2.35. Телескопическая схема линеаментного анализа (ТеСЛА)

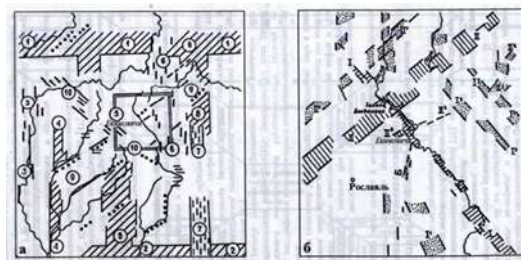


Рис. 2.36. Пример применения ТеСЛА при изучении структур Смоленского космо-геологического полигона: а) м-б 1:1 000 000, б) м-б 1:200 000

Суть данной схемы заключается в том, что последовательные стадии линеаментного анализа – дешифрирование, корреляция, идентификация, интерпретация и составление результирующих схем и карт – проводятся таким образом, что в центре разномасштабных (от мелкомасштабных схем к крупномасштабным) построений постоянно находится территория исследуемого региона, мегаполиса, участка, даже единичного «точечного» объекта, например, площадки АЭС и пр.

Основные черты линеаментного поля земной коры

В результате линеаментного анализа разномасштабных (от планетарного до локального) материалов дистанционного зондирования различных регионов Земли установлены основные черты, присущие линеаментному полю, в целом, и его отдельным составляющим, в частности.

1. Автономность и приоритетность. Линейные геологические объекты, например, разрывы, представляют собой отдельные фрагменты более протяженного линеамента, а не наоборот.

2. Планетарность или транзитность (по горизонтали). Отдельные линеаменты и их системы как ортогональные, так и диагональные, «просвечиваются» как через чехол древних платформ, так и через молодые горно-складчатые сооружения, а также отражаются в батиметрии морских и океанских акваторий.

3. Ритмичность и/или эквидистантность. А. Добрэ в 19 веке сформулировал «принцип равноудаленности элементов геологической структуры», который наиболее ярко выражен в равноудаленности (шаге или интервале) как отдельных линеаментов, так и систем друг от друга:



Рис. 2.37. Скрытые тектонические нарушения Северного полушария Земли. Буквами обозначены крупнейшие разломы: Б – Бревард, ГК – Главный Копедагский, К – Кабот, СА – Сан-Андреас, Т – Танлу

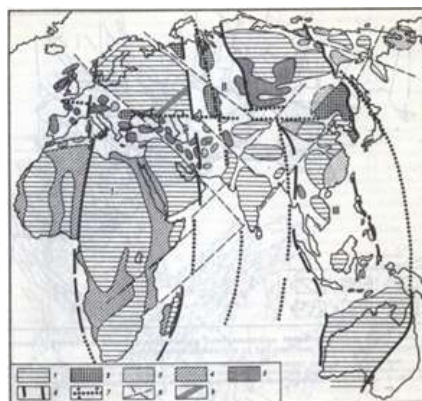


Рис. 2.38. Соотношение докембрийских структурно-вещественных комплексов и элементов планетарной структуры I – III рангов

- глобального уровня (1:35 000 000) – от 700 до 350км;
- надрегионального уровня (1:7 500 000) – от 700-500 до 100-75км;
- регионального уровня – (1:2 500 000) – от 100-75 до 25-20 км; (1:1 000 000) – от 50 до 10 км; (1:500 000) – от 25 до 5км;
- детального уровня – (1:200 000) – от 10 до 2км; (1:100 000) – от 5 до 1км; (1:50 000) – от 3,5 до 0,5 км;
- локального уровня – (1:25 000) – от 2,5 до 0,25км; (1:10 000) – от 1,5 до 0,1км.

Средний шаг трещиноватости четвертичных отложений и коренных пород может колебаться от нескольких метров до нескольких сантиметров особенно в горных областях.

4. Делимость линеamentного поля. В процессе деформационного преобразования (структурирования) земной коры на разных ее уровнях образуются разномаштабные неоднородности пластичной и хрупкой природы.

5. Узловатость линеamentного поля. В результате деформационного преобразования земной коры в местах сочленения и/или пересечения пластичных или хрупких неоднородностей (в углах делимости) образуются узловые структуры, имеющие аномальные физико-геологические характеристики.

6. Изотропность и анизотропность линеamentных полей. Предельный случай изотропности – равновеликость лучей гистограмм простираний линеamentов всех систем. Предельный случай анизотропности – доминирование какой-либо одной из систем линеamentов.

7. Консервативность или ревелаторность (отраженность). Зародившись по Г. Штилле, на границе архей/протерозой, на стадии становления «хрупкой» земной коры, «кардинальные» линеаменты и их системы могут испытывать дискретное омоложение и/или активизацию и в геологическом времени, и в пространстве.

8. Мультилинеаментность и/или трансляционность (по вертикали). Линеаменты образуют многоуровневый (ядро – мантия – Мохо – фундамент – чехол – дневная поверхность) структурный каркас Земли, выраженный в скрытой (латентной) форме, но четко регламентирующий как основные тенденции структурирования планеты, закономерности развития эндогенных и экзогенных процессов, так и особенности металлогении и минерагении.

9. Фрактальность или транзитность (по вертикали). Линеаментные сочетания (рисунки) на всех (от планетарного до локального) уровнях.

10. Девиантность (отклоняемость). Простираение отдельных линеаментов или их систем постоянно отклоняются от основных простираций линеаментной матрицы земной коры, указывая таким образом на возможные вращательные (ротационные) движения блоков земной коры, внутри которых они (линеаменты) развиты.

11. Транзитность (по горизонтали). По простираению линеаменты «пересекают» гетерогенные структуры земной коры, как континентальные древние и молодые платформы, разновозрастные горно-складчатые пояса.

12. Транзитность (переходность). По простираению линеаменты могут переходить в другие линейные структуры – разрывы, зоны трещиноватости, а также образовывать комплексный структурный рисунок с дуговыми или кольцевыми образованиями.

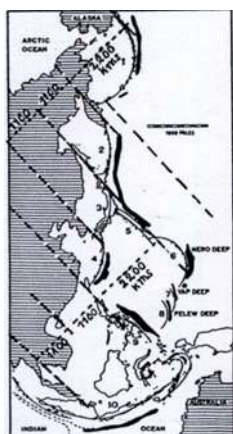


Рис. 2.39. Пример равноудаленности (эквидистантности) линейных линеаментов Западного побережья Тихого океана



Рис. 2.40. Зубчатые вершины Мон-Блана

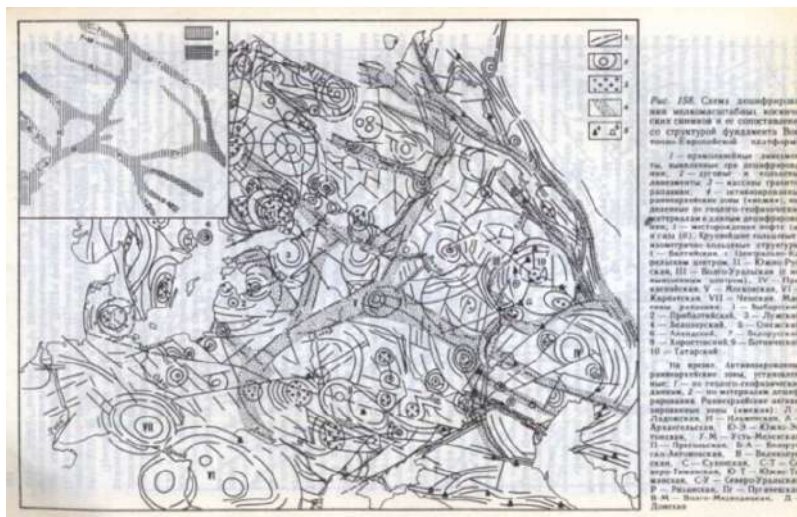


Рис. 2.44. Линеаменты, дуги и кольца Восточно-Европейской платформы

ских особенностей в региональном масштабе, считающиеся обычно как отражение кристаллической структуры (фундамента)»

1970г. - « понятие географическое, а не чисто геологическое это не разлом, а только линия, рисуемая в рельефе или ландшафте и большей частью лишь отражающая разломы или планетарную трещиноватость»

1973г. - «линейные или дугообразные структурные элементы планетарного значения, связанные с глубинными. разломами»

1981г. - «прямолинейные или пологоизогнутые более или менее узкие высокоградиентные зоны изменения различных характеристик поверхности, частным случаем которых являются разрывы»

1991г. - «Видимая направленная форма рельефа или геологической структуры, точность выявления которой зависит от случая»

1999г. - «линейные неоднородности (разломы и флексурно-разрывные зоны) земной коры и литосферы разного ранга, протяженности, глубины и возраста заложения, которые проявлены в приповерхностной структуре прямо (разломами) или опосредованно (ландшафтными аномалиями)»

2013г. - Линейные, прямые или дугообразные геоструктурные элементы земной коры, имеющие планетарное значение, появление и формирование которых на протяжении очень продолжительного времени обусловлено, в той или иной степени, глубинными разломами, выраженным в структуре земной коры и ее элементов. Направления развития этих структур на разных этапах может существенно различаться, известны инверсионные этапы развития этих элементов земной коры;

2014г. - «Линеаменты выражены как реально существующими геологическими структурами («контактами» и «разломами»), так и своеобразными предполагаемыми

координационными линиями («фантомами»), не находящими прямого соответствия в геологической среде.

В общем случае линеаменты - это выражение на поверхности Земли интегральной разноранговой (глобальной, региональной, локальной.) делимости литосферы (плиты, блок, тела, массивы, геологические формации, минеральные зёрна.), это своеобразные межблоковые структурно-координационные зоны, являющиеся одновременно зонами концентрации и сброса напряжений сжатия, растяжения или сдвига. Линеаменты образуют единую для земли фрактально-волновую систему, отражающую интегральное, но в первую очередь, современное напряжённно-деформированное состояние Земли»;

2016г. - «широкая и протяжённая зона концентрации разрывных нарушений, пересекающая платформенную мегапровинцию и/или покровно-складчатый пояс».

Лекция 3. Клиновидные структуры

В 1888 году в Горном журнале выдающийся русский геолог Александр Петрович Карпинский опубликовал статью «О правильности в очертаниях, распределении и строении континентов», в которой указал «на примечательную треугольную форму материков, заостренную к югу».



Рис. 3.1. Расположение материков в проекции А.П. Карпинского

Комментируя идеи А.П. Карпинского, считавшего, что: «Заостренность к югу обуславливается континентальными границами, которые можем рассматривать за сравнительно новые», В.Е. Хаин показал, что: «В настоящее время тезис о вторичности ограничений гондванских материков должен трактоваться с мобилистских позиций, но высказывание А.П. Карпинского остается в силе. Заостренность к югу материков – фрагментов Гондваны следует связывать, очевидно, с конфигурацией осей спрединга, расчленивших Гондвану, с их схождением к югу». В настоящее время очень трудно оспаривать любые мобилистские трактовки, но, тем не менее, природа клиньев, выделенных в разных районах Земли и «заостренных», как выясняется, не только к югу, но и к северу, а также к востоку и к западу, вряд ли должна рассматриваться именно и только с этих позиций.

Клиновидные структуры, выявленные во второй половине XX – начале XXI веков

В течение последних 50 лет клиновидные структуры просматривались в самых разных геологических материалах: в ограничениях Индостанской платформы (Кришнан, 1954), в схеме разломной тектоники земной коры (Чебаненко, 1963), в серии схем глобальных сдвиговых зон (Воронов, 1964, 1997, Расцветаев, 1980, 1997).

К давно известным Кипрскому, Кушкинскому и Иркутскому «клиньям» добавились клиновидные структуры – зоны сочленения Восточно-Европейской и Африканской плит, подтвержденные независимыми геофизическими и геологическими исследованиями.

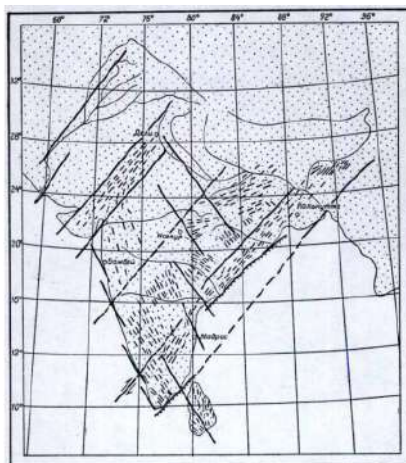


Рис. 3.2. Главные простирания архейских пород на площади Индийской платформы и направления разломов: 1 – простирание докембрийских пород, 2 – разломы, 3 – сбросы

Клинья планетарного масштаба показаны в схеме глобальных геоблоков, вычитываются в схеме глобальных линейных объектов Земли, структуры Лавразийского сдвигового пояса

Клиновидные структуры Восточно-Европейской платформы

В течение последних 25 – 30 лет структурные закономерности и особенности Восточно-Европейской платформы активно изучаются с помощью линеаментного анализа разномасштабных дистанционных и картографических материалов. В результате на изученных территориях установлено, закартировано и частично подтверждено различными (в том числе и геофизическими) данными большое количество скрытых тектонических нарушений различного простирания и разной протяжённости, которые в той или иной степени могут рассматриваться в качестве индикаторов элементов глубинной неотектоники данного региона. На фоне традиционного линеаментного поля, образованного линеаментами ортогональной и диагональной систем, иногда резко выделяются своей чёткой морфологической выраженностью клиноподобные сочетания линеаментов СЗ - го и СВ - го простираний. Такие структуры были выявлены на площади Смоленского космогеологического полигона при геологическом доизучении района расположения Смоленской АЭС.

При структурно-геоморфологическом исследовании Ярославского космогеологического полигона, выполненном при написании магистерской работы Е.В. Шереметьевой, также были выявлены клиновидные структуры (Рис. 3.11).

Было предположено, что поскольку границы крупных линеаментных блоков СВ и СЗ простирания образуют между собой острый угол, биссектрисой которого является

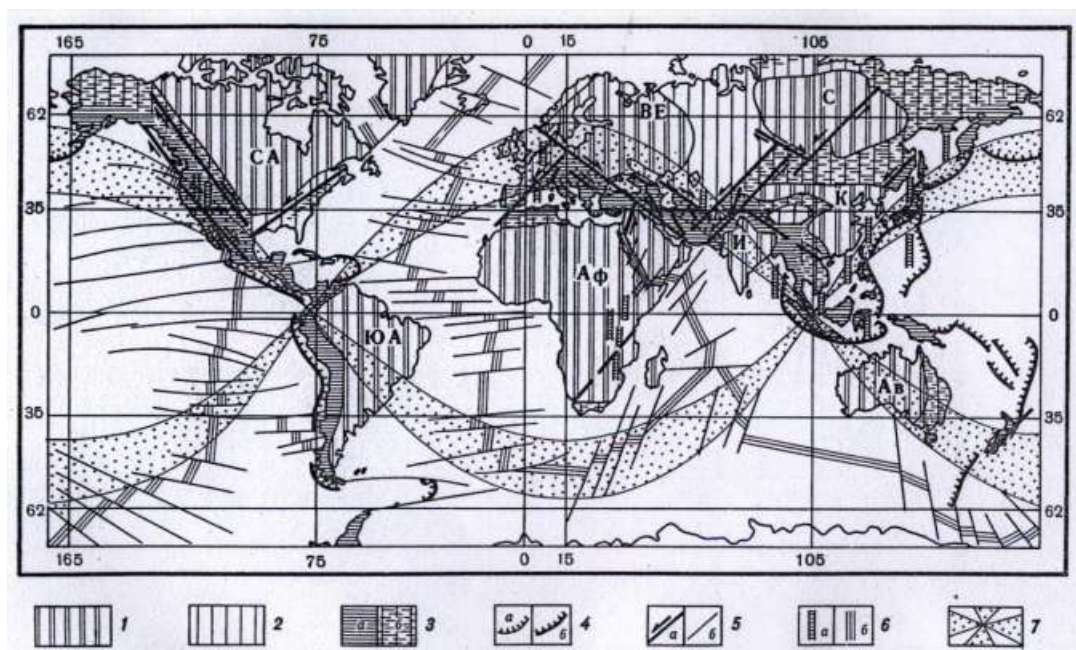


Рис. 3.3. Крупнейшие структуры литосферы и их соотношения с зонами глобального скалывания. Доальпийские ядра стабилизации континентов: 1 – древние платформы (Ав – Австралийская, Аф – Африканская, ВЕ – Восточно-Европейская, И – Индийская, К – Китайская, С – Сибирская, СА – Северо-Американская, ЮА – Южно-Американская), 2 – молодые платформы. Альпийские структуры: 3 – области проявления позднеальпийской складчатости на континентах (орогенные пояса): а – более интенсивной (в основном эпигеосинклинальной), б – менее интенсивной (в основном эпиплатформенной); 4-6 – главнейшие системы позднеальпийских дислокаций на континентах и в переходных зонах (а) и в океанах (б): 4 – взбросы и надвиги, 5 – сдвиги и зоны сдвиговых деформаций, 6 – раздвиги и сбросо-грабеновые системы, 7 – зоны глобального скалывания (критические диагонали) и узлы их пересечения (главные центры деформации)

меридиан, это может указывать на обстановку субмеридионального сжатия. Линементный анализ эрозионной сети Восточно-Европейской платформы, проведенный в 2013-2014 годах по топокарте м-ба 1:3 000 000, выявил на ее территории значительное количество клиновидных структур, ориентированных как в субмеридиональном, так и в субширотном направлении.

Меридионально ориентированные (с севера на юг или с юга на север) внутрилитные клинья образованы диагональными структурами с простираниями СЗ – 320 – 330° и СВ – 50 – 60°, т.е. в условиях субмеридионального сжатия Земли структуры образовались в полном соответствии с законом скалывающих напряжений. Эти структуры подтверждают и дополняют некоторые выводы М.Л. Коппа, сделанные

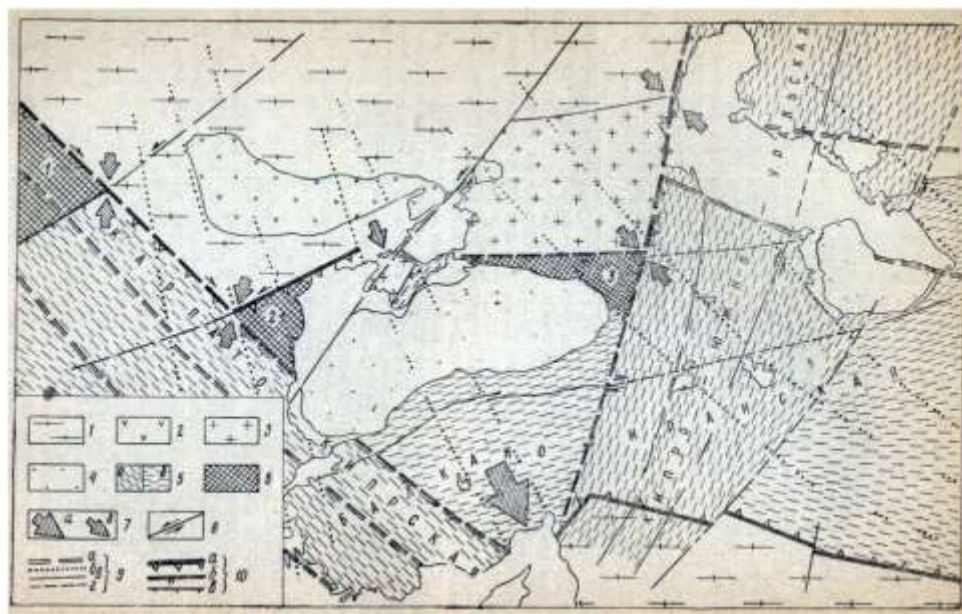


Рис. 3.4. Геодинамическая модель области сочленения Восточно-Европейской платформы и ее альпийского обрамления 1 – древние платформы, 2 – Украинский кристаллический массив, 3 – Скифская плита, 4 – глубоководные морские впадины, 5 – линейные зоны: а – поперечные, б – продольные, 6 – выступы фундамента: Висленский (1), Дунайский (2), Рионский (3), 7 – направления сжатий: а – общего, б – локального, 8 – разрывы и направления смещения по ним, 9 – простирание линейных зон: а – северо-западного, б – субмеридионального, в – северо-восточного, г – субширотного, 10 – границы: а – древних платформ, б – Скифской плиты, в – выступов фундамента

им в известной работе «Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы», изданной в 2004 году:

1. Плановое расположение клиновидных структур южной части ВЕП, например, Керченского и Волго-Донского, «заостренных» с юга на север, подтверждает, что «новейшая структура платформ Юго-Восточной Европы» могла образоваться «под воздействием направленного к северу давления Аравийской плиты, передававшегося через Кавказско-Иранский сегмент Альпийского коллизионного пояса и далее – через платформенный фундамент».

2. Меридиональные линейные структуры, маркируемые долинами Днепра, Дона, Урала и других рек, подтверждают возможное субширотное растяжение, возникающее как результат давления «Аравии в пределах платформы Юго-Восточной Европы».

3. Проведенные исследования позволяют согласиться и с тем, что: «Представление о единстве и жесткости Евразийской плиты в кайнозое верно лишь в самом пер-

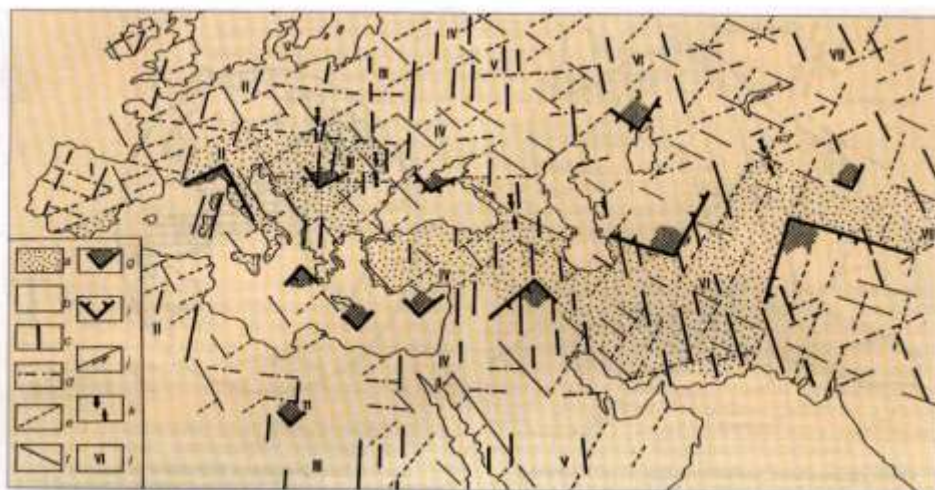


Рис. 3.5. Клиновидный характер глубинного сочленения платформ Евразии и Гондваны : а – Средиземноморский складчатый пояс, b – платформы, c-f – линеаменты и их простирания, с – субмеридиональные, d – субширотные, e – северо-восточные, f – северо-западные, g – клинья, образованные линеаментами, i, j – направления смещений крыльев: i – вертикальное, j – горизонтальное, k – направление сжимающих усилий, l – названия субмеридиональных зон: I – Пиренейская, II – Альпийская, III – Балканская, IV – Крымская (Анатолийская), V – Кавказская, VI – Копетдагская, VII – Гималайская

вом приближении. Действительно, исследованная территория ВЕП, как и вся «Северной Евразия представляла собой менявшийся во времени калейдоскоп субплит и блоков, с несколько разной скоростью двигавшихся от оси спрединга в Северной Атлантике - Арктике».

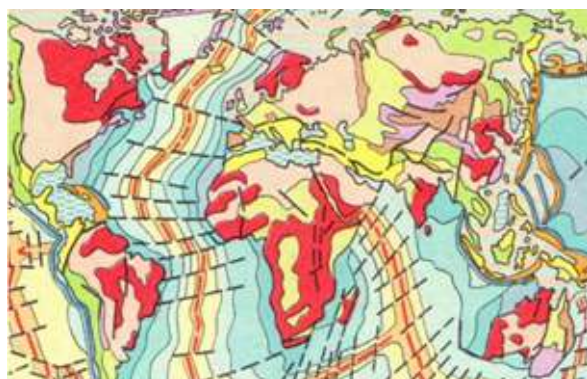


Рис. 3.6. Слева – фрагмент Тектонической карты Мира (1987); справа – Схема положения сейсмически активных блоков земной коры (деформационные системы дислокаций – ДСД) Альпийского и Центрально-Азиатского поясов (1984)

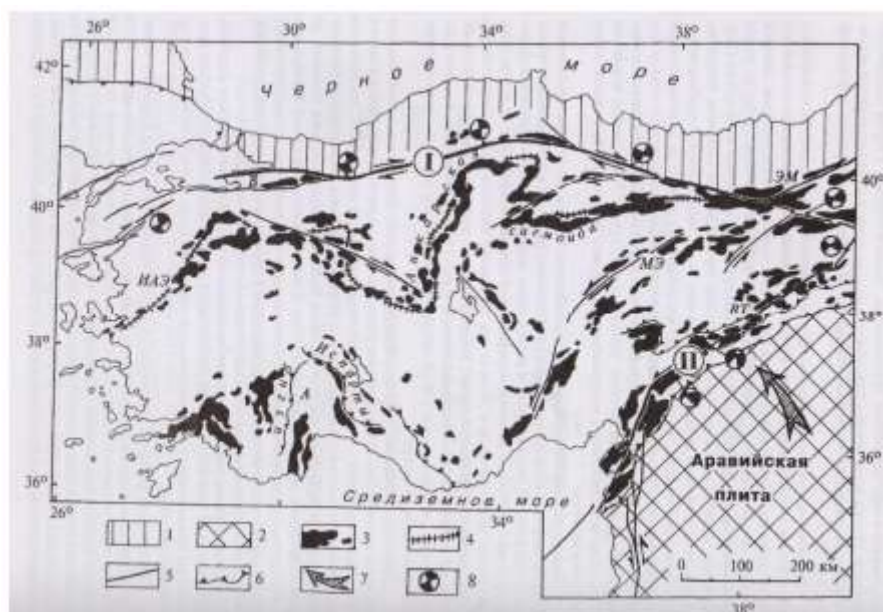


Рис. 3.7. Соотношение офиолитовых сутур и активных разломов Средиземноморско-го складчатого пояса к западу от Аравийского синтаксиса : 1, 2 - континентальное обрамление складчатого пояса: 1 - евразийское, 2 - аравийское; 3 - офиолиты, офиолитовые меланжи и олигостромы; 4 - линия офиолитовой сутуры Измир - Анкара - Эрзинджан; 5- разломы, главным образом сдвиги, среди них Северо-Анатолийский (I) и Восточно- Анатолийский (II); 6- надвиги; 7 - движение Аравийского индентора; 8 - решения механизмов сейсмических очагов. Офиолитовые сутуры, в том числе вовлечённые в шарнирование: В - Внутрипонтийская, ЭМ - Эрзинджан-Малокавказская, ИАЭ - Измир - Анкара - Эрзинджан, А - Анталья, МЭ - Мерсин - Эрзинджан, ВТ - Восточно - Таврская

4. Беломорский, Котласский, Вологодский, Ярославский, Рязанский, Усть-Хопёрский и другие клинья Восточно-Европейской платформы, «заострённые» с севера на юг, подтверждают заключительный вывод М.Л. Коппа о том, что: «Современный неотектонический рельеф платформ Северной Евразии образовался в результате горизонтальных перемещений не только плит гондванского происхождения, но и встречного дрейфа фрагментов Евразии».

К этому надо добавить, что в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы с альпийской горно-складчатой системой и внутри самой альпийской системы возникают клиновидные структуры субширотного направления, «заострённые» как с запада на восток, например, Запорожский, Волгоградский и Батумский клинья, так и с востока на запад, например, Актауский клин на восточном берегу Каспия. Кроме того, клиновидные структуры, направленные с востока на запад - Самарский, Казанский и Березниковский - развиты на востоке Восточно-Европейской платформы, в

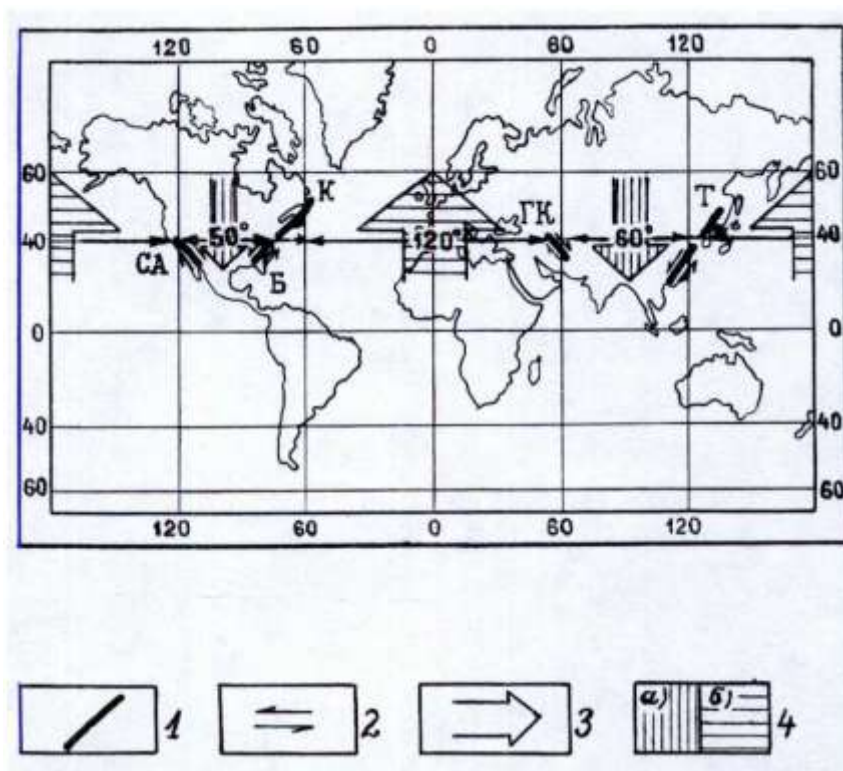


Рис. 3.8. Сдвиговый пояс Лавразии : 1 – сдвиги, 2 – характер смещения, 3 – направление движения блоков земной коры, 4 – блоки: а – континентальные, б – океанские

зоне её сочленения с Уральской горно-складчатой системой. Данные «клинья» могут свидетельствовать в пользу активного влияния на внутриплатформенное структурирование как атлантических напряжений (с запада), так и уральских напряжений (с востока).

Выявленные клиновидные структуры ВЕП и их направления коррелируют и с ранее выделенными зонами «динамического влияния коллизионных поясов ВЕП и Скифской платформы».

Более того, можно полагать, что клиновидные структуры, выявленные внутри «тела» ВЕП, представляют собой реальные формы проявления данного влияния. Попутно с составлением схемы линеamentной тектоники ВЕП и выделением клиновидных структур на отдельных участках была проведена корреляция линеamentных систем и выделенных клиньев с разрывными нарушениями фундамента.

Результаты проведённой корреляции на южном крыле Московской синеклизы (территория топографической карты N-37) показали, что далеко не всегда структуры фундамента находят отражения в линеamentном поле и, соответственно, в рельефе изучаемой территории. Так, по результатам линеamentного анализа на данной территории (в районе Рязани) чётко выделяется крупная узловая структура, образованная двумя клиновидными структурами, ориентированными субмеридионально.

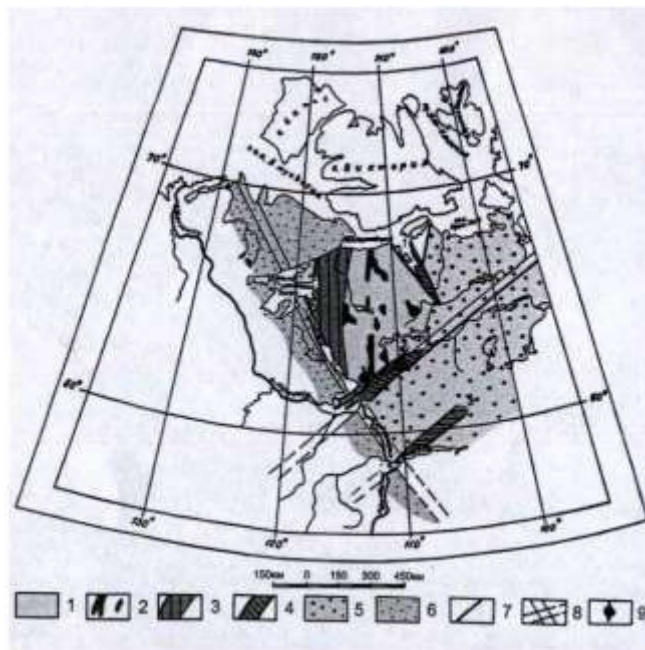


Рис. 3.9. Схема расположения линеаментов в западной части Канадского щита : 1 - гранито-гнейсы и граниты палеозойского фундамента; 2 – останцы архейских зеленокаменных поясов (вне масштаба), маркирующие положение меридионального архейского линеамента; палеопротерозойские прогибы, унаследовавшие архейские проторифтовые прогибы: 3 - протоплатформенный прогиб Коронейшен, 4 – палеопротерозойские надрифтовые прогибы Баттерс (1 на схеме) и Атабаска с крупными и богатыми урановыми месторождениями (2 на схеме); 5 - рифейские отложения платформенного чехла провинции Черчилл; 6 - палеозойские отложения Северо-Американской платформы; 7 - разрывы; 8 - линеаменты; 9 - редкометальное месторождение Тор-Лейк и Восточно-Европейской платформы

Северная структура, обращённая острым углом на юг, образована линеаментами с простираниями СЗ - 315° и СВ - 50°. Южная структура, обращённая на север, образована линеаментами с простираниями ЮЗ - 230° и ЮВ - 135°.

Сопоставление описанных выше клиновидных структур с картой аномального магнитного поля, отражающего структуру фундамента ВЕП, свидетельствует, что со структурой фундамента коррелирует только южный «клин», обращённый на север: северный «клин», обращённый на юг, в фундаменте не имеет никакого соответствия.

1. Полученные результаты прямо свидетельствуют, что однажды сделанные предположения могут в конце концов не только найти конкретные подтверждения, но и превратиться (со временем) в новое научное направление, блестяще подтверждая мысль В.И. Вернадского, считавшего, что «иногда при анализе старых понятий создаётся новая наука». А это, в свою очередь, самым серьёзным образом может по-

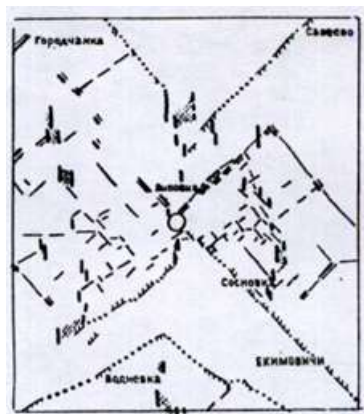


Рис. 3.10. Схема локальной линеаментной делимости земной коры Смоленского космо-геологического полигона (исходный м-б 1:25 000) с образованием в центре узловой структуры

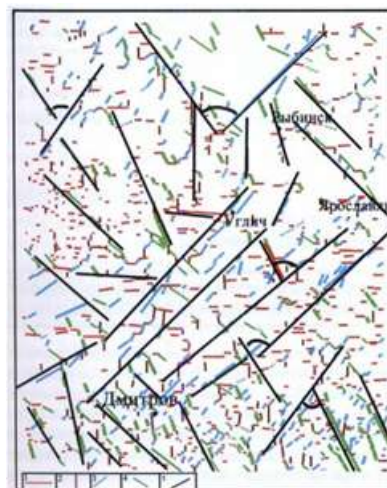


Рис. 3.11. Линеаментная карта-схема по результатам дешифрирования космического снимка СВ части Московской синеклизы. Линеаменты: ортогональные: 1 – широтные, 2 – меридиональные; диагональные: 3 – СВ, 4 – СЗ, 5 – границы линеаментных зон

вышать эффективность не только региональных исследований, но и теоретических разработок.

2. Прделанная работа ещё раз продемонстрировала широчайшие возможности линеаментного анализа земной коры, позволяющего даже на территории казалось бы хорошо изученных регионов, каким, безусловно, является Восточно-Европейская платформа, выявлять новые структурные формы.

3. Клиновидные структуры Восточно-Европейской платформы, выявленные с помощью визуального линеаментного анализа топографических карт разного (1:3 000 000, 1:1 000 000, 1:25 000) масштаба позволяют уточнить данные исследований, полученных ранее.

Если «Космотектоническая карта Восточно-Европейской платформ и её обрамления» (м - б 1:2 500 000) демонстрировала «более высокую значимость в строении земной коры разрывных нарушений различной морфологии и ранга» и давала «возможность с новых позиций рассмотреть структурные формы платформенного чехла с учётом большей роли в их строении дизъюнктивных нарушений», то вновь выделенные клиновидные структуры также позволяют несколько по-новому «взглянуть» на структурные закономерности изученного района, т.к. известно, что «Правильное определение геометрии тектонических форм или морфологии новейших деформаций земной коры на разных её уровнях является проблемой первостепенной важности,

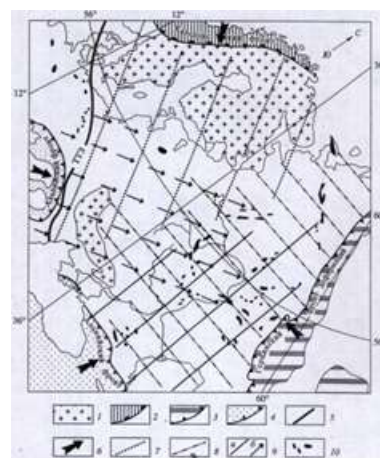
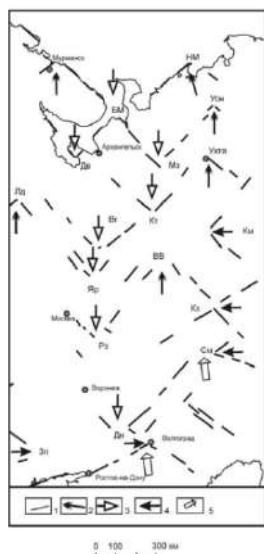


Рис. 3.12. Клиновидные структуры ВЕП: 1 – линеаменты, 2-5 – предполагаемое направление сжатия: 2-3 – субмеридиональное: 2 – с С на Ю, 3 – с Ю на С, 4 – субширотное, 5 – направление давления со стороны Афро-Аравийской платформы. Клинья: БМ – Бело-Морский, ВВ – Ветлуга-Вятский, Вг – Вологодский, Дв – Двинский, Дн – Донской, Зп – Запорожский, Кз – Казанский, Км – Камский, Кт – Котласский, Лд – Ладожский, Мз – Мезенский, НМ – Нарьян-Марский, Рз – Рязанский, См – Самарский, Усн – Усинский, Яр – Ярославский

Рис. 3.13. Зоны динамического влияния коллизионных поясов на территории Восточно-Европейской и Скифской платформ: 1 - фундамент Восточно-Европейской платформы на поверхности (Балтийский, Украинский щиты); 2 - каледониды и фронт каледонских покровов; 3 - варисциды Урала и варисский фронт; 4 - липиды и альпийский фронт; 5 - зона Тессейра-Торнквиста (ТТЗ); 6 - преобладающие направления коллизионного сжатия; 7- 9 – зоны динамического влияния: 7 - каледонид Скандинавии, 8 - варисцид Урала, 9 - альпид Кавказа (а) и Карпат (б); 10 - районы развития структур сжатия в осадочном чехле

так как эти формы уже сами по себе или в своей совокупности, как известно, несут генетическую информацию». Подтверждением этого мнения может служить рисунок (Рис. 3.15).

4. Полученные результаты свидетельствуют о более сложном соотношении структуры фундамента Восточно-Европейской платформы и её рельефа. По крайней мере, можно утверждать: представления (сформированные на основе изучения Московской синеклизы) о том, что «разломно-блоковая тектоника фундамента находит достаточно чёткое отражение в распределении гидросети и в рельефе поверхности синеклизы», доминировавшие на протяжении почти полувека, не отвечают или отвечают не



Рис. 3.14. Слева – Линеаментные системы листа N-37 (Москва). Исходный м-б 1:1 000 000; справа – Карта аномального магнитного поля (ΔT) (цветной псевдорельеф). N-37 (Москва)

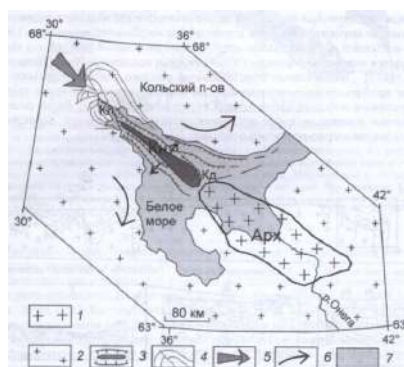


Рис. 3.15. Эволюция Беломорского региона на неотектоническом этапе (модель «расклинивания») 1 - Архангельский выступ; 2 - кристаллические породы фундамента ВЕП; 3 - Кандалакшский новейший грабен: днище и обрамляющие разрывы; 4 - радиальные и концентрические разломы у окончания Кандалакшского грабена; 5 - направление перемещения балтийского щита; 6 - направление расхождения бортов грабена; 7 - акватория Белого моря. Аббревиатуры на схеме: Арх - Архангельский выступ, Кл - Колвицкий грабен, Кн - Кандалакшский грабен, Ко - Кандалакшско-Двинская депрессия

полностью, как показано выше, реальной геологической ситуации.

5. Вероятно, в развитии структур осадочного чехла Восточно-Европейской платформы и «в распределении гидросети и в рельефе поверхности» не меньшую роль сыграли и экзогенные факторы. В первую очередь, к таким факторам должны быть отнесены гляцио - тектонические процессы, связанные с периодической сменой (около шести «смен» за последние примерно 700 000 лет) нагрузок (компрессий) на земную кору и последующих разгрузок (декомпрессий) в ходе, соответственно, наступания и отступления мощных ледовых покровов. Таким образом, если вышеизложенное, го-

вора словами А.П. Карпинского, «не лишено некоторого основания», то можно полагать, что рассмотренные клиновидные структуры существенно пополнили «банк» особых структурных форм, выделенных ранее, а их независимое выделение разными авторами, разными методами и способами, в разное время, в разных районах Земли и на разных масштабных уровнях (от планетарного до локального) может свидетельствовать не только о широком, но и достоверном развитии данных структур в пределах не только земной коры, но и литосферы в целом. Последнее обстоятельство позволяет говорить о специфической клиновидной тектонике Земли.

Наличие на территории Восточно-Европейской платформы клиновидных структур встречных, как меридионального, так и широтного направлений может свидетельствовать о том, что структурирование осадочного чехла земной коры и связанные с этим рельефообразующие и рельефопреобразующие процессы данной территории могли быть обусловлены, как эндогенными, так и экзогенными факторами, проходившими в условиях всестороннего сжатия платформы.

Изложенные данные демонстрирует практическую неистощимость геологических исследований на разных этапах их развития и намечает возможные пути дальнейшего изучения структурных закономерностей и особенностей земной коры.

Основные аспекты изучения клиновидных структур

Масштабный аспект

Клиновидные структуры развиты в линейке масштабов от микро- до планетарного (Рис. 3.16).



Рис. 3.16. Структура распада твердого раствора (черное) с выделением силлиманита (белый). Алданский щит (сутамский комплекс), силлиманит-гиперстеновый гнейс, николи скрещены.

Методический аспект

Методика поиска, выделения и изучения клиновидных структур полностью базируется на методике поиска, выделения и изучения линеаментов и их систем.

Теоретический аспект



Рис. 3.17. Размещение гигантских нефтяных месторождений применительно к схеме строения литосферы, на которой выделяются образованные сдвигами блоки

Прагматический аспект

С клиновидными структурами связаны различные месторождения: урана, нефти, газа и др.

На территории Венесуэлы расположены восточные отроги Андской складчатой системы - хребет Сьерра-де-Периха, к которому примыкает хребет Кордильера-де-Мерида. Между этими хребтами в меловое время возникла клиновидная межгорная впадина Маракайбо, заполненная морскими песчаниками и сланцами мела, континентальными и морскими угленосными отложениями кайнозоя, вмещающими крупные залежи нефти и газа. По запасам нефти Венесуэла занимает 2-е место в Латинской Америке. В стране открыто 253 месторождения нефти и 9 газа (1981). Известно 5 нефтегазоносных бассейнов крупнейший по запасам Маракайбский нефтегазоносный бассейн. В его пределах открыто 64 месторождения нефти, в том числе уникальная прибрежно-морская зона нефтегазонакопления Боливар.

Социальный аспект

Клиновидные структуры влияют на заселение и освоение Земли человеком. Издревле человек обживал более менее защищённые от нападения места, в первую очередь участки слияния рек, так называемые «стрелки». Именно на таких участках «селились» кроманьонцы, именно на таких участках в неолите появлялись древние стоянки человека в районе Дьяково, в районе современного ГМЗ «Коломенское», именно на таких участках возникли многие человеческие поселения, ныне превратившиеся в крупнейшие города, например, Москва, Ярославль, Нижний Новгород, Казань и многие другие.

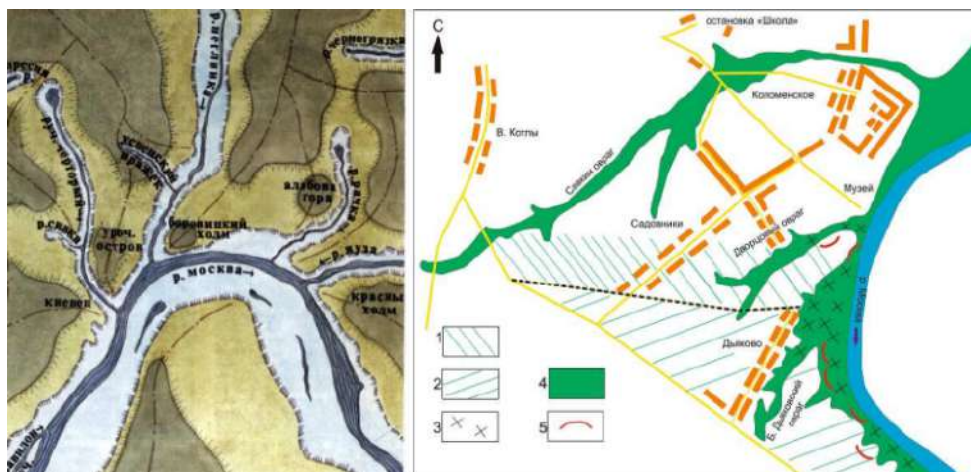


Рис. 3.18. Слева – Клиновидный характер территории, на котором зародилась Москва; справа – Клиновидный характер территорий, на которых образовались неолитическое поселение Дьяково и село, ныне ГМЗ «Коломенское»: 1 – алл., 2 – неоком, 3 – юра, 4 – овраги, 5 – оползни



Рис. 3.19. Клиновидные структуры впадины Ио (Марс) четко коррелируют с клиновидными структурами Средиземноморского сегмента альпийского пояса Земли

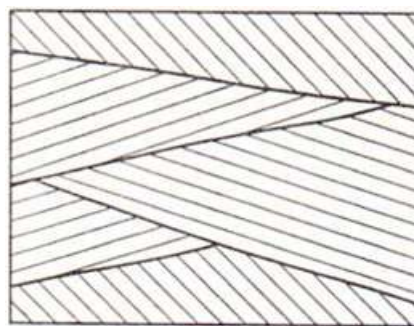


Рис. 3.20. Клиновидные пачки слоев передового склона, падающие в различных направлениях

Сравнительно-тектонический аспект Образовательный аспект

Учебники, в которых рассматриваются клиновидные структуры земной коры и других космических тел, не известны. Хотя одно из первых упоминаний «клиновидных» форм было в книге «Полевая геология» Ф.Х. Лахи, изданной в 1961 году, переведённой в СССР в 1966 и широко использовавшейся при преподавании в вузах нашей страны различных геологических дисциплин.

Лекция 4. Дуговые структуры

«Это вам не буги-вуги, Это
островные дуги!»

Из геологического фольклора
70-х годов XX века

Одно из первых упоминаний о земных дугах можно найти в книге Николая Стенона «О твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом», изданной в 1669 году. В разделе книги, который называется «Слои земли», прямо сказано: «Одни из этих слоёв остаются параллельными горизонту, другие становятся перпендикулярными, большинство образует с ним косые углы, некоторые же, состоящие из вязкого вещества, сгибаются в дугу.



Рис. 4.1. Слева - дуги северной и западной частей Тихоокеанского региона; в середине – дуги Альпийского пояса; справа - дуги северной и западной частей Тихоокеанского региона; справа - дуги (петли) Атлантического побережья Южной Америки

Как сказано в начале лекции, одно из первых упоминаний о земных дугах можно найти в книге Николая Стенона «О твёрдом, естественно содержащемся в твёрдом» изданной в 1669 году. Затем, почти на протяжении 300 лет, дуговые структуры широко развитые в земной коре и хорошо известные любому человеку, который хоть единожды взглянул на географическую или геологическую карту Земли, не привлекали внимание исследователей.

В весьма зримой форме они выражены островными дугами Западной части Тихого океана (от Алеутской дуги на севере до Зондской дуги на юге), горными дугами альпийского горно-складчатого пояса (от Альпийской, Карпатской и Малокавказской на западе до Туркмено-Хорасанской, Памирской и Гималайской на восто-

ке), внутриконтинентальными дуговыми впадинами озёр Байкал (Россия), Балхаш (Казахстан), Танганьика (Африка), и очень своеобразными петлеобразными дугами – Большой Антильской (Карибской), Южно-Антильский (Скоша), Жигулёвской, а также Критской дугой и дугообразным островом Новая Земля.



Рис. 4.2. Островные дуги и краевые моря в западной и северном обрамлении Тихого океана Краевые моря и их бассейны: Бе - Берингово, Ох- Охотское, Я - Японское, Ок - Окинава, Ф - Филиппинское, А - Андаман, Ба-Банда, Бм - Бисмарка, СФ - Северо-Фиджийский, ЮФ - Южно-Фиджийский, ЮК- Южно-Китайское, К - Кораллово, Т- Тасманово; а - зоны субдукции и связанные с ними островные дуги: 1 - Алеутская, 2 - Курило-Камчатская, 3 - Японская, 4 - Идзу-Бонинская, 5 - Марианская, 6 - Яп, 7 - Рюкю, 8 - Манильская, 9 - Филиппинская, 10 - Новобританская, 11 - Соломон, 12 - Новогейбридская, 13 - Тонга, 14- Кермадек, 15 - Новозеландская, 16 - Зондская; б - векторы конвергенции литосферных плит; б - крупные разломы и смещения по ним

Но настоящее второе «открытие» дуговых структур состоялось в 20 – 30 годах XX века, благодаря исследованиям «трёх авторов, по преимуществу остановивших своё внимание на поисках закономерности расположения складчатых дуг, прежде всего на основании анализа складчатых гирлянд и островов Азиатской части Тихого океана: американца Хоббса, японского геолога Токуда и китайского Ли".

Можно и нужно добавить Жигулевскую петлеобразную структуру, описанную Е.В. Милановским в 1924 году (Рис. 4.3).

В 1933 году японский исследователь Токуда на Вашингтонской сессии МГК предложил все складчатые дуги земли разделить на следующие три типа:

1. Восточно-азиатский тип. Дугообразные горные цепи Восточной Азии характеризуются тем, что их выпуклая сторона всегда обращена к океану, благодаря тому



Рис. 4.3. Направление Жигулевской дислокации и флексуры р.Усы

что в их внутренней стороне заключены веерообразные морские бассейны и депрессии более или менее одинаковых величин. В них не видно типичных скучиваний, складок-синтаксисов, но исключительно пересечения концов соседних дуг между собой, то, что было названо Рихтгофеном «фланговыми сцеплениями» (*flangierende Ketten*). Эти образования Токуда объясняет как результат оползания больших глыб земной коры от Азиатского материка по направлению к центральной части Тихого океана. Восточно-Индийский архипелаг он причислил также к этому типу.

2. Американский тип. Складчатые цепи американский континентов почти не дугообразные, но обычно из двух или нескольких так называемых Кордильер, проходящих почти параллельно друг другу. В соответствие с этим на их внутренней стороне не имеется никаких депрессий или морских бассейнов, подобных восточно-азиатским (образование американских Кордильер Токуда считает возможным объяснить согласно дрифтовой теории Вегенера).

3. Индо-европейский тип. В Индии и в Европе мы также не видим типичных морских депрессий. Горные цепи проходят здесь без определённой ориентации и без какого-либо видимого отношения к океану. Они настолько прихотливо извиваются, что могут быть объяснены только происхождением из Тетиса в результате сложных орогенических движений, унаследованных от предыдущих».

В России первая большая сводка о дуговых структурах земной коры была дана в книге И.В. и Д.И. Мушкетовых «Физическая геология», изданной в 1935 году, накануне очередной сессии МГК, состоявшейся в СССР в 1937 году.

Следующий всплеск интереса к дуговым структурам земной коры пришёлся на последнюю четверть XX века и уже тогда было показано важное значение данных структур не только для эволюции земной коры, но и для закономерностей развития современных геологических процессов, в том числе и сейсмических.

Тем не менее, особых достижений в изучении морфологии, генезиса и классификации данных структур не отмечено. В монографии М.Л. Баженова и В.С. Буртмана было показано, что: «Происхождение структурных дуг Альпийского пояса служит примером многолетней дискуссии». Например, плитотектоническая модель формирования островных дуг базировалась на том, что: «Передовой вал соответствует из-

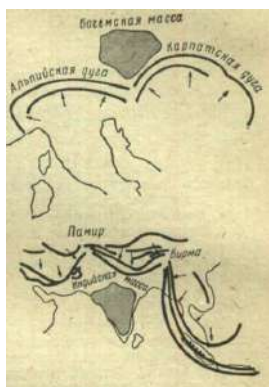


Рис. 4.4. Схема отношения складчатых альпийских дуг Европы и Азии к устойчивым массивам по Хоббсу (1921). Жирные линии – складчатые альпийские дуги, косая штриховка – устойчивые массивы, черные точки – современные вулканы, стрелки показывают направление движения масс

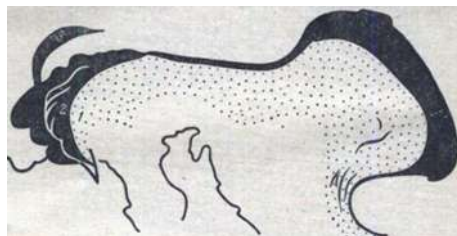


Рис. 4.5. Альпийско-Карпатская дуга по Аргану (1922): 1 – внутренние зоны Альп, 2 – внутриальпийские виргации, 3 – юра

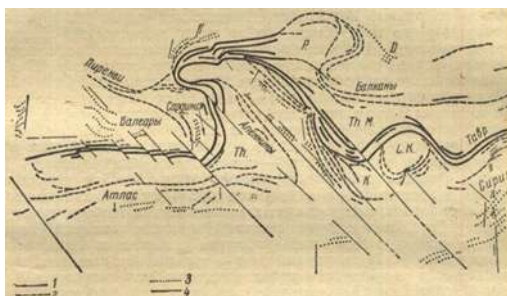


Рис. 4.6. Тектоническая карты Средиземноморья по Зейдлицу. 1 – складки боковых геосинклиналей, 2 – складки боковых геосинклиналей, 3 – германотипные складки, 4 – разрывы; К – Циклады, Л.К. – лидийско-карийская масса, Th.М. – фракийская масса, Th. – Тирренис, D. – Добруджа, Р. – паннонская масса

гибу погружающейся океанской коры, возникающие при этом напряжения приводят к нагреву этой части плиты (повышение теплового потока) и проявлению хрупких деформаций в виде ступенчатых крутопадающих сбросов и взбросов, нарушающих сплошность коры». По мнению Б.С. Зейлика, концепция тектоники плит «не может объяснить дугообразную форму горно-складчатых сооружений Гималаев, Перуанских Анд, Карпат, Западных Альп и др. являющихся характерными, нередко гигантскими по своим размерам морфологическими элементами поверхности Земли". В.С. Буртман, проанализировавший данные от Альп до Памира, доказал вторичный характер изгиба большинства структурных дуг этой территории. М.Л. Кош пока-

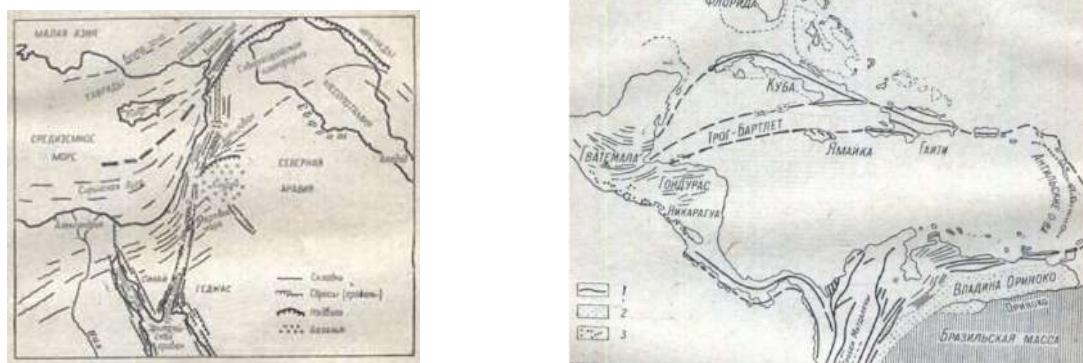


Рис. 4.7. Слева – Тектоническая схема восточной части Средиземноморья с Сирийской дугой; справа - Структурная карта Средней Америки и Антиль: 1 - основное простираение складчатых систем и разломов; 2 - депрессии; 3 – вулканы

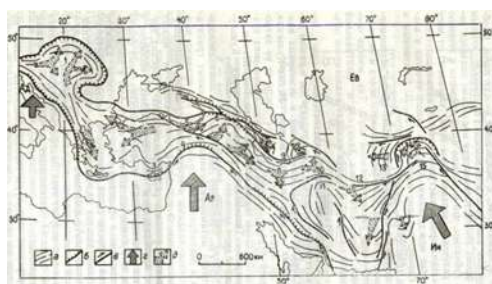


Рис. 4.8. Структурные дуги и тектонические течения: 1 - простираение складок; 2 - надвижки, фронт шарьяжей; 3 - сдвиги; 4 - направления движения литосферных плит Евразии в новейшее время; 5 - направления главных тектонических течений в новейшее время. Структурные дуги: 1 - Карпатская петля, 2 - Критская, 3 - Кипрская, 4 - Восточно-Таврская, 5 - Трабзонская, 6 - Малокавказская, 7 - Копетдагская, 8 - Эльбурская, 9 - Западно-Копетдагская, 10 - Хорасанская, 11- Лутская, 12 - Дарваз-Копетдагская, 13 - Таджикская, 14 - Памирская, 15 – Гиндукуш-Каракорумская

зал, что «универсальной причиной дугообразного изгиба является кинематическая асимметрия обстановки растяжения - когда ускорение получает то из двух противоположных крыльев разрыва, которое встречает перед собой меньшее сопротивление по горизонтали».

Анализ имеющихся опубликованных материалов позволяет выделить как минимум 5 типов/видов дуговых структур:

- дуговые структуры перпокеанического типа, например, островные дуги западной части Тихого океана (субдукционные);
- дуговые структуры альпийского пояса, которые можно назвать коллизионными;
- дуговые структуры внутриконтинентальных рифтов (рифтогенные);
- дуговые структуры платформенных территорий;



Рис. 4.9. КС озера Байкал, имеющего дуговую форму

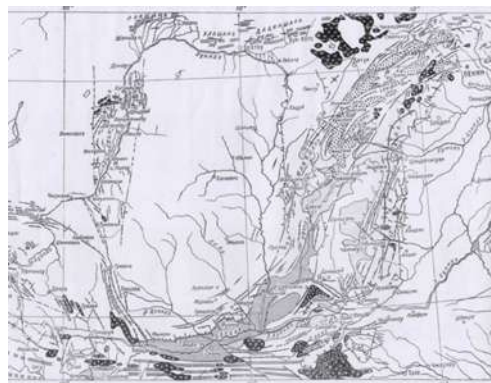


Рис. 4.10. Дуговая структура грабена Фэн-Вэй (Китай)



Рис. 4.11. Структурная схема южного окончания Восточно-Африканской рифтовой системы: 1 – области развития вулканизма, 2 – главные разломы

- дуговые структуры межконтинентального («карибского») типа;
- дуговые структуры, установленные методами космической геодезии;
- дуговые структуры, образовавшиеся в результате импактных процессов, можно назвать космогенными.

Морфология и генезис, сходство, различия и транзитивность клиновидных и дуговых структур

Если морфология клиновидных и дуговых структур ясна, как говорится, по определению, то генезис этих структур, требует более тщательных исследований. Результатом этих исследований может стать как установление еще больших различий, так, не исключено, и еще большего сходства не только их морфология, но и генезиса. Основание для такого, достаточно неожиданного вывода, может служить схема об-

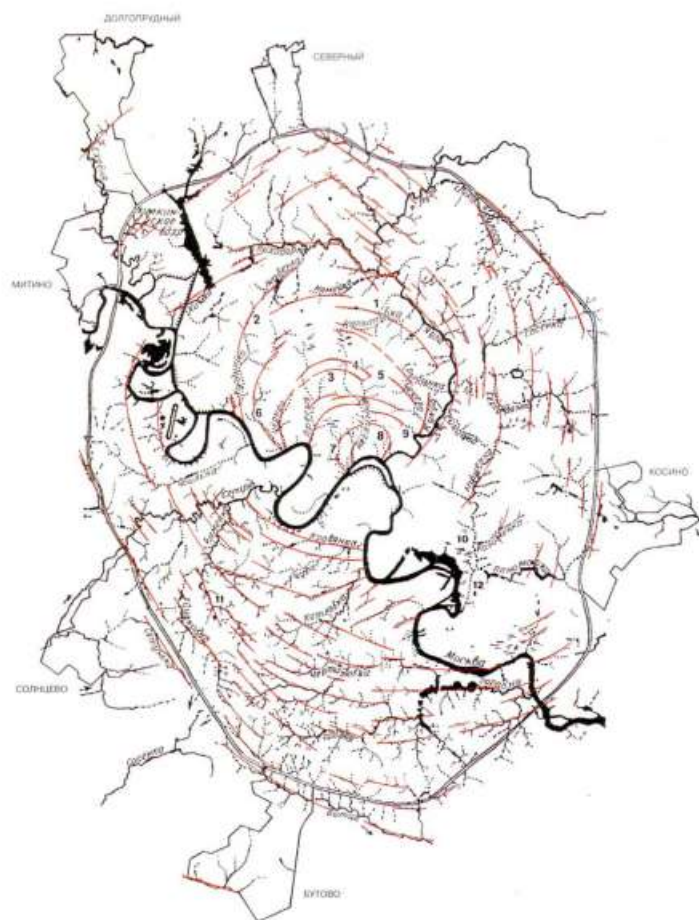


Рис. 4.12. Дугообразные линеаменты, установленные по гидрографической сети г. Москвы. Сплошными красными линиями обозначены линеаменты - спрямленные участки эрозионных понижений. Цифрами обозначены: 1 - Останкинский ручей, 2 - р.Таракановка, 3 - р.Кабанка, 4 - р.Самотёка, 5 - р.Капля, 6 - р.Ермаковский, 7 - руч.Черторный, 8 - р.Рачка, 9 - р.Черногрязка, 10 -Сукино болото, 11 - р.Самородинка, 12 - р.Граворонка

разования дугообразного изгиба Центрального Кызылкума, возникшего в остром углу Урало-Тяньшанского левостороннего сдвига СВ-го простирания и смыкающего крыла Кызылкумской горизонтальной флексуры СЗ-го простирания. Данную схему можно интерпретировать двояко: и как трансформацию дуговой структуры в клиновидную, и как обратную трансформацию клиновидной структуры в дуговую.

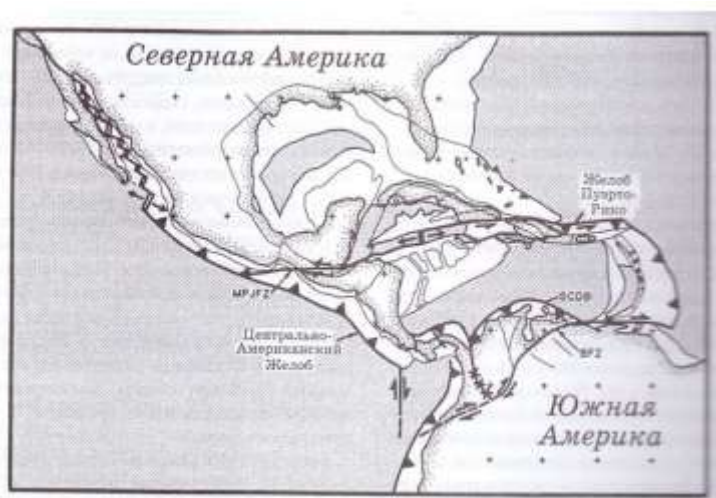


Рис. 4.13. Неотектоническая схема Карибского региона: BEZ- правосдвиговая зона Боконо- Эль Пинар, продолжающаяся зоной разломов Ока-Чиринос; MPJEZ- левосдвиговая зона Мотагуа- Полочик-Юкатан, продолжающаяся Кайманским трогом с белым сдвигом Барлетт; SCDB - Южно-Карибский пояс деформации

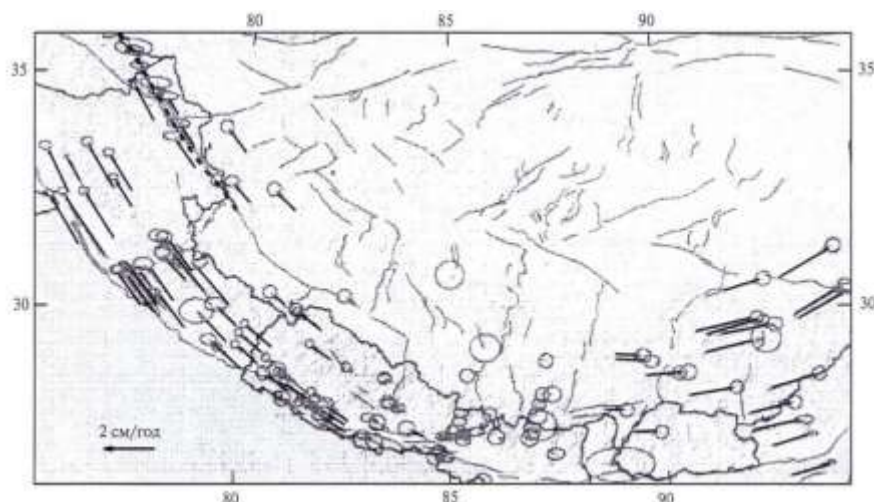


Рис. 4.14. Компоненты векторов перемещения пунктов GPS в Каракоруме и Гималаях, которые направлены вдоль простирания этих горных хребтов. Эллипсы у вершин стрелок соответствуют доверительным интервалам. Пунктирной линией показан Памир-Каракорумский разлом

Механизмы образования дуговых структур

Основные аспекты изучения дуговых структур земной коры

Масштабный аспект

На данном этапе наибольший интерес вызывают дуговые структуры регионального масштаба.

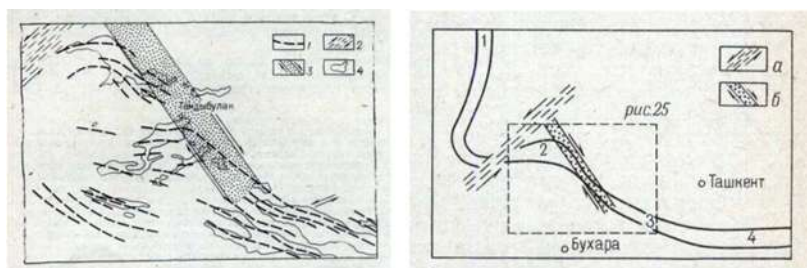


Рис. 4.15. Слева – Структурная схема Кызылкум: 1 – простирание складчатых форм, возникших на второй стадии деформации; 2 – зона УралоТяньшанского сдвига; 3 – зона сдвиговых деформаций на смыкающем крыле Кызылкумской горизонтальной флексуры; 4 – массивы палеозойских и допалеозойских пород; Справа – Схема структурного положения Кызылкум: 1 – 4 – структуры: 1 – Уральская, 2 – Центрального Кызылкума, 3 – Нуратинских хребтов, 4 – Туркесатно-Алая. а – зона Урало-Тяньшанского сдвига, б – смыкающее крыло Кызылкумской горизонтальной флексуры

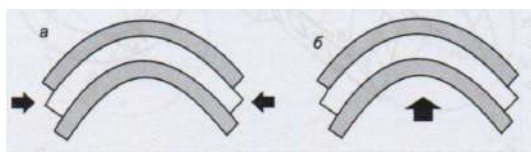


Рис. 4.16. Складки продольного (а) и поперечного (б) изгиба

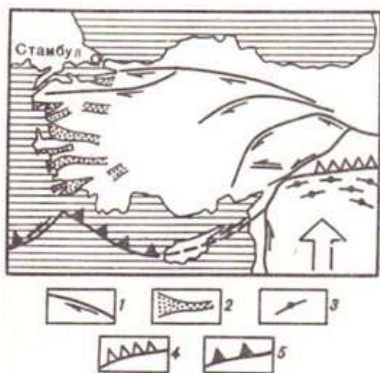


Рис. 4.17. Неотектоническая схема Малой Азии: 1 – сдвиги, трансформные разломы, 2 – депрессии, 3 – складки на краю Аравийской плиты, 4 – надвиги, 5 – зоны субдукции на дне моря

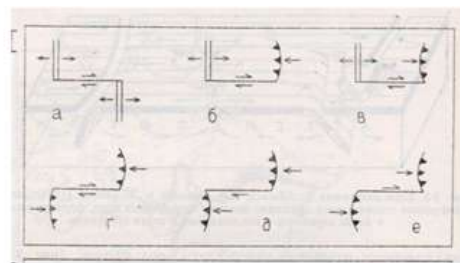


Рис. 4.18. Главные типы трансформных разломов: 1 – ось спрединга («хребет»), 2 – конвергентная граница («дуга», «же-лоб»), 3 – трансформный разлом

Методический аспект

Универсальная методика изучения гетерогенных дуговых структур ещё не разработана. Каждый исследователь, изучающий дуговые структуры, ориентируется на

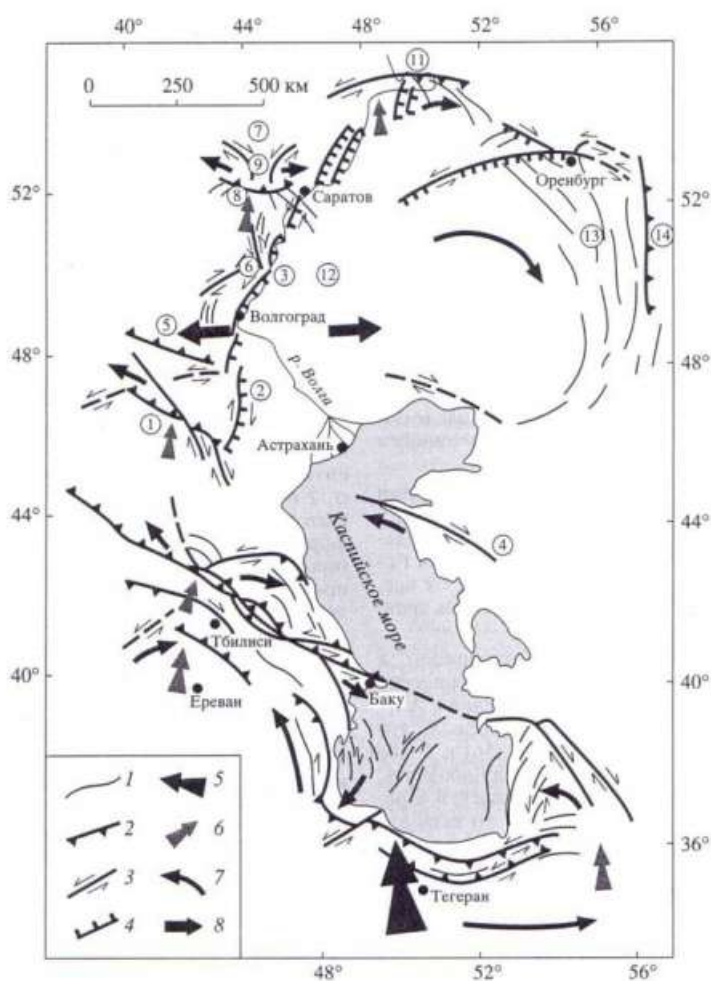


Рис. 4.19. Кинематическая карта Кавказско-Каспийской области и Нижнего Поволжья: 1 - мегаскладки и валы; 2- надвиги и взбросы; 3 - сдвиги; 4 - сбросы; 5 - главное направление давления Аравийской плиты; 6 - локальные участки концентрации давления; 7 – направление латерального выжимания; 8 – направление горизонтального растяжения. Наименование тектонических единиц (цифры в кружках): 1 – Кряж Карпинского, 2 – Ергенинский и 3 - приволжский уступы, 4 - Мангышлакская мегантиклиналь, 5 - Котельниковская неотектоническая гряда, 6 - Доно-Медведицкие дислокации, 7 - Саратовские дислокации; валы: 8 - Елшанско-Сергиевский, 9 - Слепцовский, 10 - Хлебновский; 11 - Жигулёвские дислокации, 12 - Западно-Прикаспийский прогиб, 13 - Актюбинское Приуралье, 14 – Мугоджары

общепринятые геологические методики, собственный опыт, наблюдательность и интуицию.

Теоретический аспект

Если учесть, что многие дуги - внутриконтинентальные (коллиззионные и рифтогенные) и, тем более, окраинноконтинентальные (субдукционные) часто являются и сейсмоактивными/сейсмогенными структурами, то в важности теоретического аспекта изучения дуговых структур, сомневаться не приходится.

А.А. Соловьёв и академик Д.В. Рундквист в статье: Моделирование сейсмичности дугообразной зоны субдукции указали, что «проявляется миграция сейсмичности вдоль «островной дуги» в направлении, соответствующем направлению движения поддвигаемой («океанической») плиты».

Прикладной аспект

Если учесть, что многие дуги – внутриконтинентальные (коллиззионные и рифтогенные) и, тем более окраинно-континентальные (субдукционные) часто являются и сейсмоактивными/сейсмогенными структурами, то в важности прикладного аспекта дуговых структур, как и в случае теоретического аспекта, сомневаться также не приходится. Об этом более 40 лет назад писал известный советский сейсмолог Георгий Петрович Горшков.

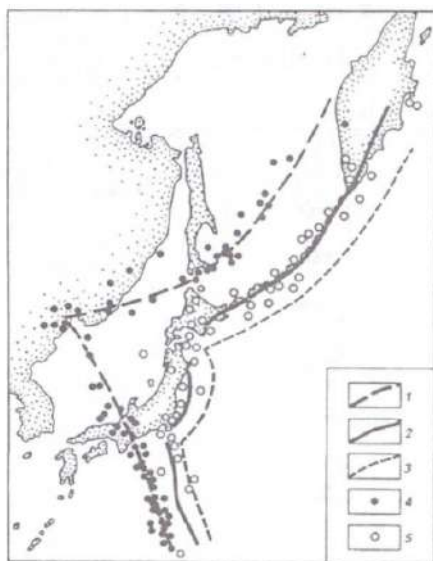


Рис. 4.20. Эпицентры землетрясений окраинных морей Курильской и Марианской островных дуг



Рис. 4.21. Фрагмент физико-географической карты района сочленения Курило-Камчатской и Алеутской дуг

Вулканические процессы и их объекты также связаны с дуговыми структурами. Так, молодой действующий камчатский вулкан Шивелуч расположен в зоне сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг.

Сравнительно-тектонический аспект

Этот очень важный аспект познания структурных особенностей и закономерностей Земли в отношении дуговых структур практически не разработан, равно, как не разработан и для многих других структур, т.е. представляет большие возможности и перспективы для будущих исследований и исследователей.

Образовательный аспект

Учебники, в которых рассматриваются дуговые структуры земной коры и других космических тел, автору не известны. Некоторые данные об этих структурах содержатся в публикациях, список которых приведен ниже:

Лекция 5. Узловые структуры земной коры

«Узлы оказались на удивление сложными объектами ... они не поддаются исчерпывающей трактовке». «изучение узлов превратилось в эзотерическую ветвь Чистой математики»

Атья М. Геометрия и физика

Данные структуры земной коры образуются на участках сочленения и/или пересечения, что наблюдается значительно реже, разно ориентированных линеаментов и их систем. Развитие представлений об узловых структурах земной коры прошло на протяжении почти 500 лет. Одним из первых на прообраз таких структур указал в 1530 году Георг Бауэр (Агрикола), выдающийся среди «форм залегания минеральных тел» жилы, «скрещивающиеся» (пересекающиеся) «под прямым углом» и «наискось».

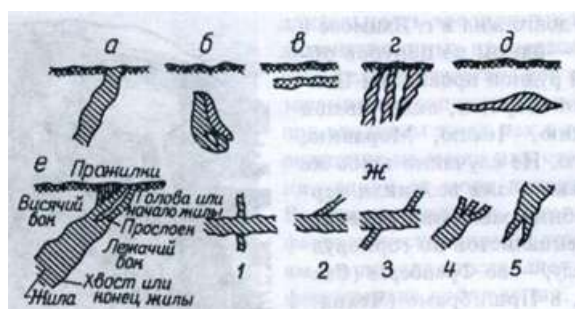


Рис. 5.1. Форма залегания минеральных тел: а – глубокие жилы (крутопадающее залегание); б – штоки, линзы; в – россыпи; г – скопление жил; д – расширенная жила или пласт; е – элементы жил; ж – скрещивающиеся жилы (пересекающиеся): 1 – под прямым углом; 2 – наискось; 3 – сброс; 4 – соединение нескольких жил в одну; 5 – разъединение жилы

Через 200 с лет М.В. Ломоносов в своей классической работе «О слоях земных», написанной в 1757-1759 годах, а опубликованной в 1763 году, указал на «разное жил взаимное пресечение». Это «указание» только во второй половине 20 века, т.е. еще через 200 лет начало превращаться в учение об узловых структурах Земли. Еще через 100 лет, т.е. в 80-х годах 19 века известный русский геолог немецкого происхождения Георг Вильгельм Абих (1806-1886) выделил линейные структуры Восточного Каспия и показал связь участков их пересечения с грязевыми вулканами.

Примеры узловых структур Земли.

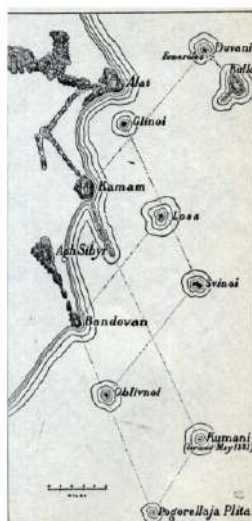


Рис. 5.2. Линейные структуры Восточного Каспия и связь участков их пересечения с грязевыми вулканами

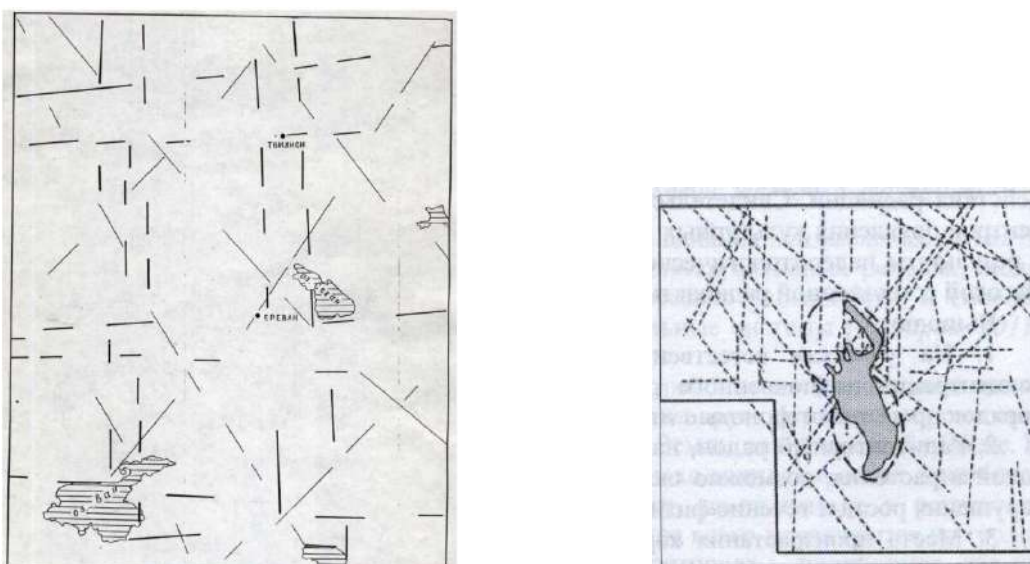


Рис. 5.3. Слева – Узловые структуры Кавказского региона; справа – Линеаменты, узловые и кольцевые структуры района Онежского озера

К узловым структурам приурочены:

- 1) Эпицентры землетрясений
- 2) Вулканические очаги
- 3) Месторождения полезных ископаемых

Именно к узловым структурам приурочены многочисленные проявления и месторождения различных полезных ископаемых: от одиночных трубок взрыва до месторождений гигантов Северной Евразии.

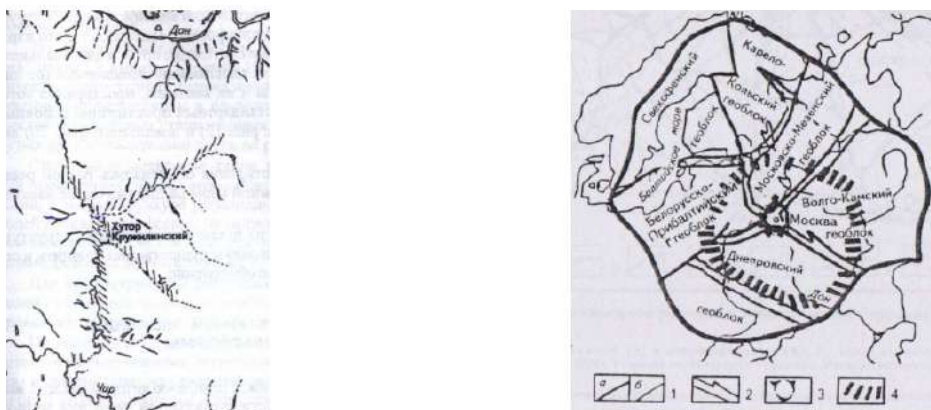


Рис. 5.4. Слева - Кружилинская узловая структура (локальная); справа – Московский тектонический узел. Упрощенная схема геоблоков: 1 – границы платформы (а) и основных геоблоков (б); 2 – авлакогены; 3 – Московский тектонический узел (район сочленения авлакогенов); 4 – условные границы области с наиболее погруженной поверхностью Мохо (40 – 50км) и относительно низкими значениями теплового потока

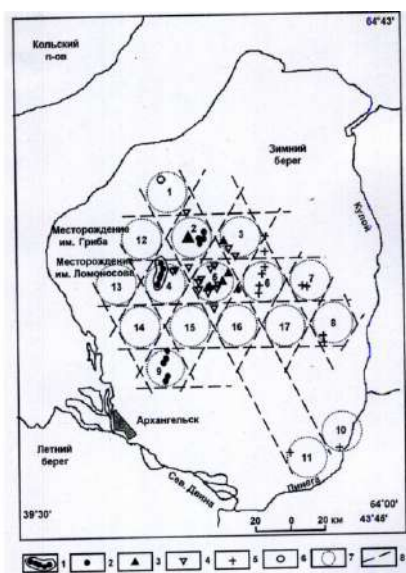


Рис. 5.5. Магматические проявления и их узлы на территории Зимнего берега. Магматические проявления: глиноземистой серии: 1 - кимберлиты, 2 - киммелилиты и мелилиты; железотитанистой серии: 3 - кимберлиты, 4 - кимпикриты и пикриты; 5 - базальты; 6 - карбонатиты и кимберлиты; 7 - предполагаемые контуры магматических узлов (проекций магматических очагов), в том числе: 1 - Мельский, 2 - им.Гриба, 4 - Золотцкий, 5 - Кепинский, 9 - Ижможерский; 8 - предполагаемые проекции отрицательных фаз глубинных волн в гравитационно неустойчивой среде

Инга Константиновна Волчанская одна из первых ввела в геологический словарь термин «структурные узлы» = «узловые структуры».

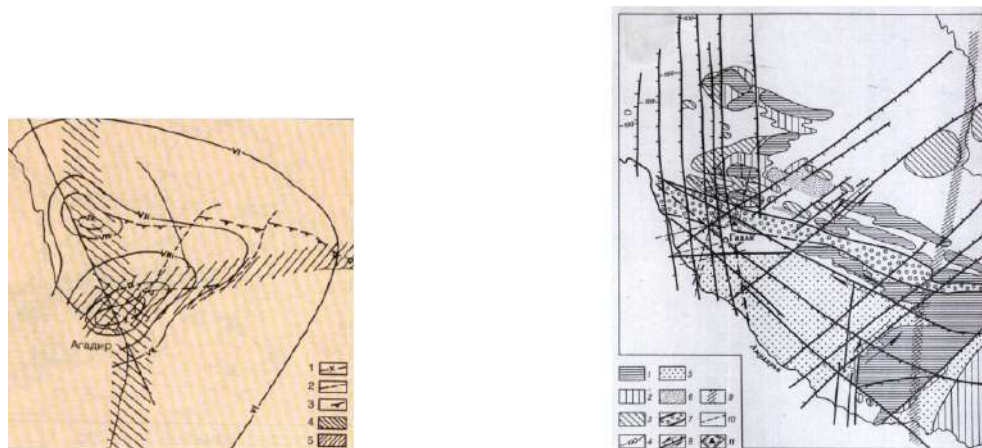


Рис. 5.6. Слева – Агадирская узловая структура – очаг землетрясения 1960г; справа – Газлийская узловая структура – очаг землетрясений 1976 и 1984гг

Именно к узловым структурам тяготеют, как показано выше, очаги многих крупных землетрясений Ашхабадского, 1948 (Туркмения); Агадирского, 1960 (Марокко); Газлийского, 1976 (Узбекистан); Спитакского, 1988 (Армения), Абруццо, 2009 (Италия), Ванского, 2011 (Турция) и других, а также наибольшее число техногенных аварий, зафиксированных на территории центральных и южных районов Европейской части России. К узловым структурам земной коры часто приурочены очаги социокультурной активизации: на Восточно-Европейской платформе - большинство исторически сложившихся человеческих поселений - от старинных одиноких монастырей до небольших городов и даже мегаполисов типа Москвы, а на Кавказе - древние столицы государств этого региона.

И именно с этими структурами совпадают различные биологические и метеорологические процессы, например, «места гибели морских звёзд и рыб, дихотомии деревьев, участки загрязнения почв и повышенного содержания тяжёлых металлов в коре деревьев а также «изменение содержания кислорода в приземном слое атмосферы, что говорит о наличии глубинной дегазации по ослабленным зонам в земной коре».

Согласно модели «межгеосферного взаимодействия на площади тектонического узла» пришли к выводам, что:

- Узлы пересечения «тектонических дислокаций представляют собой сложно построенные как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях объёмные тела, простирающиеся на значительные глубины (вплоть до поверхности Мохо)». В результате « за счёт взаимодействия динамопар глубинных дислокаций» «возникает и функционирует постоянный глубинный стволый канал повышенного тепло-массообмена».

- «По узлам тектонических нарушений наблюдается подъём глубинных минера-

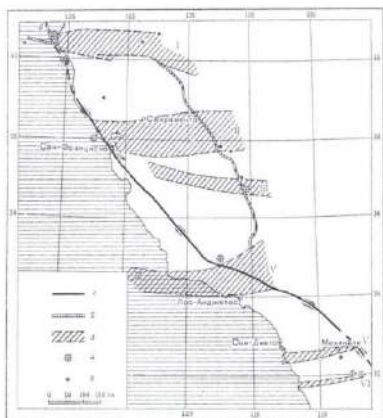


Рис. 5.7. Схема поперечных зон Калифорнии (по: Гельфанд и др., 1976): 1 – разлом Сан-Андреас, 2 – разлом Сьерра-Невада: а – разлом Мендосино, б – береговой склон, 3 – поперечные зоны, 4 – эпицентры землетрясений с $M7$, 5 – вулканы. «На пересечения выделенных пяти поперечных зон с системой Сан-Андреас приходятся вообще все эпицентры известных землетрясений $M > 7$ »

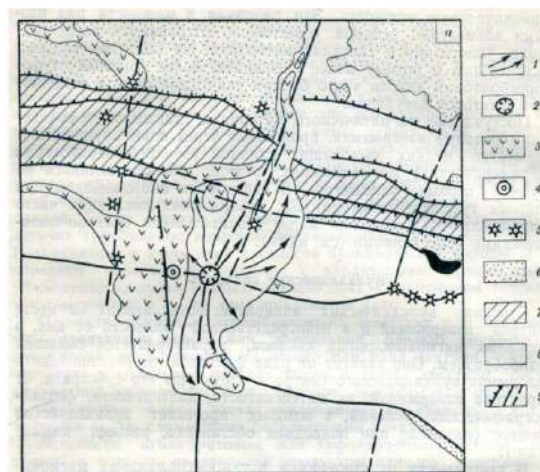


Рис. 5.8. Структурная приуроченность полигенного стратовулкана Эльбрус: 1 - голоценовые лавовые потоки; 2 - голоценовый вулканический конус Эльбруса; 3 - плейстоценовые и верхнеплейстоценовые вулканогенные образования; 4 - плейстоценовый вулканический конус Эльбруса; 5 - плейстоценовые моногенные вулканические центры; 6 - юрские отложения; 7 - средне- и верхнепалеозойские отложения; 8 - нижнепалеозойские, протерозойские метаморфические толщи и палеозойские гранитоиды; 9 - разломы на поверхности и погребённые

лизованных вод, являющихся транспортёром глубинных газов».

-«Узлы тектонических нарушений, имея сложную структуру проводимости, могут являться источниками наведённых вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного поля (своего рода диполи)».

-«Предварительные результаты исследований содержания калия и фосфора в почвах в районе тектонического узла показывают, что чётко просматривается закономерность, чем ближе к центру узла пересечения тектонических дислокаций, тем содержание исследуемых элементов выше».

- Имеются данные « об изменении площадной структуры растительного покрова в узлах тектонических нарушений».

-«С тектоническими узлами совпадают также места гибели морских звёзд и рыб, дихотомии деревьев, участки загрязнения почв и повышенного содержания тяжёлых

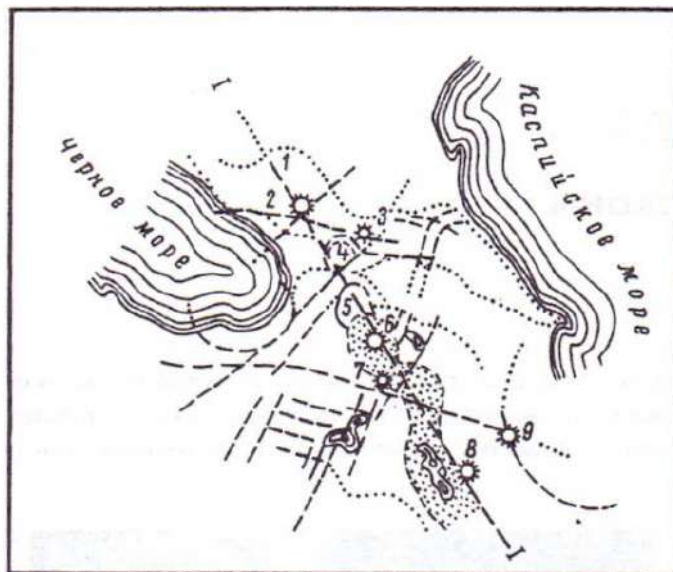


Рис. 5.9. Пример приуроченности вулканических образований Кавказа к узловым структурам земной коры: 1 – Ставропольское поднятие, 2 – г.Эльбрус, 3 – г.Казбек, 4 – Дзирульский массив, 5 – Джавахетское вулканическое нагорье, 6 – г.Арагац, 7 – г.Большой Арарат, 8 – вулканический массив Сахенд, 9 – г.Савалан. Точками оконтурены Главный Кавказский антиклинорий и фрагменты региональных поднятий и депрессии. Штриховыми линиями показаны осевые части наиболее крупных разрывных нарушений, точками – их предполагаемые продолжения. Линия 1-1 – ось Транскавказского поднятия, заточкованная вдоль нее зона – вулканотектоническая депрессия

металлов в коре деревьев».

- «Над тектоническими узлами наблюдается изменение содержания кислорода в приземном слое атмосферы, что говорит о наличии глубинной дегазации по ослабленным зонам в земной коре».

- «Наблюдается повторение гидросетью контуров тектонического узла, что вполне объяснимо, учитывая повышенное количество атмосферных осадков, выпадающих по периферии узла (по нашим данным 26 - 38

- «Выявленный факт изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости позволяет предположить возникновение в тектонических структурах наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над тектоническими нарушениями и узлами разломов».

- «Над тектоническими узлами установлен факт постоянного «дефицита» атмосферного давления».

- «Полученные данные позволяют говорить о влиянии тектонических узлов и их

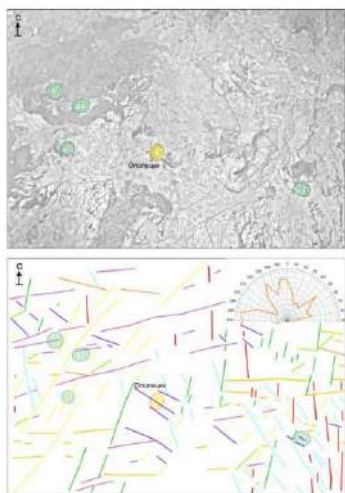


Рис. 5.10. Структурная приуроченность вулкана Ололицки: сверху – космический снимок фрагмента Транс-Мексиканского вулканического пояса, внизу – структурная позиция вулкана, расположенного в узле пересечения трех линеаментных зон: С-СВ-го, СВ-В-го и СЗ-го простираний

Рис. 5.11. Вулкан Ололицки (Транс-Мексиканский вулканический пояс)

«энергетических» свойств на экологическое состояние окружающей среды.

Таким образом, можно утверждать, что узловыe структуры, характеризующиеся аномальной тектонической раздробленностью, геодинамической подвижностью, газо- и флюидопроницаемостью со всеми вытекающими отсюда положительными и отрицательными следствиями, должны стать объектами самого тщательного и всестороннего изучения и в дальнейшем.

Основные аспекты изучения узловых структур земной коры

Масштабный аспект

Узловыe структуры земной коры развиты в линейке масштабов от микро- до планетарного.

Методический аспект

Методика поиска, выявления и изучения узловых структур полностью базируется на методике линеаментного анализа земной коры. Критика выделения узловых структур по методике ЛАЗК И.Е. Губиным: «В последние годы разработкой долгосрочного прогноза землетрясений занимался академик В.И. Кейлис-Борок. Основы у его подхода составил предложенный им ранее метод прогноза землетрясений. Суть метода сводится к формализованному сопоставлению точечных эпицентров землетрясений, отобранных из опубликованных каталогов с некоторого уровня магнитуд

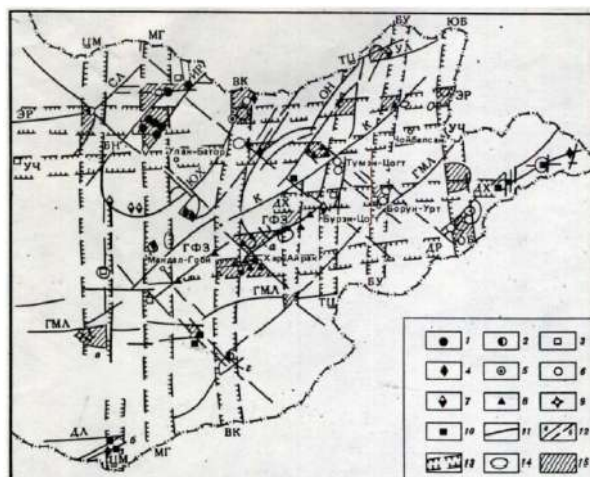


Рис. 5.12. Узловые структуры и месторождения полезных ископаемых Монголии: 1 - 10 - месторождения: 1 - золота, 2 - меди, 3 - железа, 4 - олова, 5 - вольфрама и молибдена, 6 - вольфрама, 7 - олова и вольфрама, 8 - плавикового шпата, 9 - железа, фтора, редких земель и стронция, 10 - свинца, цинка и меди; 11 - крупнейшие линеаменты, ограничивающие структурно-геоморфологические области и зоны; 12 - линеаменты, участвующие в формировании рудолокализирующих структурных узлов и выраженные: а - непрерывно, б - фрагментарно; 13 - сквозные зоны, выраженные системами структурно-геоморфологических аномалий; 14 - кольцевые морфоструктуры, вмещающие рудоносные и перспективные площади; 15 - структурные узлы, вмещающие минерализацию

(например, $M > 6,5$) с линеаментами различного направления. Придя в результате такой процедуры к заключению, что эти эпицентры располагаются вблизи пересечения разрывов (в морфоструктурных узлах), Кейлис-Борок сделал ложный вывод, что именно здесь и должны возникать крупные землетрясения».

Теоретический аспект

Теория узловых структур еще очень далека от относительно полной разработки, что подтверждает сказанное в эпиграфе: «Узлы оказались на удивление сложными объектами и не поддаются исчерпывающей трактовке», и иллюстрируется рисунками.

Проблема структур тройного сочленения рассматривалась, рассматривается, вероятно, еще долго будет рассматриваться и обсуждаться геологами разного уровня и направлений, но здесь необходимо остановиться на имени выдающегося современного тектониста Юрия Михайловича Пушаровского.

В обширной статье «Тектонические узлы в структуре дна океанов», опубликованной в журнале «Геотектоника», он рассмотрел «15 примеров тектонических узлов, существующих в структуре океанского дна», показал, что «Их строение весьма раз-

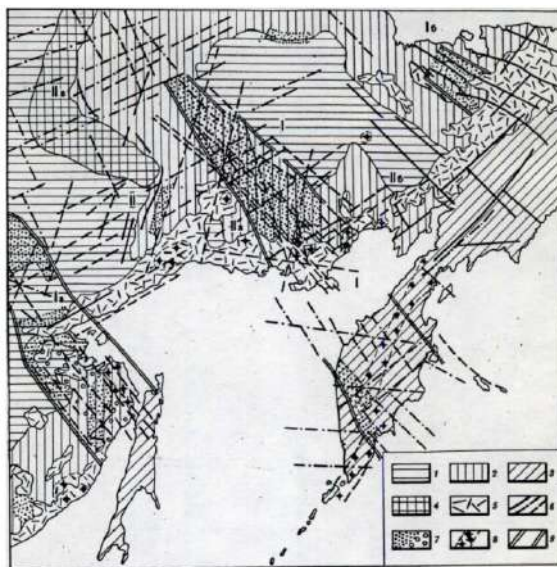


Рис. 5.13. Рудоконтролирующие и рудоконцентрирующие линеаменты и их зоны Востока России: 1 - платформенные области; 2 - складчатые мезозойды; 3 - складчатые альпиды; 4 - Предверхоанский краевой прогиб; 5 - вулканические пояса; 6 - крупнейшие разломы, установленные по геологическим данным, по геофизическим данным, с помощью дешифрирования космических снимков; 7 - кварцево-рудные пояса секущего типа: с интенсивной минерализацией, с менее интенсивной минерализацией; 8 - кварцево-рудные пояса согласного типа; 9 - границы систем линеаментов, контролирующих секущие кварцево-рудные пояса: 1 - Верхояно-Колымский, - Алдано-Нижнеамурский, 16 - Анюйско-Анадырский. Системы линеаментов, контролирующие силикатно-сульфидное оруденение: 11 - Верхнеиндигирская, 11а - Верхнеколымская, 11б - Арmano-Сугойская, 11в - Верхнеянская

нообразно, но между некоторыми из них имеются черты сходства. Узлы Родригес и Галапогосский представлены глубоким врезом молодого спредингового хребта в главный океанский спрединговый хребет. Узлы Хуан Фернандес и Метеор образованы вхождением в гребневую зону срединного хребта трансформного разлома, ограничивающего отдалённую малую спрединговую систему. Узловые связи Чили и Горда выражены стыком малой спрединговой системы с обрывающим её разломом вне связи со срединным хребтом. Узлы Исландский и Пасхи являются мощными тектоно-вулканическими образованиями, приуроченными к пересечениям осевой зоны срединных хребтов с крупным поперечным тектоническим нарушением. Тектонические узлы Японский, Кюсю-Палауи Луисвиль образованы сочленением двух глубоководных желобов и поперечного или косоугольного линейного тектонического нарушения.

Уникальными являются узлы: Буве (врез двух молодых спрединговых хребтов в стрединно-Атлантический хребет); Азорский (сочленение структур продолжения

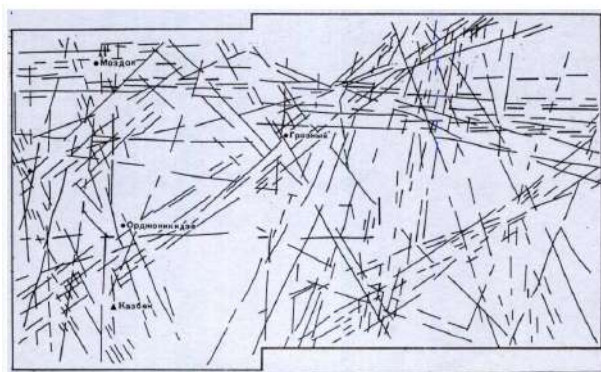


Рис. 5.14. Линеаментная сеть, отдешифрированная автоматически по системе «Прогноз» при пороге 55 - 75

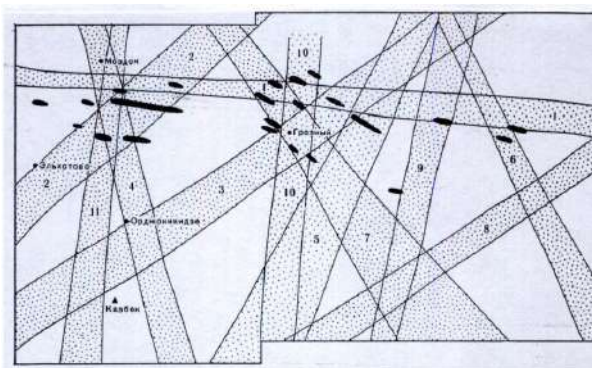


Рис. 5.15. Линеаментные зоны, полученные при автоматическом дешифрировании по системе «Прогноз»: 1 - Терско-Сулакская; 2 - Эльхотовско-Малгобекская; 3 - Владикавказско-Грозненская; 4 - Верхнетерская; 5 - Аргунская; 6 - Сулакская; 7 - Аргун-Андийская; 8 - Андийская; 9 - Аксайская; 10 - Грозненская; 11 - Моздокская; Чёрным показаны месторождения нефти

в океан Средиземноморского пояса и Срединно-Атлантического хребта); Мендосино (стык разломов Мендосино, Сан-Андреас и краевого надвига Северной Америки); Фиджийский (стык двух разновозрастных спрединговых центров с косым разломом)», и сделал два очень важных теоретических вывода: «В специфике строения океанских тектонических узлов и их структурной позиции отражаются эффекты нелинейной геодинамики. Понимание некоторых из них как тройных сочленений литосферных плит в ряде случаев некорректно либо крайне условно (узлы Азорский, Японский, Чилийский, Хуан-Фернандес, а также Зеленомысский). Этот факт нарушает конструкции плиттектоники в отношении границ Северо-Американской, Южно-Американской, Евразийской, Африканской, Антарктической, Наска и Филиппинской плит».

Прикладной аспект

Выше показана приуроченность к узловым структурам эндогенных и экзогенных современных геологических процессов (от очагов землетрясений до карстовых провалов), а также месторождений различных полезных ископаемых. Не меньшее значение имеет приуроченность к узловым структурам техногенных аварий и происшествий.

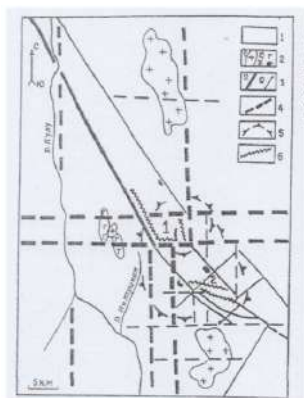


Рис. 5.16. Тектоническая позиция Омчакского рудного узла: 1 -терригенные отложения (Р-Т), 2 – мезозойские интрузии: 1) гранитоидные, 2) габбро-диоритовые, 3) диоритовые, 3 – мезозойские разломы, 4 – домезозойские скрытые разломы фундамента, 5 – контур морфоструктурного свода, 6 – золоторудные месторождения: 1 – Наталкинское, 2 – Павликовское

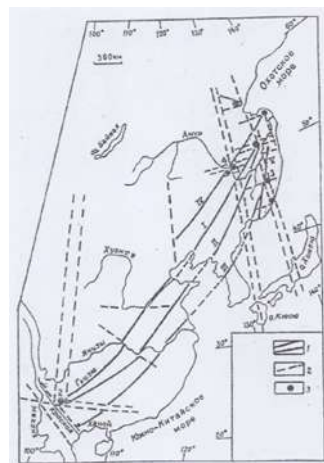


Рис. 5.17. Локализация крупных рудных районов на пересечении трансрегиональных северо-восточных разломов с меридиональными и северо-западными линияментами: 1 - северо-восточные разломы системы Танлу: I - Гкизю - Хуанхэ - Курский, II - Гецзю - Ухань - Амурский, III - Ханой - Янизы - Уссурский. Другие разломы: IV - Иань - Хингано - Амгунский, V - Центральный Сихотэ - Алинский; 2 – древние скрытые разломы, 3 – крупные рудные районы: 1 – Комсомольский оловорудный, 2 – оловорудный Гецзю, 3 – Арму-Дальненский золото-редкометальный, 4 – Хинганский золото-железородный

Сравнительно-тектонический аспект

Узловые структуры для сравнительно-тектонического анализа могут считаться, пожалуй, самым «удобным» и наиболее наглядным из всех ОСФ земной коры.

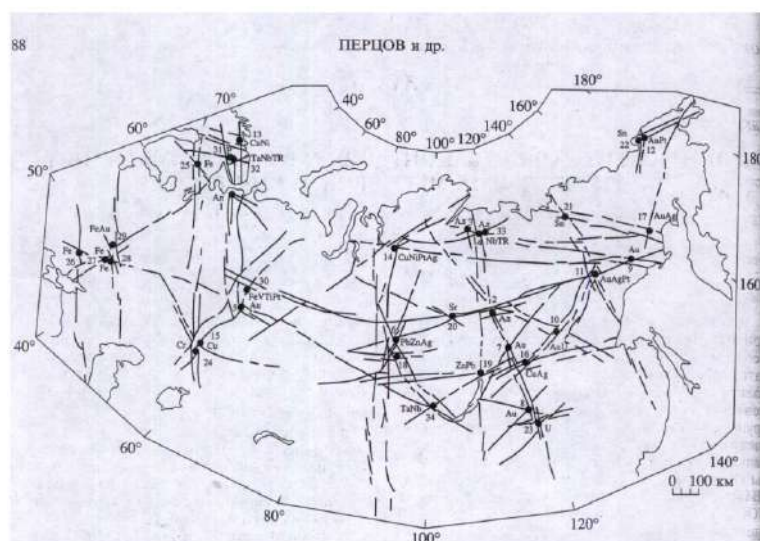


Рис. 5.18. Сеть главнейших рудоконтролирующих линеаментов России, структурных узлов их пересечения и размещение суперкрупных месторождений. Номера соответствуют месторождениям: 1 - Золотицкая группа, 2 - Мир, 3 - Попигаи, 4 - Эбелях-2, 5 - Березовское, 6 - Олимпиадинское, 7 - Сухой Лог, 8 - Балей, 9 - Наталка, 10 - Алданский узел, 11 - Нежданинское, 12 - Майское, 13 - Печенгская группа, 14 - Талнахская группа, 15 - Гай, 16 - Удокан, 17 - Дукат, 18 - Горевское, 19 - Холоднинское, 20 - Увакитское, 21 - Депутатское, 22 - Первончалное, 23 - Стрельцовская группа, 24 - Кемпирсай (Казахстан), 25 - Костомукша, 26 - Горишне-Плавнинское (Украина), 27 - Белгородское, 28 - Побединское, 29 - Михайловское, 30 - Качканарское, 31 - Хибинская группа, 32 - Ловозерское, 33 - Томтор, 34 - Белозиминское

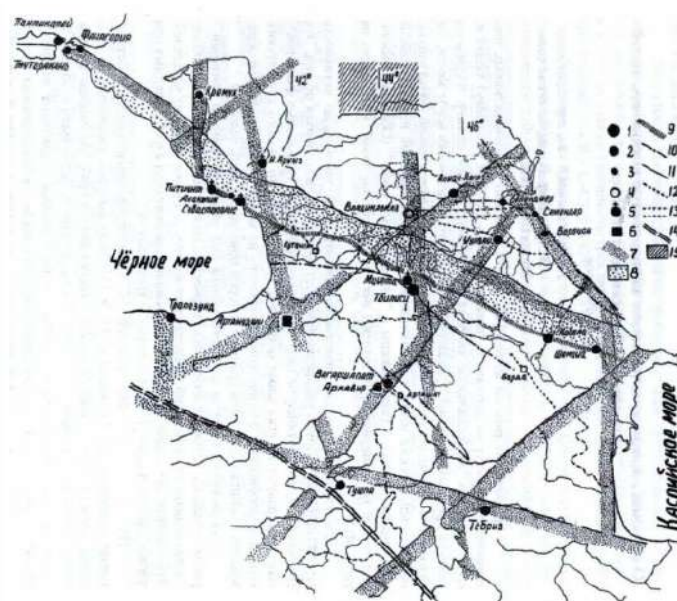


Рис. 5.19. Узловой контроль расположения древних столиц Кавказа

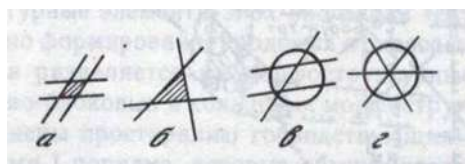


Рис. 5.20. Типы узлов сочленения линейных структур: а, б – блоковое, в – линейное, г – точечное

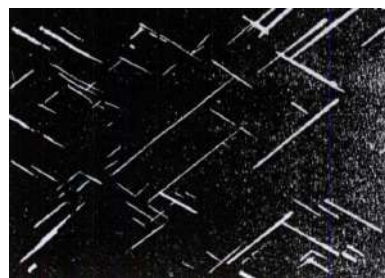


Рис. 5.21. Структура распада твердого раствора гиперстена (черное) с выделением силлиманита (белый)

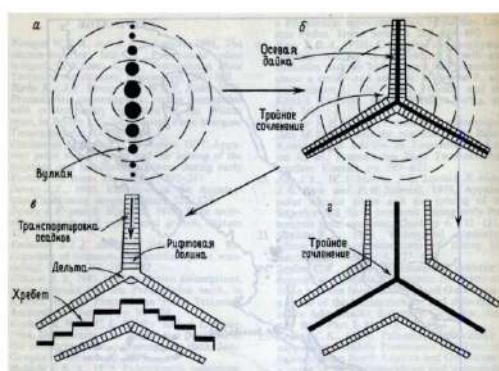


Рис. 5.22. Схематическая иллюстрация становления и эволюции структуры, порождённой мантийной струёй: а - над мантийной струёй развивается поднятие; б - образуются три рифтовые долины в виде тройного сочленения; в - рифтовые долины преобразуются в хребты спрединга с последующим разделением двух континентов; г - альтернативный вариант эволюции структуры после стадии (б) в три хребта спрединга, разъединяющих три континента



Рис. 5.23. Слева – Секторное строение Восточного полушария Земли [Поletaев, 1986,1992]; справа – Секторное строение Марса (Pinet, Chevrel, 1990)

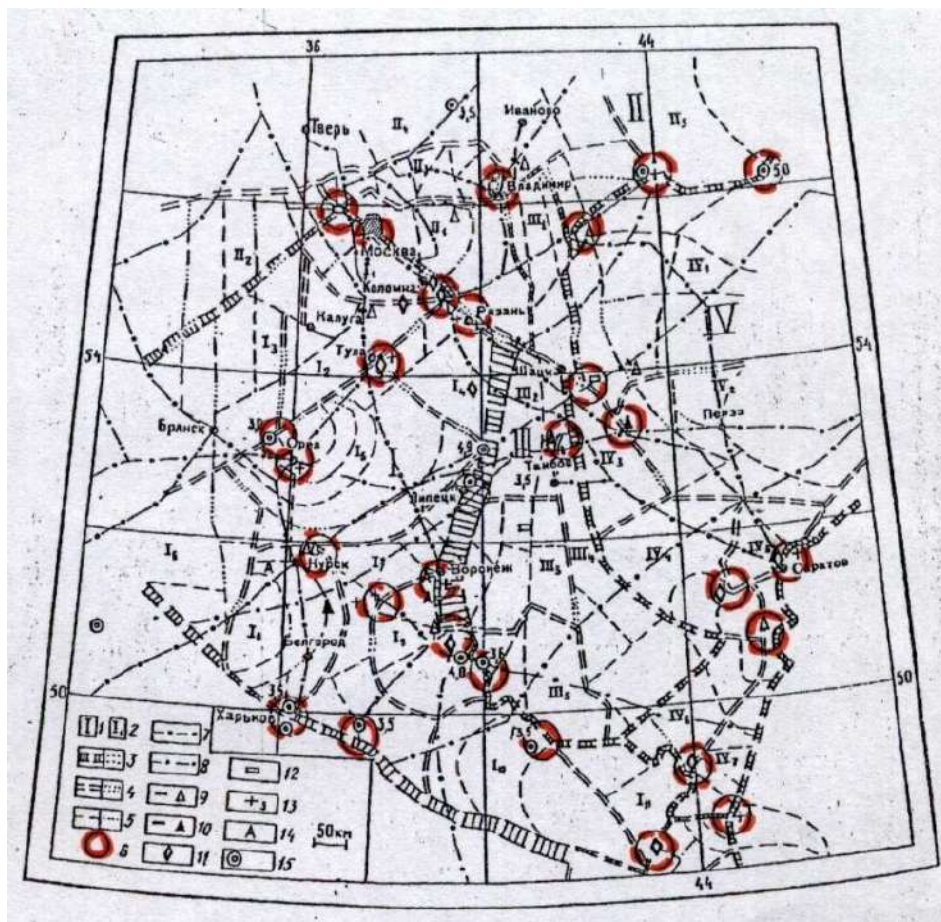


Рис. 5.24. Положение аварий на технических объектах и эпицентров землетрясений на карте современной блоковой структуры земной коры центральных и южных районов Русской равнины. Иерархия блоков: 1 - первого ранга (I - Среднерусская возвышенность, II - Волго-Окские возвышенности и низменности, III - Окско-Донские равнина и плато, IV- Приволжская возвышенность); 2 - второго ранга, мезоблоки. Зоны морфоструктурных линеаментов: 3 - первого ранга, 4 - второго ранга, 5 - третьего ранга (прерывистые линии - чётко выраженные в поверхностных формах, точечный знак - нечётко выраженные), 6 - условная граница морфоструктурных узлов (радиусом 25км) с известными авариями. Магистральные трубопроводы: 7 - газопровод, 8 - нефтепровод. Аварии: 9 - на газопроводах, 10 - на нефтепроводах, 11 - на железных дорогах, 12 - внезапные обрушения долговременных сооружений, 13 - на промышленных коммуникациях, нефте- и газовых распределителях, производствах и хранилищах СДЯВ; 14 - АЭС; 15 - эпицентры землетрясений магнитудой от 3 до 5

Лекция 6. Кольцевые структуры

«Происхождение и даже само существование многих кольцевых структур являются спорными»

В.Е. Хаин, 2003

Кольцевые структуры – «ядра» (Попов, 1964), «геоконы» (Соловьёв, 1978), «нуклеары» (Глуховский, 1987) – геологические объекты кольцевой, округлой или овальной в плане формы, наблюдаемые на поверхности Земли и других планет, спутников, астероидов.



Рис. 6.1. Генетические типы кольцевых структур

Первооткрывателем кольцевых структур может считаться знаменитый итальянский учёный Галилео Галилей (1564 – 1642), который в 1603 году заметил на поверхности Луны «кольцеобразные» горы, а в 1610 году сообщил о них в книге «Звёздный вестник».

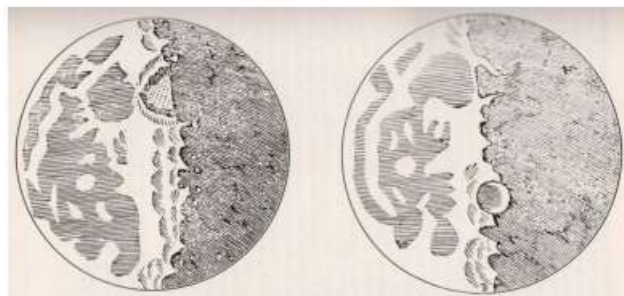


Рис. 6.2. Кольцевые горы на поверхности Луны. Рисунок Галилео Галилея, 1603г

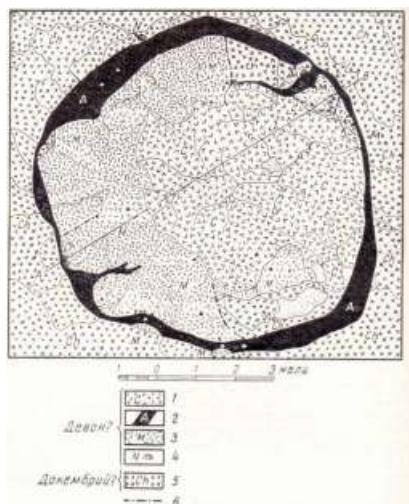


Рис. 6.3. Схема геологического строения участка гор Оссини в Нью-Гэмпшире. Чёрным цветом показана кольцевая дайка. 1 – биотитовые граниты Конвей; 2 – порфировые долериты Олбани; 3 – вулканические породы Моут; 4 – некк; 5 – граниты Чатем; 6 – разлом

Кольцевые структуры выявляются в ходе дешифрирования разномасштабных дистанционных и картографических материалов. Их строение может быть осложнено радиальными или кольцевыми разломами, линеаменами. По происхождению кольцевые структуры разделяют на космогенные, магматогенные, метаморфогенные, тектоногенные, ротационные, сейсмогенные, экзогенные, техногенные и неустановленного происхождения.

Среди кольцевых структур земли выявлено несколько десятков нуклеаров, самые крупные из них – Северо-Американский (диаметр 3800 км), Западно-Африканский (3600 км), Амазонский (3200 км), Центральноафриканский (2800 км), Южно - Африканский (2400 км) и Индо-Австралийский (2400 км); Амурский (1400 км), Алдано - Становой (1300 км), Верхневолжский (1000 км), Ангарский (900 км), Прикаспийский (750 км) и Вилюйский (750 км). При более поздних перемещениях литосферных плит некоторые нуклеары были разорваны (в частности, фрагменты некогда единых нуклеаров установлены в Южной Америке, Африке и Австралии).

В 1975 году В.М. Рыжковой и В.В. Соловьёвым была издана «Карта морфоструктур центрального типа территории СССР» м-ба 1: 10 000 000 (Рис. 6.5), которая для того времени была настоящим открытием новых, неизвестных дотоле структур, и которая не потеряла своего значения и до наших дней.

Кольцевые структуры выявляются в ходе дешифрирования разномасштабных дистанционных и картографических материалов, в том числе и геофизических.

Их строение может быть осложнено радиальными или кольцевыми разломами,



Рис. 6.4. Карта кольцевых структур континентов (Кольцевые структуры, 1987): 1 – 7 – генетические типы кольцевых структур: 1 – нуклеары; 2 – островные дуги; 3 – вулканно-тектонические; 4 – тектоногенные, 5 – метаморфогенные, 6 – магматогенные; 7 – неустановленного происхождения; 8 – океанические

линеаментами. К космогенным кольцевым структурам относят астроблемы (рис. 6.9 - 6.11), возникшие при ударе малых тел Солнечной системы (как правило, метеоритов) о поверхность Земли, и нуклеары, образовавшиеся в результате интенсивной метеоритной бомбардировки поверхности Земли на ранней стадии её развития (диаметр до нескольких 1000 км).

Магматогенные кольцевые структуры разделяются на вулканогенные, образование которых связано с вулканизмом, и интрузивные, сформированные в процессе интрузивного магматизма. Первые развиты в молодых и древних вулканических областях и поясах. В молодых вулканических областях и поясах К. с. прослеживаются в виде крупных кратеров, кальдер, которые часто бывают заполнены озёрами.

В древних вулканических областях и поясах кольцевые структуры представлены обширными вулканотектоническими структурами (как депрессиями, так и поднятиями), отпрепарированными экструзивными куполами, некками и др. Интрузивные кольцевые структуры распространены в складчатых поясах и на платформах и объединяют выходящие на поверхность округлые интрузии различного размера – батолиты, крупные штоки, лополиты (напр., Бушвельдский), магматические диапиры, массивы центрального типа, трубки взрыва и др.

К метаморфогенным кольцевым структурам относят гранитогнейсовые купола, которые развиты в фундаменте древних платформ (обнаружены при дешифрировании космических снимков Балтийского щита Восточно-Европейской платформы), встречаются среди нижних горизонтов платформенного чехла (Сибирская платформа), установлены в осевых частях главным образом позднедокембрийских и палео-

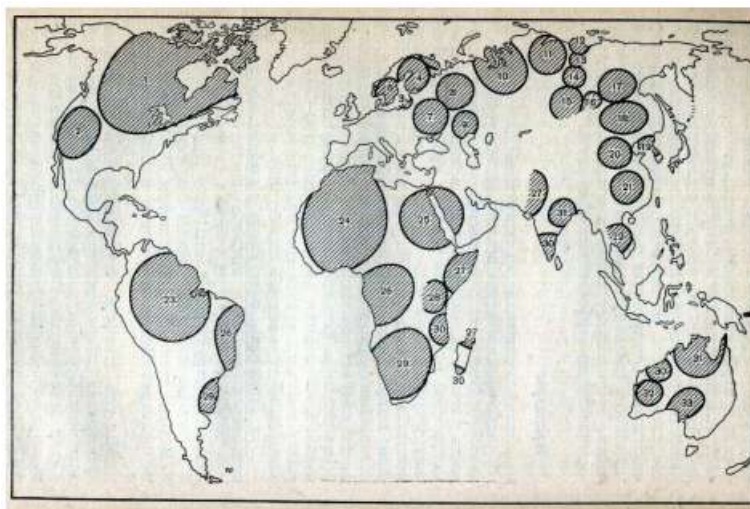


Рис. 6.5. Нуклеары Земли. 1 – Северо-Американский, 2 – Колорадский, 3 – Свеконорвежский, 4 – Свекофеннокарельский, 5 – Кольско-Лапландский, 6 – Прибалтийский, 7 – Скифский (Днепровский), 8 – Сарматский (Верхневолжский), 9 – Прикаспийский, 10 – Обский, 11 – Хета-Оленёкский, 12 – Оленёкский, 13 – Тюнгский, 14 – Вилюйский, 15 – Ангарский, 16 – Витимо-Олекминский, 17 – Алдано-Становой, 18 – Амурский, 19 – Синокорейский, 20 – СевероКитайский, 21 – Южно-Китайский, 22 – Индокитайский, 23 – Амазонский, 24 – Западно-Африканский, 25 – Аравийско-Нубийский, 26 – Центрально-Африканский, 27 – Сомалийско-Аравийский, 28 – Танзанийский, 29 – Южно-Африканский, 30 – Дарваро-МозамбикскоПилбарский (Пилбара), 31 – Индо-Австралийский (СевероАвстралийский), 32 – Ийлгарнский, 33 – Юклинский (Гоулер)

зойских складчатых сооружений (Восточный Урал, Аппалачи). Гранитогнейсовые купола представляют собой выступы ремобилизованного (подвергнувшегося повторному разогреву и частичному плавлению) основания. Среди метаморфогенных кольцевых структур – так называемые гнейсовые складчатые овалы, характерные для архейских гранит-зеленокаменных областей щитов древних платформ (Канадский, Балтийский, Украинский и др. щиты). Складчатые овалы сформировались на ранних этапах развития земной коры. Диаметр метаморфогенных кольцевых структур колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен километров.

Тектоногенные кольцевые структуры распространены главным образом на платформах, где представлены положительными [антеклизы, своды, тектонические поднятия, изометричные антиклинали (купола), соляные и глиняные диапиры] и отрицательными [синеклизы, изометричные синклинали (т. н. чаши), тектонические впадины] структурными формами.

Например, Московская кольцевая структура дешифрируется на значительной части Московской синеклизы (Рис. 6.17), а структура Ришат в Мавритании с концен-

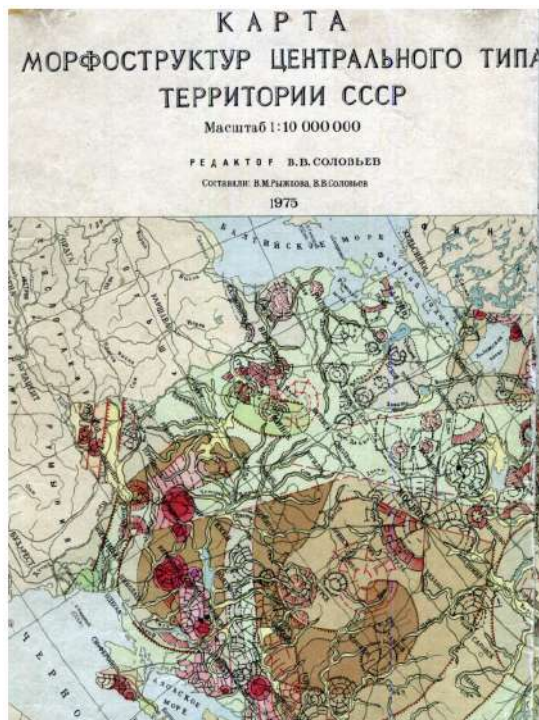


Рис. 6.6. Карта морфоструктур центрального типа территории СССР

трическим рисунком слоёв на космических снимках представляет собой свод (диаметр ок. 60 км) (Рис. 6.18); концентрическая кольцевая структура Мурзук в Ливии, идеально круглой формы, – тектоническая впадина, местами ограниченная сбросами (диаметр ок. 350 км).

К особому подтипу тектоногенных структур или структур неясного происхождения могут быть отнесены кольцевые структуры, которые образовались после отступления ледника и последующего за этим изостатического поднятия территории и которые могут быть названы кольцевыми структурами «всплывания».

Ротационные кольцевые структуры (первоначально именовались вихревыми) объединяют дугообразные, спиралевидные или вихревые структуры земной коры (напр., Чолойская структура в Присонгкельском районе Сев. Тянь-Шаня) (Рис. 6.20), образование которых по мнению многих учёных связано с вращением отдельных блоков коры в горизонтальной плоскости; их размер изменяется от локального до глобального.

Сейсмогенные кольцевые структуры оконтуриваются по размещению очагов землетрясений. Выделены «кольца» планетарного масштаба – Тихоокеанское, Атлантическое и Индо-Австралийское; регионального масштаба – Перуанское, Сейшельское, Индокитайское, Алеутское и Северо-Африканское; локального масштаба – Бородинское, Аляскинское (Юконское), Большого Бассейна, Антильское (Восточно-Карибское).

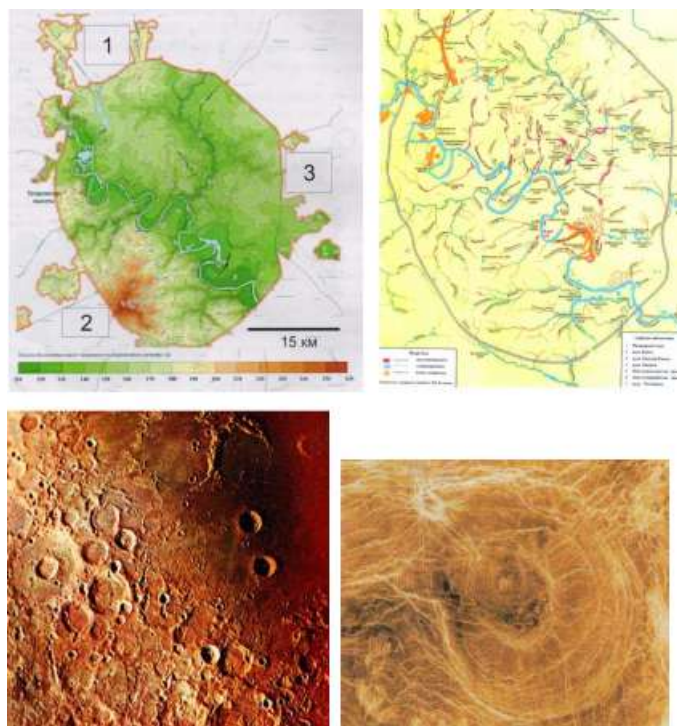


Рис. 6.7. Вверху, слева – Геоморфологическая карта Москвы: кольцевая структура выделяется по изогному руслу реки Яузы: 1 – Смоленско-Московская возвышенность; 2 – Теплостанская возвышенность; 3 – Мещёрская низменность; справа – Гидрографическая сеть Москвы, на фоне которой чётко «читается» Яузское полукольцо. Внизу, слева – Кольцевые структуры Луны, сфотографированные с автоматической станции «Зонд-7»; справа – Кольцевые структуры («арахноиды») Венеры

К экзогенным кольцевым структурам относят округлые воронкообразные понижения, образование которых связано с процессами выветривания, проседания, растворения и выщелачивания горных пород. Техногенные кольцевые структуры появляются в результате различных открытых горных выработок, в первую очередь карьеров, а также в результате ядерных взрывов.

Также выделяют кольцевые структуры неустановленного происхождения, к которым, например, относятся структуры, обнаруженные на платформах в области распространения осадочного чехла, по-видимому, отражающие строение фундамента (Московская диаметром ок. 250 км, выявленная при анализе рисунка гидросети и подчёркнутая концентрическими и радиальными элементами морфоструктуры, и др.). Многие тектоногенные, магматогенные, сейсмогенные и экзогенные кольцевые структуры приурочены к местам сочленения или пересечения линейных разрывных нарушений – узловым структурам.

Связь кольцевых структур с различными видами полезных ископаемых: рудных, жидких, газообразных.

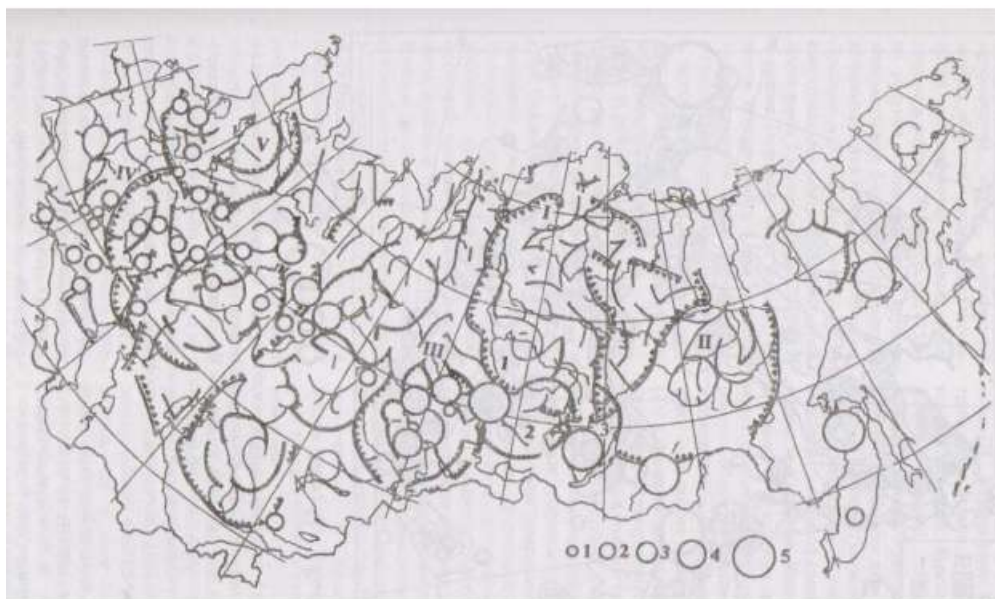


Рис. 6.8. Кольцевые структуры территории СССР по данным карты региональных магнитных аномалий для радиусов осреднения $R_1 = 50\text{км}$, $R_2 = 125$ (из: Васильев Р.Т. и др. Альбом карт региональных магнитных аномалий территории СССР. 1 : 10 000 000)

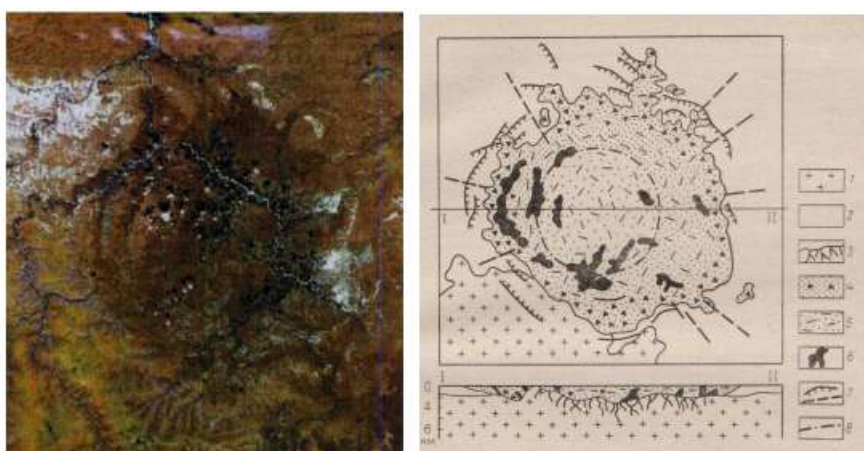


Рис. 6.9. Слева – Космический снимок Попигайской кольцевой структуры (астроблемы); справа – Схема геологического строения Попигайского ударного кратера: 1 – кристаллические породы архея и протерозоя; 2 – нижнепротерозойские, палеозойские и мезозойские осадочные породы; 3 – катаклазированные и брекчированные породы (автохтонная брекчия); 4 – аллохтонная брекчия; 5 – зювиты; 6 – импактиты; 7 – надвиги и другие разломы; 8 – ось кольцевого поднятия



Рис. 6.10. Аризонский кратер вблизи Флагстаффа; возраст около 50 000 лет; кинетическая энергия контакта до 20 мегатонн; скорость выброса осадочных пород свыше 11 км/с; диаметр – 1,2км, глубина – около 200м

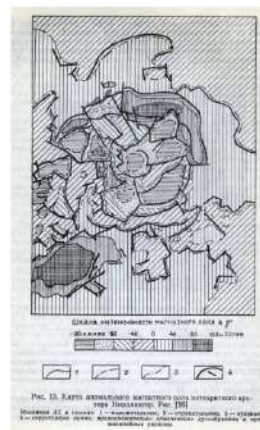


Рис. 6.11. Карта аномального магнитного поля метеоритного кратера Нордлингер

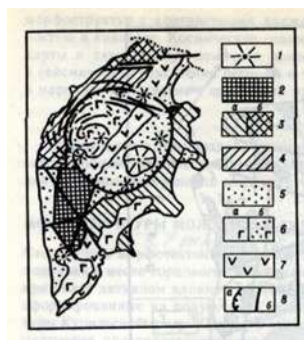


Рис. 6.12. Слева - План вулкана Стромболи; справа - Кольцевая депрессия Центральной Камчатки по космическим изображениям со спутника серии «Метеор». 1 – крупнейшие четвертичные вулканические постройки; 2 – выступы метаморфических пород; 3 – мезозойские и мел-палеогеновые комплексы Восточной Камчатки (а), меловые и палеогеновые образования Западной Камчатки; 4 – район близповерхностного залегания и разобщённых выходов меловых и палеогеновых пород; 5 – рыхлые отложения в депрессиях; 6 – Восточно-Камчатский вулканический пояс (а), плиоценовые и четвертичные вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения (б); 7 – Центрально-Камчатский вулканический пояс; 8 – разрывы, ограничивающие кольцевую Центрально-Камчатскую депрессию (а) и прочие (б)

Образовательный аспект

«На протяжении всей эволюции Земли он (класс кольцевых структур – А.П.) сформировался как результат суперпозиции внешних и внутренних воздействий и

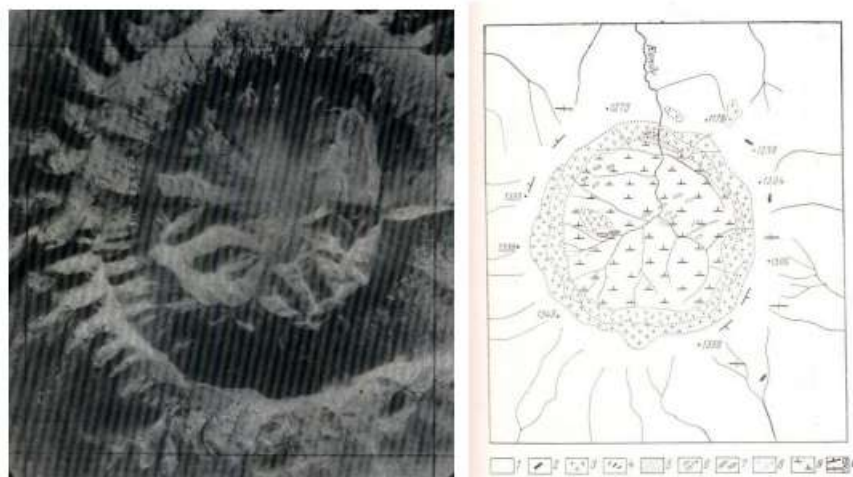


Рис. 6.13. Слева – кольцевая структура Кондёр (Россия, Восточная Сибирь) – «интрузия ультраосновных пород (Кондёрский массив), прорывающая горизонтально залегающую песчано-сланцевую толщу синийского кмплекса; в кольцевой зоне контакта под влиянием интрузии синийские породы дислоцированы и превращены в крепкие роговики, выделяющиеся в современном рельефе в виде кольцевого хребта, приподнятого на 500м над общей поверхностью синийских платформенных отложений и на 250 – 400м над внутренней областью кольца, сложенного ультраосновными породами»; справа – «Схематическая геологическая карта Кондёрского массива»: 1 – кварцевые песчаники и сланцы синийского комплекса; 2 – микросиениты, трахибазальты, альбититы – породы жильных фаций сиенитов; 3 – роговообманковые и авгит-роговообманковые сиениты; 4 – жилы карбонатитов; 5 – карбонатиты; 6 – сольсбергиты, тингуатиты, цеолитовые и псевдолейцитовые порфиры и другие жильные щелочные сиениты; 7 – флогопит-магнетит-пироксеновые жильные породы; 8 – авгитовые пироксаениты, щелочные пироксениты, гибридные пироксениты; 9 – дуниты, гарцбургиты; 10 – элементы залегания вмещающих пород: а) наклонное, горизонтальное и очень пологое

потому теперь отражается на самых различных уровнях всех подсистем Земли». – Иванов О.П. «Кольцевые структуры земли» – новая экспозиция музея землеведения МГУ.

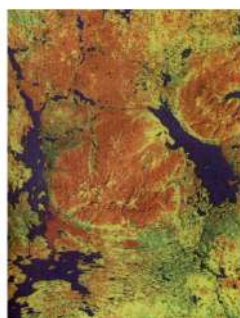


Рис. 6.14. КС Хибинского массива (Кольский п-ов)



Рис. 6.15. Кольцевая «мульда», сложенная мергелями и песчаниками нижней перми. Отчётливо видна система трещин, пересекающих складку почти в меридиональном направлении (Центральный Казахстан)»



Рис. 6.16. 6 – линеаменты и структурные линии развивающихся поднятий; 7 – Уржум-Оренбургская геодинамическая зона (граница структур, развивающихся в пределах Каспийской и Уральской геодинамических систем)



Рис. 6.17. Линейные и круговые нарушения Широкого Подмосковья

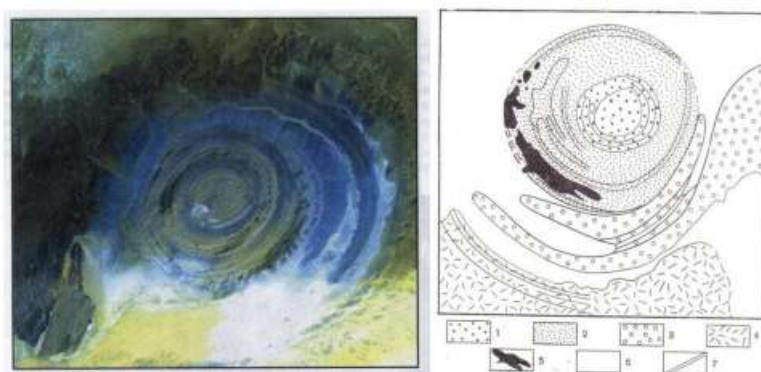


Рис. 6.18. Слева – Космический снимок структуры Рихат (Северная Африка), полученного с КА «Союз-9»; справа – схема её дешифрирования 1 – рифей; 2 – венд; 3 – кембрий; 4 – ордовик; 5 – долериты; 6 – пески; 7 – отдешифрированные маркирующие горизонты



Рис. 6.19. Карта изобаз, показывающая величину послеледникового поднятия Фенноскандии в метрах

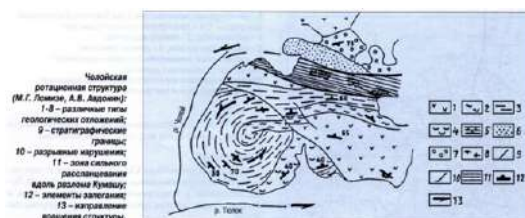


Рис. 6.20. Чолойская ротационная структура

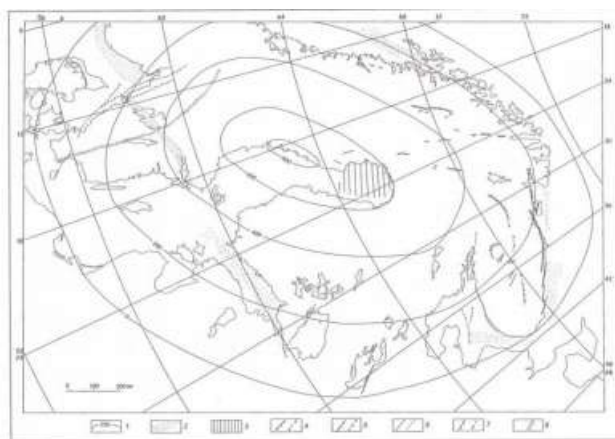


Рис. 6.21. Карта активной тектоники Фенноскандии (Составлена Т.П. Ивановой и В.Г. Трифоновым по данным Б.И. Кошечкина, Р. Лагербака, Н.-А. Мернера, Р. Мурвуда, А.А. Никонова, О. Олесена и др.): 1 – изолинии (в м) расчётного послеледникового (последние 13 000 лет) поднятия [Mogner, 1979]; 2 – позднечетвертичные тектонические (гляциоизостатические) трогги, окружающие Фенноскандинавский (Балтийский) щит; 3 – площадь наиболее быстрого (≥ 10 мм/год) современного воздымания по данным повторного нивелирования [Mogner, 1979]; 4 – 7 – активные разломы и флексуры, доказанные (слева) и предполагаемые (справа): 4 – надвиг или взброс, 5 – сброс, 6 – нарушение с неустановленным направлением смещений; 7 – флексурно-трещинная зона; разломы и флексуры со скоростями перемещений 1 мм/год показаны утолщенными линиями; 8 – глубинная активная зона, выраженная на поверхности косвенными признаками

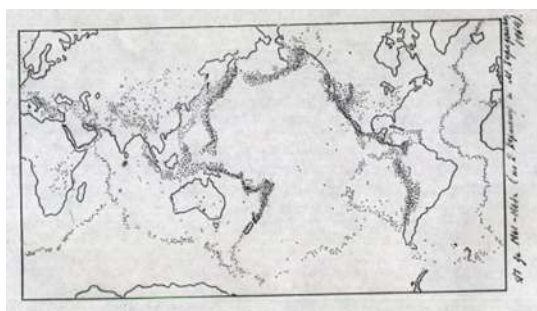


Рис. 6.22. Схема размещения всех землетрясений Земли за 1961 – 1967 гг. По данным Бюллетеня Американского сейсмологического общества за 1969г.

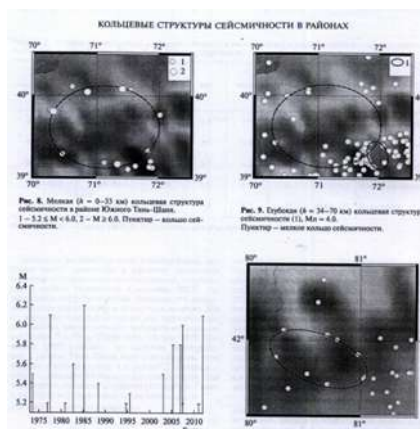


Рис. 6.23. Кольцевые структуры сейсмичности в районах Центрального Тянь-Шаня и Джунгарии

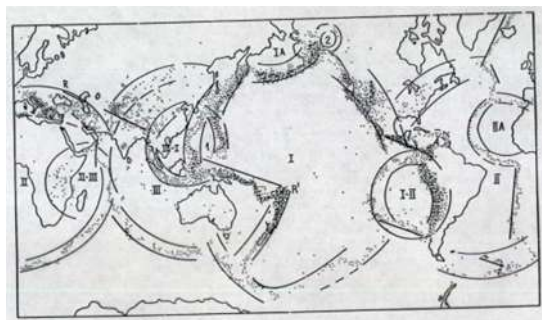


Рис. 6.24. Кольцевые структуры Земли, выявленные по сейсмическим данным: Кольцевые структуры: 1 – 111 – планетарные: 1 – Тихоокеанское, 11 – Атлантическое, 111 – Индо-Австралийское; региональные: 1 – 11 – перуанское, 11 – 111 – Сейшельское (Афро-Мадагаскарское, 111 – 1 – Индокитайское, 1А – Алеутское, 11А – Северо-Африканское; 1 – 4 – локальные: 1 – Бородинское, 2 – Аляскинское (Юконское), 3 – Большого Бассейна, 4 – Антильское (Восточно-Карибское). Сейсмолинеаменты: R – R1– R11– Азово-Индокитайско-ЮжноАтлантический, R11 – R111 – Срединно-Атлантический. Точками показаны очаги землетрясений.



Рис. 6.25. Карстовые провалы на нижнем плато Чатыр-даг (Крым)

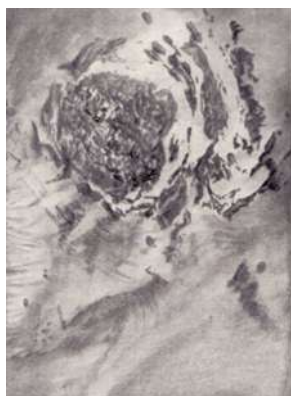


Рис. 6.26. Аэроснимок подводного грязевого вулкана. Грязевые вулканы часто связаны с нефтяными месторождениями, вследствие чего являются признаками возможной нефтеносности данного участка морского дна



Рис. 6.27. Линейная вытянутость грифонов на сопочном поле Гнилой

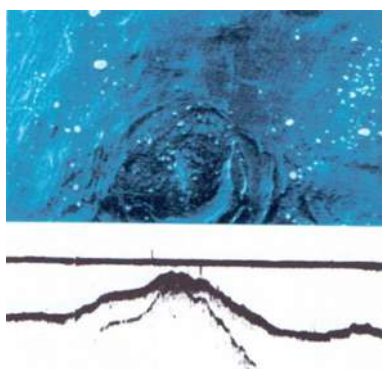


Рис. 6.28. Грязевой вулкан Пересыпский (Темрюкская банка, Казбек). Вверху – пузыри выделяющегося газа; внизу – гидроакстический профиль дна



Рис. 6.29. Кольцеобразный алмазодобывающий карьер «Удачный» (Якутия)



Рис. 6.30. Системы радиальных и концентрических разрывов (черепаховая структура). Купол Хаукипс в Техасе, США

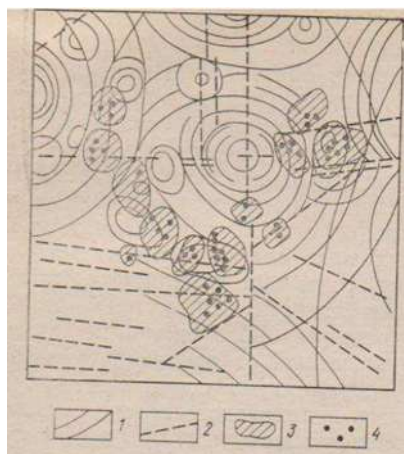


Рис. 6.31. Соотношение кольцевых структур бассейна среднего течения р. Оленек с положением кимберлитовых полей и трубок взрыва: 1 – границы кольцевых систем; 2 – линеаменты; 3 – кимберлитовые тела; 4 – трубки взрыва

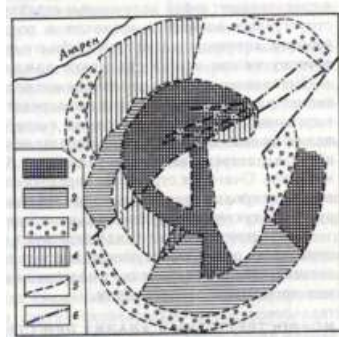


Рис. 6.32. Схема металлогенического районирования Лашкерекской концентрической структуры/Рудные зоны: 1 – свинцово-цинковая; 2 – медно-висмутовая; 3 – флюоритовая; 4 – кварцево-рудная; 5 – границы зон; 6 – основные разрывные нарушения

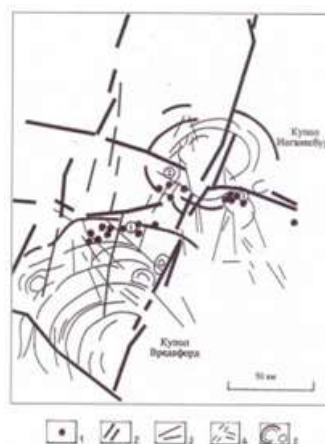


Рис. 6.33. Космоструктурная модель золотрудного бассейна Витватерсранд. Главные промышленные комплексы: 1 – Дальний Западный ранд, 2 – Западный ранд, 3 – Центральный и Восточный ранды и Хейдельберг. 1 – месторождения; 2 – главные линейные зоны транзитных разломов; 3 – второстепенные зоны транзитных разломов; 4 – зоны локальных рудоконтролирующих разломов; 5 – кольцевые структуры

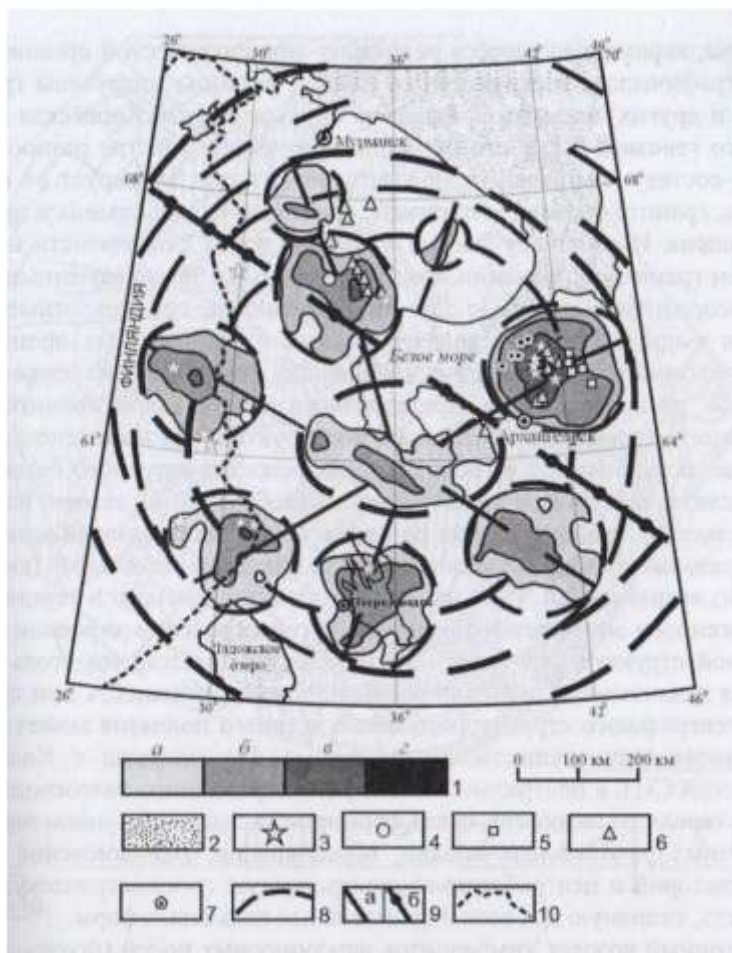


Рис. 6.34. Благоприятные участки (по дистанционной прогнозно-поисковой модели в ранге район) для проникновения к поверхности кимберлитов, лампроитов и проецируемые на поверхность каркасные дуговые и кольцевые разломы Кольско-Карельского надплюмового реликтового мегасвода. 1 – участки аномального присутствия благоприятных признаков, : а – 0,5, б – 1, в – 2, г – 3; 2 – площадь развития осадочных комплексов, перекрывающих тела кимберлитов и лампроитов; находки: 3 – кимберлитов, 4 – лампроитов, 5 – толеитовых базальтов, 6 – щелочных и ультращелочных пород, 7 – лампрофиров; системы разломов, намеченные по геолого-геоморфологическим данным: 8 – дуговые и кольцевые, 9 – радиальные (а), диаметральный Кандалакшско-Северодвинский (б); 10 – государственная граница; аномалии: 1 – Центральнокольская, 2 – Восточнокольская, 3 – Кандалакшская, 4 – Зимнебережная, 5 – Куосамо-Костомушская, 6 – Ветреннобережная, 7 – Плесецкая, 8 – Куаво-Куопийская, 9 – Онежская, 10 – Ладожская

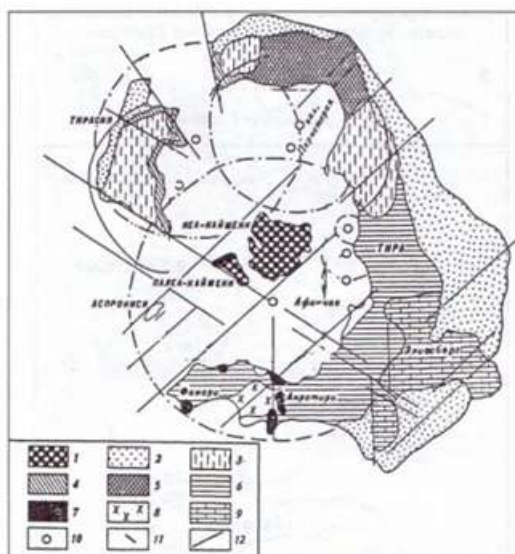


Рис. 6.35. Геологическое строение острова Санторин: 1 – куполы; 2 – пемза; 3 – вулканы Тирасия-Скарос; 4 – вулкан Симандир; 5 – вулкан Перистерия; 6 – вулкан Тиро; 7 – вулкан Акротири; 8 – вулкан Лумарави; 9 – известняковый массив; 10 – жерло; 11 – разломы; 12 – радиальные разломы

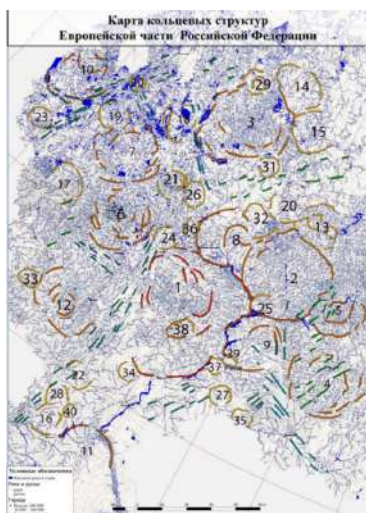


Рис. 6.36. О.А. Мещерякова – бакалавр-ская работа, 2017г.



Рис. 6.37. Сопоставление кольцевых структур с геологической картой Восточно-Европейской платформы (ВЕП)

Лекция 7. Девиантные структуры

Девиантные (от лат. *leviation* – отклонение) структуры, представляющие ли-неаменты, дополнительные к стандартной (ортогональная система + диагональная система) линеаментной матрице, могут быть индикаторами вращательных (ротаци-онных) движений блоков земной коры, их содержащих.

Одно из первых графических изображений элементов девиантных структур мож-но увидеть уже на схемах линейных структур Норвегии, опубликованных в конце XIX века (Рис. 7.1).

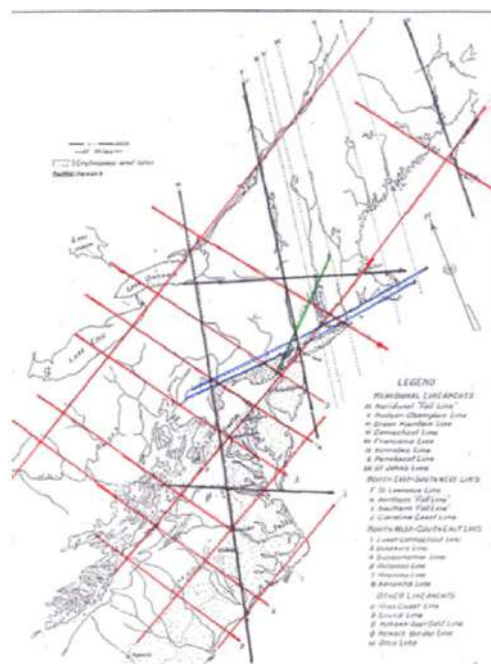
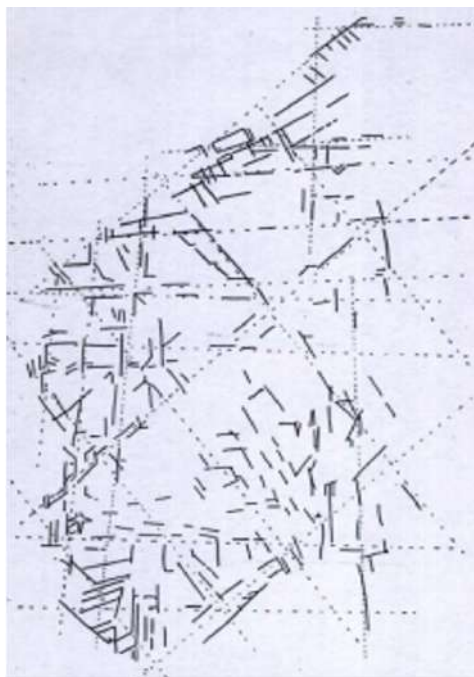


Рис. 7.1. Линейные структуры Норвегии

Рис. 7.2. Девиантные линеаменты (зелё-ный цвет и синий) на фоне стандартного линеаментного поля, образованного лине-аментами ортогональной (чёрный цвет) и диагональной (красный цвет) систем в схеме линеаментов, опубликованной У.Г. Хобсом в 1903 году

Более чёткое изображение аналогичных структур имеется на схеме линеаментов Атлантического побережья США, составленной У.Г. Хобсом в 1903 году (Рис. 7.2). Ни в первом, ни во втором случае эти структуры никак не были выделены из струк-тур стандартного линеаментного поля, показанного на этих схемах. Но, на самом деле, они есть и очень заметно отклоняются, как и от ортогональной, так и от диа-гональной систем.

В результате, более чем 100-летнего изучения гетерогенных линейных образований земной коры, накопился огромный фактический материал, интерпретация которого не лишена некоторых противоречий. В первую очередь, это относится к оптимальному числу «излюбленных», наиболее часто встречающихся направлений, по которым развиваются линейные образования.

А.П. Карпинский в конце прошлого века показал, что в разломной тектонике Европейской части России строго выдержаны **два направления** – СЗ-ое и СВ-ое.

Четыре направления (ортогональные и диагональные) выделили:

Н.С. Шатский (1955), а также Д.Муди и М.Хилл – для северной части Западного полушария (1956).

С.С. Шульц (1962, 1964, 1973) – для Русской платформы, Балтийского и Украинского щитов.

Шесть направлений:

Р.Зондер (1938) - для Западной Европы.

П.С. Воронов (1968) - для Русской и Восточно-Сибирской платформ.

Восемь направлений:

И.И. Чебаненко (1963) - для территории Украины и смежных областей.

В.Хобс, ещё в начале XIX века, на схеме линеаментов (Рис. 7.2) показал около 6 направлений, но не отметил этого факта. В своём линеаментном алгоритме он чётко показал 5-ый линеамент (Рис. 7.3), отклоняющийся от линеаментов субмеридионального и СВ-го простирания.

Такой разнотой, в количестве «оптимальных линейных направлений», привёл к тому, что был сделан вывод, сотрудником Геологического Института Академических наук, Буртманом (1978 г.), о том, что: «столь большое количество планетарных направлений трещиноватости вызвано искусственным объединением в единую планетарную сеть четырёх или шестикомпонентных стационарных сеток разных континентов, повернутых друг относительно друга на различные углы».

Планомерное изучение линеаментов и их систем, проведённое в последние 35 – 40 лет, в разных – от планетарного до локального – масштабах на территориях, различных по природе, геологических

объектов выявило одно, но очень важное, закономерное обстоятельство: наряду с ортогональной и диагональной системами линеаментов, развитых практически повсеместно, постоянно выделяются фрагменты некоторых других систем, обладающих иными простираниями и, называемых, в связи с этим, промежуточными, дополнительными или аномальными.

Первоначально появление данных линеаментных систем на Русской и Восточно-Сибирской платформах объяснялось разной реакцией «крупных жёстких блоков земной коры на динамическое взаимодействие между собой».

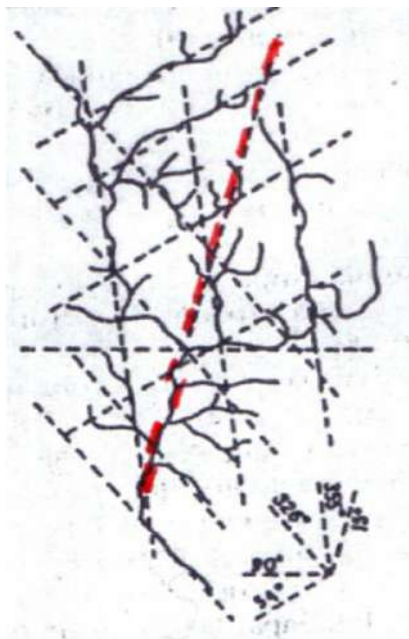


Рис. 7.3. Линеамент 5-го простирания – типичная отклоняющаяся (девиатная) структура в линеаментном графическом алгоритме 1911 года

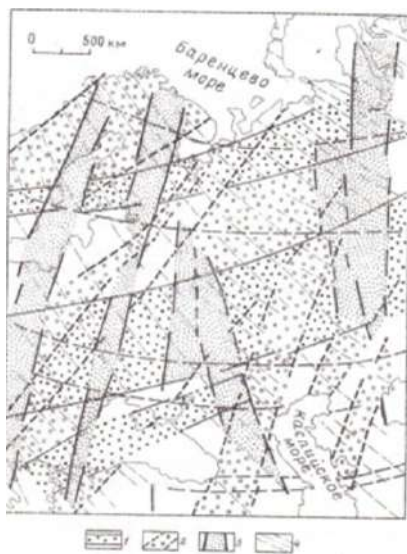


Рис. 7.4. Линеаментные зоны Вост. - Европ. платформ



Рис. 7.5. КС Присонгкельского района Северного Тянь-Шаня

На (Рис. 7.4) Линеаментные зоны Восточно-Европейской платформы по результатам дешифрирования космических снимков и топографических карт: 1 – 4 – зоны субширотного, северо-восточного, субмеридионального и северо-западного простирания.

Происхождение и региональных, и локальных линеаментов аномального прости-

рания, было не очень ясным, но связь с вращением огромного блока Восточно-Европейской платформы даже не предполагалась. Ответ на этот многолетний вопрос был найден только тогда, когда аномальные линеаментные системы были обнаружены и при изучении некоторых горно-складчатых сооружений. В Присонгкельском районе Северного Тянь-Шаня (Рис. 7.5) на фоне «стандартного» линеаментного поля, образованного ортогональной и диагональной системами, было чётко выделено «аномальное» линеаментное поле, все составляющие которого, как бы повёрнуты по отношению к составляющим стандартного поля на 20° – 40° против часовой стрелки (Рис. 7.6).

На (Рис. 7.6) соотношение стандартного (красные тонкие линии) и аномально-го (синие утолщенные линии) линеаментных полей Присонгкелья [Авдонин, Полетаев, 1998]. Узловые центры: 1– Тузбельский, 2–Тюлекский. Цифры на окончании линеаментов и их систем означают азимуты простираций (в градусах).

На (Рис. 7.7) Чолойская ротационная структура, Северный Тянь-Шань (по: М.Г. Ломизе и А.В. Авдонин, середина 80-х годов XXвека).

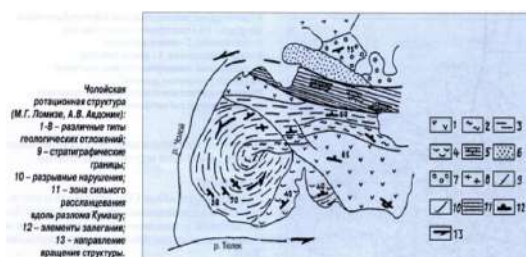
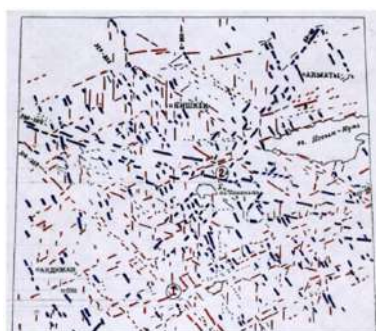


Рис. 7.6. Соотношение линеаментных полей Присонгкелья

Рис. 7.7. Чолойская ротационная структура, Тянь-Шань

Поле	Простирание линеаментных систем			
	Субмеридиональное	Субширотное	СЗ-е	СВ-е
А	0-350°		310-320°	50-60°
Б	320-330°		290-300°	30-40°

Рис. 7.8. Соотношение простираций линеаментов «стандартного» (А) и «аномально-го» (Б) линеаментных полей Присонгкелья

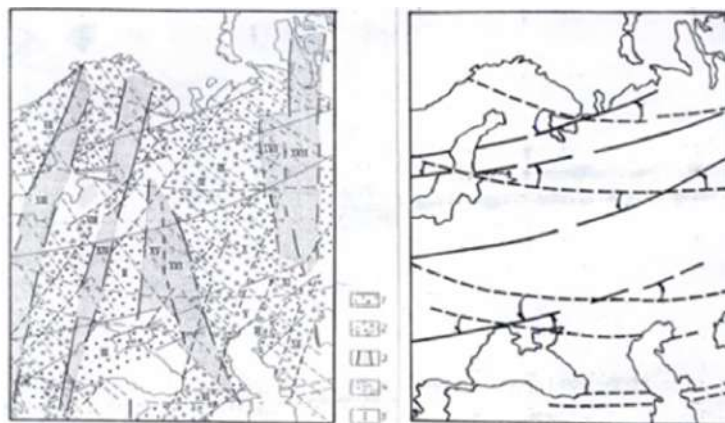


Рис. 7.9. Аномальные линейные структуры Восточно-Европейской платформы

На (Рис. 7.9):

Слева: Региональные линеаментные зоны Восточно-Европейской платформы: 1 - 4 – простираение линеаментных зон: 1 – субширотное, 2 – северо-восточное, 3 – субмеридиональное, 4 – северо-западное; 5 – номера линеаментных зон.

Справа: Субширотные девиантные линеаменты (показаны пунктиром) – индикаторы ротационных (вращательных) движений (стрелками показано вероятное направление вращения) Восточно-Европейской платформы.

После обнаружения аномальной линеаментной системы, стало понятно, что двойные структуры на (Рис.7.9, справа), скорее всего, образовались за счёт вращения против часовой стрелки. Работая над изучением московского космо-геологического полигона, оказалось, что в детальном масштабе тоже выделяются некие структуры, которые снова поворачиваются против часовой стрелки. Их немного, но они чётко выражены. Сигнал идёт уже на локальном уровне (Рис. 7.10).



Рис. 7.10. Девиантные структуры Москвы

На (Рис. 7.10) Красными стрелками показано направление возможного левосто-

ронного – против часовой стрелки – поворота Московского блока. Таким образом, изучение аномальных линеаментных систем и выявление их возможной связи с ротационными движениями разномасштабных масс и блоков земной коры позволило:

Во-первых, выделить данные системы не как случайно возникшие «аномалии», а как закономерны – под влиянием ротационных процессов – образующиеся девиантные (от лат. *deviatio* – отклонение) системы, характеризующиеся постоянным отклонением своих простираний от стандартных (фоновых) простираний линеаментных систем исследуемого региона,

Во-вторых, рассматривать их в виде своеобразных индикаторов разномасштабных процессов ротогенеза, протекающих на разных уровнях земной коры. Впоследствии, девиантные структуры были успешно апробированы при изучении Восточно-Европейской платформы, Сирийского побережья Средиземного моря и других регионов.

Методический аспект

Основной методический посыл, при изучении девиантных структур, заключается в том и только в том, что они могут быть найдены и выделены среди достаточно плотного линеаментного поля только по элементам отклонения их простираний от закономерных простираний линеаментов данного поля. То есть, нельзя пропускать 5-ое простирание. Как только оно появляется, необходимо определить: случайно оно выделено или закономерно. И только потом продолжать работу в его исследовании.

Теоретический аспект

Теоретические возможности изучения девиантных структур связаны с возможностью поиска и выделения с их помощью элементов вращения различных блоков земной коры.

Прикладной аспект

Прикладные возможности изучения девиантных структур связаны с определением с их помощью структур расклинивания земной коры, с которыми, как установлено некоторыми исследователями, бывают связаны различные месторождения, например, нефтяные и газовые.

Сравнительно-тектонический аспект

Поскольку сравнительно-тектонические исследования находятся, мягко говоря, в зачаточном состоянии, то невозможно даже предположить, как могут использоваться в этих исследованиях девиантные структуры, но то, что они будут использоваться, не подлежит никакому сомнению.

Образовательный аспект

Отдельных учебников и учебных пособий по изучению девиантных структур земной коры и кор других космических тел пока нет, есть единичные статьи и отдельные сюжеты в статьях посвящённых линеаментной тектонике и ротационным процессам, поэтому каждый, кто решит заняться поиском, выявлением и изучением девиантных структур может оказаться в ряду первооткрывателей тех или иных их особенностей и закономерностей.

Лекция 8. Ротационные структуры

Предистория

Филолай из Кротона (ок.470 – 388 до н.э.) в недошедшей до нас книге «О природе», в которой излагалось учение о Вселенной школы Пифагора, привёл взгляды некоего Экфанта, о которой ничего не известно, кроме того, что он полагал: «...Земля движется, но не поступательно, а вращаясь вокруг своей оси, подобно колесу, с запада на восток».

Космогоническая гипотеза

По Канту [1755], Вселенная образовалась из мелких твёрдых частиц холодной материи, центры сгущения которой затем приобрели вращательный момент. По Лапласу [1797], сначала существовала вращающаяся и сжимающаяся под влиянием силы тяжести газовая туманность с центром сгущения, из которого образовалось Солнце. Л.Эйлер (1707 – 1783) сформулировал и доказал теорему [1777], которая «Применительно к задаче определения параметров движения жёстких литосферных плит по поверхности земного шара утверждает, что в каждый данный момент времени любое такое движение может быть представлено поворотом плиты с определённой угловой скоростью относительно оси, проходящей через центр Земли и некоторую точку на её поверхности, называемую полюсом вращения этой плиты».

Из научных предвидений (предзрений) М.В. Ломоносова

Отметил влияние космических факторов на земные процессы: «Иные полагают бывшие главные земного шара превращения, коими великие оною части перенесены с места на место чрезвычайным насильством внутреннего подземного действия. Другие приписывают нечувствительному наклонению всего земного глобуса, которой во многие веки переменяет расстояние эклиптики от полюса». К этому выводу М.В. Ломоносов пришёл явно не случайно, ведь в работе «Слово о происхождении света» (1756), он, рассматривая « все возможные материй движения вообще», выделяет три типа движения: «текущее или проходное», т.е. поступательное; «зыблющееся», т.е. волновое. «коловратное (т.е. вращательное – А.П.), когда каждая нечувствительная частица, эфир оставляющая, около своего центра или оси обращается».

Не обошли своим вниманием это явление и люди искусства.

По данным [У.Манк, Г.Макдональд,1962], проблемой вращения Земли в конце XIX века активно интересовались и занимались Дж.Дарвин, Джеффрис и Кельвин, посвятивший ей президентский адрес перед Британской ассоциацией наук [1876]. По данным Н.И.Николаева [1962], «мысль о возможной связи распределения материков и их очертаний с внутренним строением и вращением Земли высказывалась давно. Наиболее определённо на это указывал А.П. Карпинский [1888г.]».

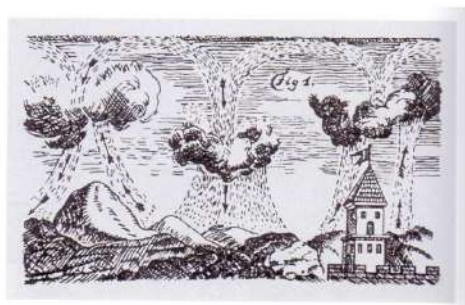


Рис. 8.1. Схема образования вертикаль-
ных воздушных потоков в атмосфере. Ри-
сунок М.В. Ломоносова, 1753г.



Рис. 8.2. Звёздное небо - Звёздная ночь
(1859)



Рис. 8.3. Андо Хиросигэ 1853 – 1856



Рис. 8.4. Винсент Ван Гог (1853 – 1890)

«к аналогичным выводам пришёл и крупнейший немецкий геолог С.Н.Бубнов (1960-А.П.). В создании общей тектонической картины, по его мнению, играли роль гравитационная дифференциация масс и вращение Земли. Последнее содействовало возникновению первоначального раскалывания земной коры « в смысле установки направлений тектонических линеаментов».

«Н.С. Шатский [1955]...рассматривал эти явления (образование планетарной сетки разломов – А.П.) как планетарные и связывал их с напряжениями в земной коре и оболочке, возникавшими при изменении размера осевого сжатия Земли в результате изменения скорости вращения под влиянием приливных сил, оказывающих тормозящее действие.

По данным В. Е. Хаина [1973], на «приливное замедление вращения Земли» было указано знаменитым английским геофизиком Дж. Дарвиным [1879]; отечественный математик и механик Л.С. Лейбензон дал этому вопросу математическую трактовку [1910]; – вращение Земли использовалось Ф. Тейлором [1910] для объяснения смещения материков от полюсов к экватору, а А. Вегенером [1912] – для смещения их к

западу; Л. Поккельс в статье «Изменение вращения Земли как геологический фактор» [1911] указал, что одним из источников энергии тектонических процессов является изменение скорости вращения Земли» Б.Л. Личков (1888 – 1966) впервые в отечественной геологической литературе рассмотрел фактор изменения скорости вращения Земли как основной в тектогенезе [1927]; близкие взгляды развивал украинский тектонист В.Г.Бондарчук [1946,1961]; наиболее полное обоснование ротационная гипотеза получила в работах М.В. Стоваса (1960, 1961), ценные дополнения к которой были сделаны Г.Н. Катерфельдом. Ряд отечественных учёных, начиная с А.П.Карпинского, Ф.Ю.Левинсон-Лессинга, а затем Н.С.Шатский, А.В.Пейве и др. отмечают роль изменения скорости вращения Земли в деформациях коры и, в частности, в образовании глубинных разломов.

По данным П.С.Воронова [1997], Д.И. Мушкетов в книге «Основные задачи геотектоники» [1933] писал: «Изменения скорости вращения Земли... несомненно были реализованы в различные эпохи», и «если бы удалось подметить закономерности распределения (планетарных) систем трещин по всей Земле, то можно было бы вывести ряд деформаций как результат изменения оси вращения и скорости или обоих факторов вместе, особенно сравнивая эти закономерности в разных формациях. Этим путём явилась бы возможность вывести историю изменения геоида». А. Шейдеггер в разделе «Вращение Земли» книги «Основы геодинамики» [1987] указал на возможность деформации литосферы под влиянием векового замедления скорости вращения нашей планеты из-за приливного трения (например, в начале фанерозоя длительность суток равнялась только 20,5ч., а затем постоянно замедлялась на 2 мс за 100 лет и дошла до современных 24ч).

Пример наиболее острой дискуссии между двумя выдающимися геологами XX века, профессорами кафедры динамической геологии Геологического факультета МГУ – неотектонистом Николаем Ивановичем Николаевым и геотектонистом, чл.-кор. АН СССР Владимиром Владимировичем Белоусовым.

Н.И. Николаев: «данные исторической геологии, палеогеографии указывают нам на возможные периодические изменения величины приливного трения в геологической истории Земли и значит на изменение скорости её вращения. Как следствие изменений во времени ротационного режима Земли (режима вращения вокруг оси), неизбежно должны возникать напряжения в земной коре и в мантии Земли».

В.В.Белоусов: «За последние годы довольно широкой популярностью стали пользоваться взгляды, согласно которым многие, если не все, события внутренней истории Земли вызваны не столько внутренними силами, сколько внешними «космическими» воздействиями, со стороны Солнца, Луны или даже отдалённых звезд».

«Подобные «астрогеологические» рассуждения (имеется в виду работа М. В. Стоваса (1959), в которой в качестве тектонического факторов рассматривается замедление скорости вращения земного шара. – А.П.), основанные на дилетантской оценке

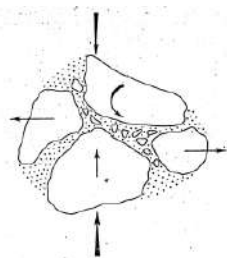


Рис. 8.5. Межзерновой механизм пластической деформации

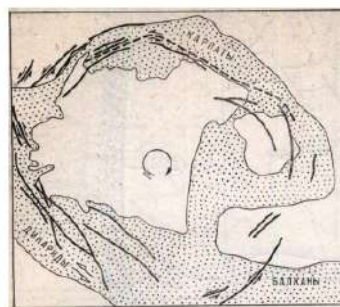


Рис. 8.6. Схематическая карта, изображающая концепцию «ротации» глубинного фундамента между Карпатами, Динаридами и Балканами

значения некоторых действительно существующих явлений, на придумывании других явлений, о существовании которых нет никаких свидетельств или которые даже заведомо невозможны с точки зрения элементарных положений современной науки, а также на небрежном тасовании некоторых случайно выхваченных и неправильно понятых геологических фактов, не заслуживали бы рассмотрения на страницах научной книги, если бы они не привлекали людей, не обладающих достаточным багажом специальных знаний, своей наукообразностью и кажущейся лёгкостью объяснения самых сложных явлений».

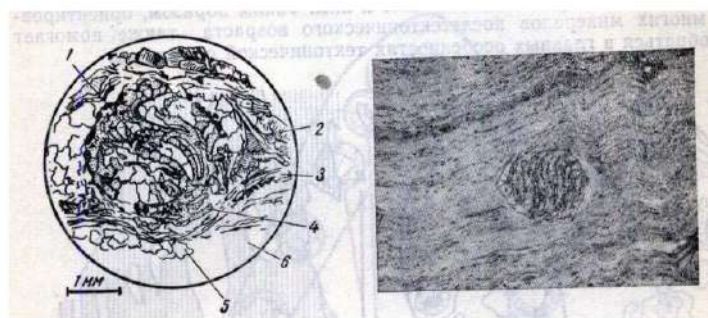


Рис. 8.7. Слева: Включения спиральной формы в тектонитах. Справа: кристалл граната вращался одновременно с ростом

Однако вывод ряда исследователей о структурообразующей роли ротационных / вращательных процессов собственно земной коре остаётся предметом острых дискуссий практически до настоящего времени. Эти споры нашли отражение даже в современной поэзии:

«И в горах, и в тайге

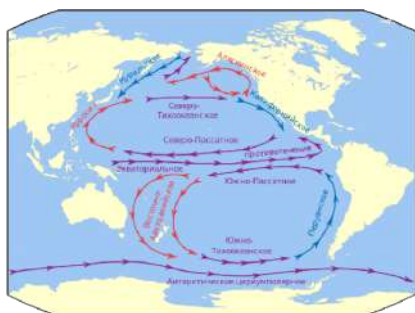


Рис. 8.8. Вращательные течения Тихого океана

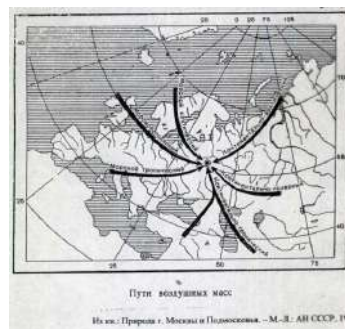


Рис. 8.9. Пути воздушных масс

Мы законы свои завели
И привыкли, и часто
Не чувствуем кодекса братства
Так не чувствуем мы
И вращения Земли,
И полёта её
Во враждебном пространстве!»
Александр Пеньков – геолог, поэт.

Хотя в земной коре есть уникальные объекты (Рис. 8.10).

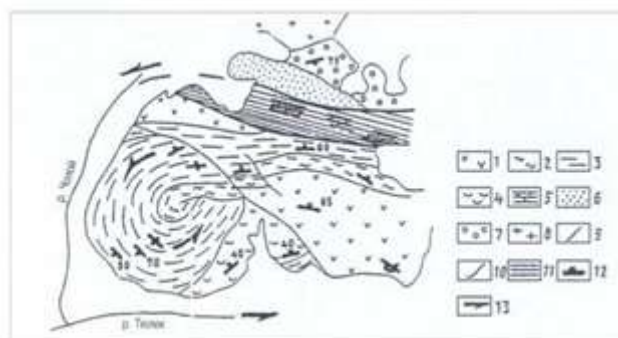


Рис. 8.10. Чолойская ротационная структура, Средняя Азия

В 1991 году в издательстве «Мир» вышел трёхтомник «Структурная геология и тектоника плит», в котором опубликованы данные о вращении зёрен граната в сланцевых толщах.

При этом многовековой опыт естественно-научных исследований убедительно свидетельствует, что какие-либо изменения положения в пространстве любых природных тел и объектов любого масштаба (от планетных тел до зёрен минералов) и любого

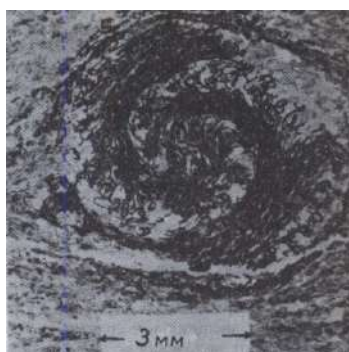


Рис. 8.11. Микрофотография шлифа, закрученного («снежный ком») граната из известкового сланца нижней формации Уэйтс-Ривер, западный край куполв Честер, шт. Вермонт. Вращение происходило против часовой стрелки



Рис. 8.12. Галактика Млечный Путь

(от эндогенного до экзогенного) происхождения являются результатом поступательных (горизонтальных, вертикальных, наклонных) и ротационных (вращательных, вихревых) движений, которые и приводят к деформациям или дислокациям как самих природных тел и объектов, так и вмещающего их пространства материи.

Если поступательное движение и деформации геологической среды к настоящему времени не только изучены, но и обобщены, т.е. типизированы и классифицированы, на вполне современном уровне, то изучение процессов и структур вращения до этого уровня явно не дотягивает. Можно сказать и более остро: создаётся ощущение, что многие современные исследователи никак не могут согласиться с тем, что разномасштабные объекты геологической среды «способны» испытывать разномасштабные же вращения.

И это притом, что те же самые исследователи целиком и полностью разделяют современную геодинамическую парадигму, которая базируется именно на вращении отдельных плит. И это притом, что ротационные (вращательные или вихревые) процессы, широко развитые в Космосе, уже давно и никем не обсуждаются.

Как не обсуждается и то, что образование самой Земли и других планет земной группы, обязано именно ротационным процессам. И то, что атмосфера и гидросфера Земли являются настоящими «заповедниками» всевозможных вихревых процессов, тоже, как сказано выше, ни у кого не вызывает ни малейшего сомнения.

В результате профессор Горного института (Петербург) Павел Стефанович Воронов – признанный знаток данной проблемы – с одной стороны охарактеризовал в книге «Роль сдвиговой тектоники в структуре литосферы Земли и планет земной

группы». «Ротационные силы Земли как важнейший фактор развития её сдвиговой тектоники», а с другой – с явной горечью указал: «...если вкратце суммировать всё то, что говорилось раньше исследователями о роли ротационных сил Земли в определении её строения, то надо сказать, что признание важнейшей, основополагающей роли ротационных сил в развитии нашей планеты так и не стало ведущим в умах геологов». К счастью печальный прогноз Павла Стефановича Воронова не оправдался.

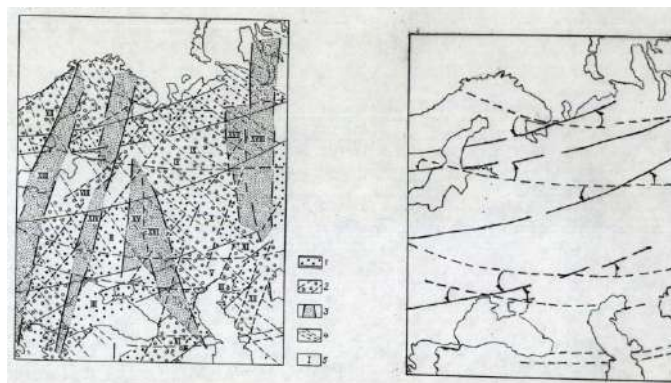


Рис. 8.13. Слева – линеаменты ВЕП; справа – девиантные (отклоняющиеся от стандартных простираний) линеаменты ВЕП, которые могут быть индикаторами вращательных (ротационных) движений блоков земной коры, их содержащих и Восточно-Европейской платформы в целом

На XXXV Тектоническом совещании, состоявшемся в 2002 году, в 30 докладах из заявленных 220, т.е. практически в каждом седьмом сообщении, авторы в той или иной мере касались теоретических, планетарных или региональных проблем ротогенеза.

На рубеже XIX и XX вв. знаменитый австрийский геолог, почётный член Петербургской академии наук Эдуард Зюсс (1831 – 1914) издал монографию «Das Antlitz der Erde» – «Лик Земли» – главный итог своей творческой жизни, в котором обобщил не только региональные геологические исследования, но и имеющиеся фундаментальные представления о строении и развитии земной коры. Трёхтомный труд, вышедший в 1883 – 1909 гг., на долгие годы стал настольной книгой геологов Старого и Нового Света, ценнейшим учебным пособием для студентов университетов и, наконец, просто увлекательным чтением для всех, кто интересуется происхождением, строением и развитием нашей планеты. Если кто-то из современных геологов отважится на повторение научного подвига Зюсса, он должен будет к старому названию добавить слово «космический», ибо сегодняшней «портрет» Земли абсолютно не мыслим без такого рода данных. Кроме того, будущему автору придётся уделить внимание рассмотрению и анализу роли и значения ротационных процессов и явлений в развитии и структурном преобразовании нашей планеты.

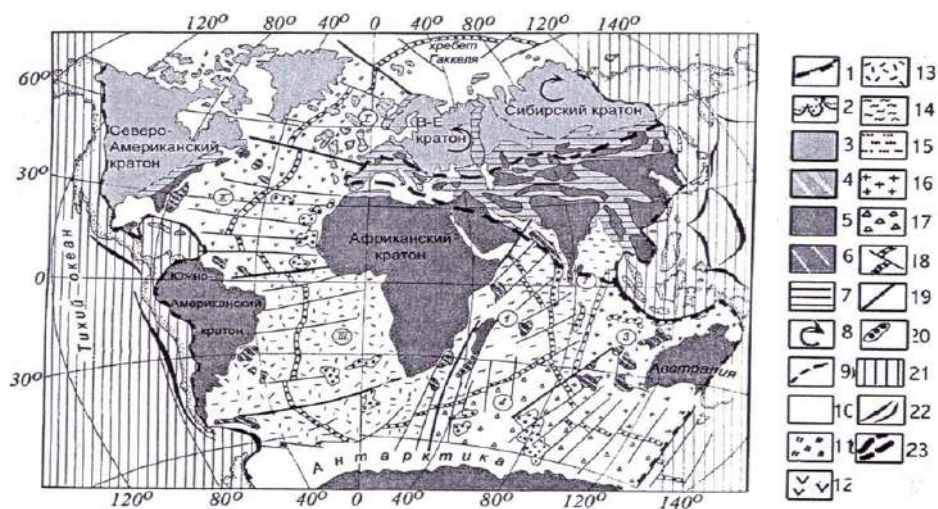


Рис. 8.14. Тектоническая схема Индо-Атлантического сегмента. 1 – границы Индо-Атлантического и Тихоокеанского сегментов; 2 – географические границы современных континентов и островов (закраска континентов и островов выполнены только в пределах Индо-Атлантического сегмента). Континенты: 3 – северного ряда (Северная Америка, Евразия, Гренландия и прилегающие острова), 4 – отторженные фрагменты континентов северного ряда, погруженные под воды современных океанов, 5 – южного ряда (Южная Америка, Африка, Австралия, Антарктида), а также их фрагменты в составе складчатых поясов континентов северного ряда, 6 – отторженные фрагменты континентов южного ряда, погруженные под воды современных океанов, 7 – фанерозойские коллизионные и аккреционные складчатые пояса (не разделённые) в континентах северного ряда, 8 – преобладающее направление вращения в фанерозое Восточно-Европейского и Сибирского докембрийских кратонов (по палеомагнитным данным), 9 – границы докембрийских кратонов. Океаны: 10 – водные пространства современных Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов и морей; 11 – 13 – структурно-исторические провинции Атлантического океана: 11 – Северная (1), 12 – Центральная (11), 13 – Южная (111); 14 – 17 – структурно-исторические провинции Индийского океана: 14 – Западная, Мадагаскарско-Сейшельская (1), 15 – Индийская (2), 16 – Австралийская (3), 17 – Южная, Кергеленская (4); 18 – Срединно-океанические хребты и трансформные разломы; 19 – демаркационные разломные зоны; 20 – внутриокеанические поднятия; 21 – Тихоокеанский сегмент, включая переходные области его взаимодействия с Индо-Атлантическим сегментом; 22 – глубоководные желоба и субдукционные зоны; 23 – контур проекции на поверхность высокоскоростной неоднородности в мантии, по данным сейсмической томографии

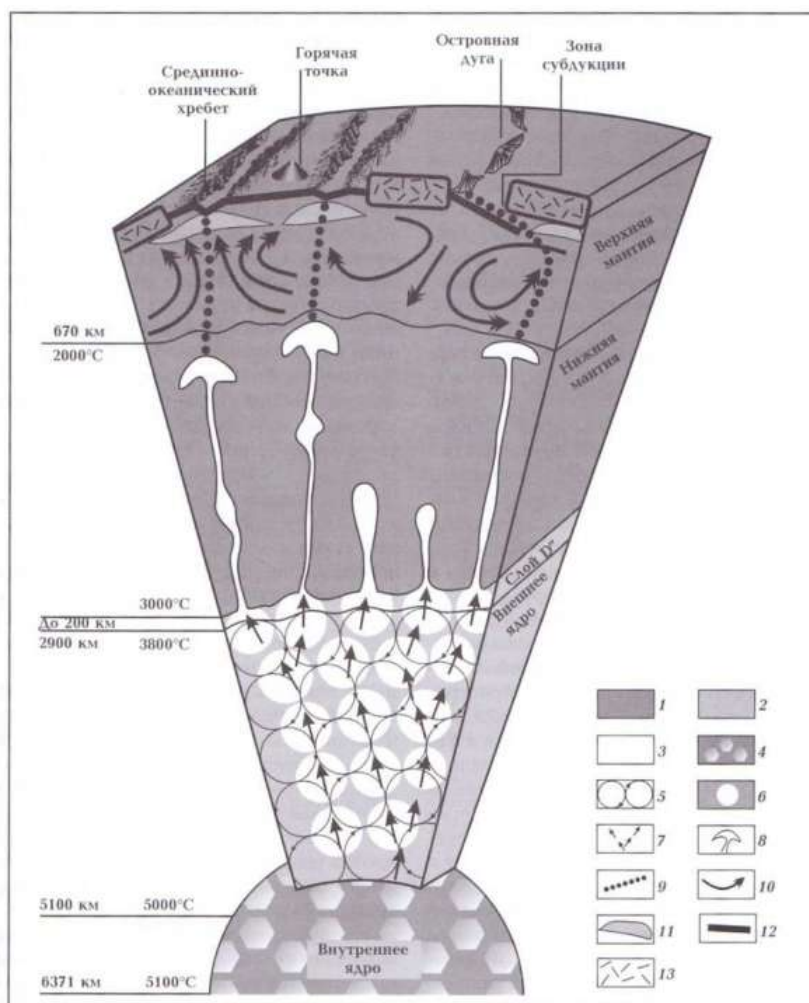


Рис. 8.15. Глобальная геодинамическая модель Земли Из статьи: А.Е. Лукин – Самородно-металлические микро- и нановключения в формациях нефегазоносных бассейнов – трассеры суперглубинных флюидов

Недаром же, один из ведущих тектонистов XX века, академик Хаин Виктор Ефимович оставил нам такое завещание: «В общем представляется, что в подлинно глобальной и полной геодинамической модели учёт ротационного фактора обязателен». В.Е. Хаин – «Современная геодинамика: достижения и проблемы»

Предварительные выводы

В настоящее время можно говорить о двух крупнейших периодах в жизни Земли, которые характеризуются:

- а) конструктивной ротацией, приведшей к образованию нашей планеты,
- б) деструктивной, способствовавшей зарождению и развитию планетарных, региональных и локальных линейных дислокаций, выраженных в тектоносфере Земли

как в виде открытых (разломы, разрывы, зоны трещиноватости), так и закрытых (латентных) форм (линейных глубинных неоднородностей, геофизических ступеней, линеаментов и т.д.).

В эволюции Земли можно наметить и/или выделить три этапа, характеризующиеся различным уровнем взаимодействия и взаимовлияния ротационных движений и сдвиговых смещений:

а) допротерозойский, с абсолютным приоритетом и доминированием ротационных процессов – (ротационный этап);

б) протерозойский, в течение которого зародилась основная «сеть» планетарных линейных дислокаций, чаще всего, вероятно, сдвигов, дальнейшее развитие которых, в том числе и кинематическая «специализация», зависело не только от ротационного, но и многих других факторов – (сдвигово-ротационный этап);

в) постпротерозойский или фанерозойский, отличающийся от предыдущих этапов тем, что у широко развитой сети сдвигов, инициально образованных благодаря ротационному фактору, появилась «способность» вполне самостоятельно продуцировать собственные ротационные движения – (ротационно-сдвиговый этап).

Спиральные движения воздействуют на организм и психику человека: движение против часовой стрелки стимулирует активность, по часовой – даёт успокаивающий эффект.

Лекция 9. Основные аспекты изучения особых структурных форм

«Мир вокруг нас изобилует всевозможными структурами: начиная с тех, которые мы встречаем в природе, и, заканчивая теми, что присущи разумной жизни; мы настолько привыкли к структурам, что зачастую уже не осознаём, каким чудом является само их существование» Герман Хакен



Рис. 9.1. Фрагмент фрески Рафаэля Санти «Афинская школа» Платон (428/427 – 348/347 гг. до н.э.) Познание начинается с припоминания. Аристотель (384 – 322 гг. до н.э.) Познание начинается с удивления

«Очевидно, что среди изучающих Землю нет достаточно хорошо подготовленных людей. Каждый из нас, в той или иной степени, копает свой собственный шурф и сидит в нём». Э. Буллард, английский геофизик.

«**Рождение» термина «геология»** Любопытно, что сам термин «геология» не вдруг и не сразу завоевал своё место в научном словаре. Как минимум только с четвёртого раза этот термин закрепился и в научном обиходе и в научной литературе. XV век 1473 г.

Первое появление термина «геология»

«в Кёльне вышла книга епископа Р. Де Бьюри (Бери) (1287–1345) «Philobiblon» («Любовь к книгам»), в XI-ой главе которой геологией назывался весь комплекс закономерностей и правил «земного» бытия в противоположность теологии, т.е. науке о «потустороннем» мире и духовной жизни».

Второе появление термина «геология»

«слово «геология» как название науки о горных породах, минералах и окаменелостях было употреблено итальянским натуралистом Улиссом Альдрованди (1522 – 1605) – профессором логики и медицины Болоньского университета».

Третье появление термина «геология»

«В современном понимании термин «геология» был применён норвежским испытателем Миккелем П. Эшольтом (1600–1699) в работе, посвящённой крупному зем-

летрясению, охватившему всю Южную Норвегию (*Geologia Norvegia*, 1657)» **Четвёртое** появление термина «геология»

По мнению известного русского учёного Ф. Ю. Левинсон – Лессинга именно в этом году «термин «геология» впервые был применён Жаном Андре Делюком, а годом позже «закреплён» Соссюром. Приблизительно того же возраста и систематическая наука о Земле, хотя зачатки её и отдельные главы гораздо старше, а корни её можно проследить и у древних учёных».



Рис. 9.2. «мы не допустим никаких противоречий священному писанию, разуму или ежедневному опыту»

Масштабный аспект

На данном этапе развития Геологии интерес вызывают ОСФ любого масштаба – от микро до макро. Для достижения наибольшей достоверности исследование конкретных объектов необходимо проводить, как минимум, в двух – не менее – масштабах.

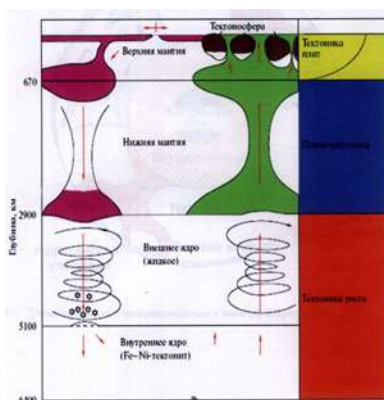


Рис. 9.3. Схема глобальной тектоники Земли, согласно которой конвективная циркуляция во внешнем ядре Земли обусловлена вертикальными вращательными движениями

Методический аспект

«Метод необходим для отыскания истины». Рене Декарт (1596–1650).

«Во всех отраслях знания самая главная трудность состоит не в отыскании явлений, а в нахождении метода, с помощью которого можно было бы установить законы явлений». Генри Томас Бокль (1821 – 1862), английский историк.

«Великое достижение научного метода состоит в том, что на поверку, казалось бы, заурядное, просто любопытное явление может стать ключом к пониманию тайн природы». Джордж П. Томсон (1892 – 1975), английский физик, лауреат Нобелевской премии.

Универсальная методика изучения ОСФ ещё не разработана. Каждый исследователь, изучающий ОСФ, ориентируется на общепринятые геологические методики, собственный опыт, наблюдательность и интуицию. Образовательный аспект.



Рис. 9.4. Исходный КС Крымского полуострова.



Рис. 9.5. Линеаменты Крыма. Слева: – Оператор – В. П.Воронцова, 2008; Справа: – Оператор – П.Н. Рожин, 2009

Теоретический аспект

«Искусство – это всегда путешествие в неизвестность».

«То, что сегодня кажется абсурдом, утопией – завтра может оказаться реальным механизмом». Андрей Могучий – театральный режиссер, худрук БДТ.

«И мы не должны отставать от явлений природы. Это будет неестественно». Михаил Андреев – поэт.

Если учесть, что многие ОСФ часто связаны с месторождениями различных месторождений полезных ископаемых и/или являются также и сейсмоактивными / сейсмогенными структурами, то в важности теоретического аспекта изучения ОСФ сомневаться не приходится.

В эволюции Земли можно наметить и/или выделить три этапа, характеризующиеся различным уровнем взаимодействия и взаимовлияния ротационных движений и сдвиговых смещений:

а) допротерозойский, с абсолютным приоритетом и доминированием ротационных процессов – (ротационный этап);

б) протерозойский, в течение которого зародилась основная «сеть» планетарных линейных дислокаций, чаще всего, вероятно, сдвигов, дальнейшее развитие которых, в том числе и кинематическая «специализация», зависело не только от ротационного, но и многих других факторов – (сдвигово-ротационный этап);

в) постпротерозойский или фанерозойский, отличающийся от предыдущих этапов тем, что у широко развитой сети сдвигов, инициально образованных благодаря ротационному фактору, появилась «способность» вполне самостоятельно продуцировать собственные ротационные движения – (ротационно-сдвиговый этап).

Структурный аспект

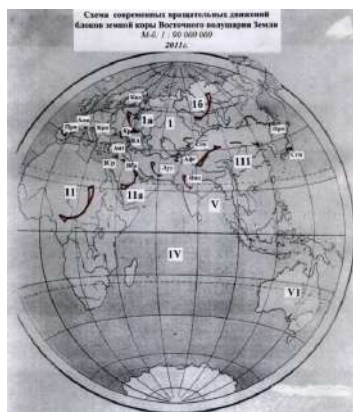


Рис. 9.6. Вариант «безразрывный»

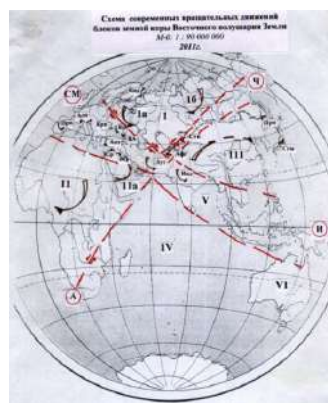


Рис. 9.7. Вариант «разрывный»

Картографический аспект

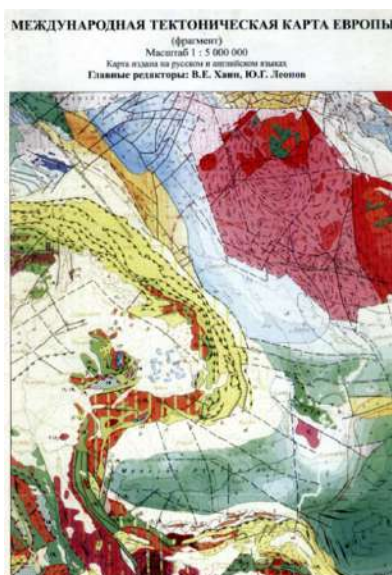


Рис. 9.8. Геологические исследования

Прикладной аспект

Если учесть, что многие ОСФ часто связаны с месторождениями различных полезных ископаемых и являются сейсмоактивными/сейсмогенными структурами (рис. 9.17), то в важности прикладного аспекта ОСФ, как и в случае теоретического аспекта, сомневаться также не приходится.

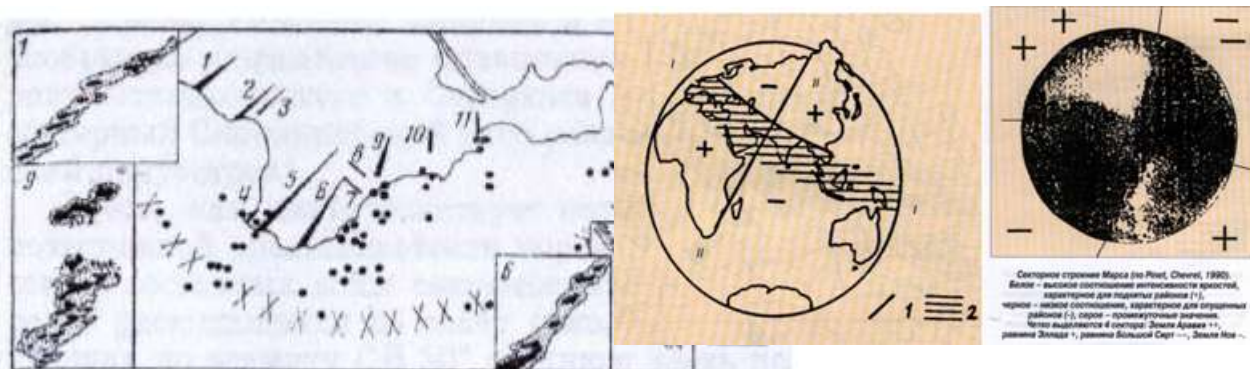


Рис. 9.9. Схема современного раздвижения земной коры Крыма, 1978, Евгений Степанович Штенгелов

Рис. 9.10. Слева – Секторное строение Восточного полушария Земли; справа – Секторное строение Марса

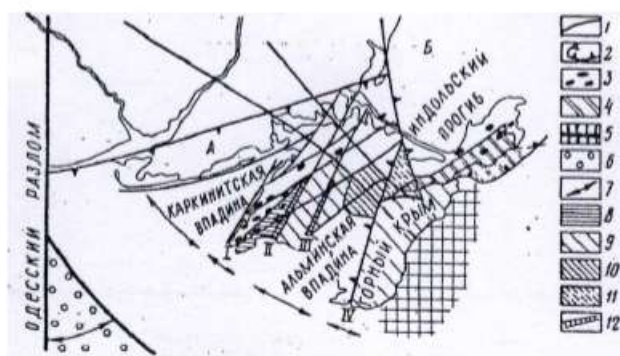


Рис. 9.11. Схема «Раздвиговая структура Крыма», Борис Александрович Соколов, 1981: (№3 – месторождения нефти)

Сравнительно-тектонический аспект

Этот очень важный аспект познания структурных особенностей и закономерностей Земли, в отношении многих ОСФ практически не разработан, т.е. представляет большие возможности и перспективы для будущих исследований и исследователей. Узловые структуры для сравнительно-тектонического анализа могут считаться, пожалуй, самыми «удобными» и наиболее наглядными из всех ОСФ земной коры.

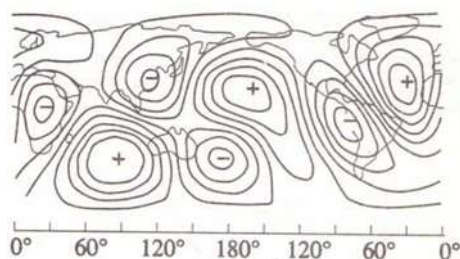


Рис. 9.12. Рельеф границы ядро-мантия Земли



Рис. 9.13. Клиновидные структуры впадины Ио (Марс)

Эффективный метод сравнительной тектоники – сопоставление трещин и трещиноватости различных геологических объектов, вплоть до планетных тел – через розы-диаграммы.

Образовательный аспект

«Глаза того не зрят, чего не видит разум, Чем ум твой овладел, то и увидишь глазом». Бедиль (1644 – 1722)

Как считает доктор геол.- мин. наук, заведующий лабораторией минералогического и трекового анализа Геологического института РАН А.В. Соловьёв: «Структурная геология является одной из фундаментальных геологических дисциплин». Не хочет-

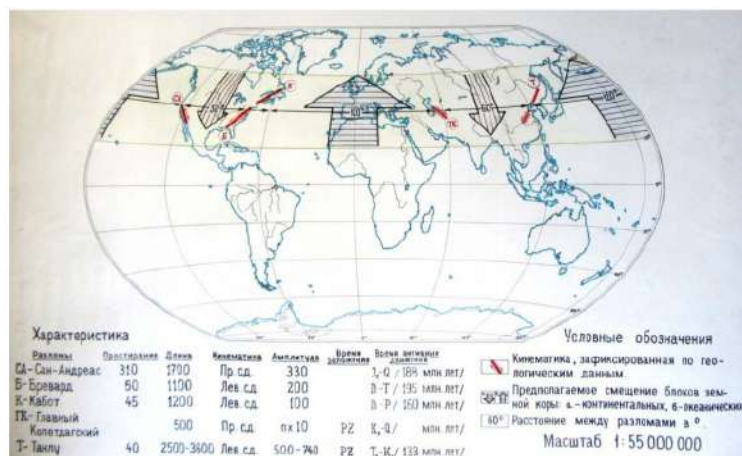


Рис. 9.14. Клиновидные структуры Марса: по картам глобальной топографии Марса

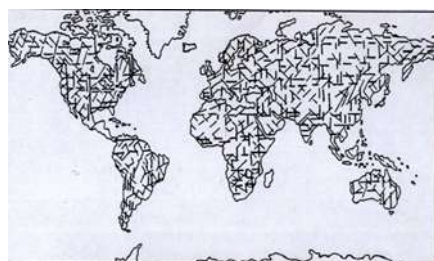


Рис. 9.15. Линеаментная матрица Земли
Исходный м-б 1: 30 000 000

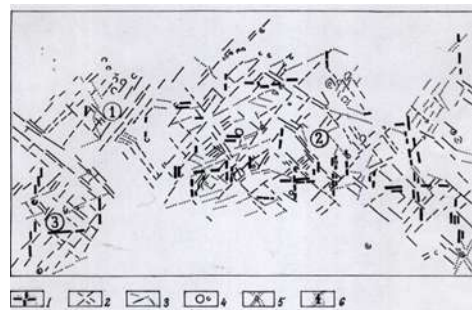


Рис. 9.16. Линеаментные системы Ганимеда – спутника Юпитера

ся верить, что сбывается ироническое предсказание английского геофизика Эдварда Булларда (1907 – 1980): «Каждый из нас, в той или иной степени, копает свой собственный шурф и сидит в нём», сделанное им в «Предисловии» к книге Фрэнка Л. Стейнли «Физика Земли». Наоборот, хочется надеяться, что слова Германа Хакена, вынесенные в эпиграф этой лекции, будут своеобразными мотиваторами для всех исследователей структуры Земли.

«Задачей науки должно быть познание того, что должно быть, а не того, что есть». Лев Николаевич Толстой (1828 – 1910)



Рис. 9.17. Сопоставление линеаментных систем бассейнов Миссисипи (слева) и Волги (справа)

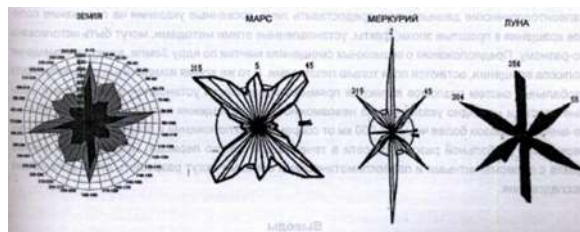


Рис. 9.18. Розы-диаграммы разрывных нарушений Земли и других планетных тел

«Наш привычный образ мыслей может скрыть от нас простые истины, даже если сам по себе этот образ мыслей совершенно правилен». Сэмюэл Уоррен Кэри – почётный профессор Тасманского университета (Австралии)

«Подлинная великая наука требует от учёного императива абсолютной «библейской» честности, как в проведении эксперимента, так и осмыслении его результатов». Владимир Костров – выпускник химфака МГУ им. М.В. Ломоносова поэт, лауреат Государственной премии.



ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ
МГУ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

teach-in
ЛЕКЦИИ УЧЕНЫХ МГУ