

УДК 551.241 : 551.242.31.550.814

В. И. МАКАРОВ, В. Г. ТРИФОНОВ, Ю. К. ЩУКИН

ОТРАЖЕНИЕ ГЛУБИННОЙ СТРУКТУРЫ
СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

Дешифрируемые на космических снимках орогенических областей новейшие мегаструктуры, в том числе линеаменты, отражают элементы структуры земной коры на глубинах в первые десятки километров. Линеаменты представляют собой своеобразные проявления на поверхности зон глубинных латеральных разделов коры или зон линейных деформаций, которые фиксируются по гравиметрическим и сейсмическим данным. Восстанавливаемая с помощью космических снимков глубинная структура складчатых областей существенно отличается от приповерхностной геологической структуры, что позволяет ставить вопрос о возможной дисгармонии в деформациях различных горизонтов земной коры.

В статье описаны результаты исследования космических изображений двух различных горно-складчатых областей, характеризующихся высокой неотектонической активностью — Восточного Кавказа, Тянь-Шаня¹. На мелкомасштабных телевизионных снимках этих областей по геометрическим и фототоновым особенностям различаются выраженные в рельефе крупнейшие мегаскладки, отвечающие сложнопостроенным сводовым поднятиям и соизмеримым с ними впадинам. На исследованных черно-белых (видимой части спектра) космических снимках разного масштаба отчетливо видны также линии или узкие полосы, которые отличаются от смежных участков фототонном, либо разграничивают районы с разным фототонном или внутренним рисунком. Протяженность таких линий достигает нередко десятков и первых сотен километров. Вслед за исследователями, ранее отмечавшими подобные образования на космических изображениях (Lowman, 1969; Скарятин, 1970), авторы называют их линеаменами², что отвечает по своей сути первоначальному значению этого термина, введенного У. Хоббсом.

Дешифрирование линеаментов на космических снимках, сопоставление последних с аэрофотоснимками и топографическими картами, а также результатами полевых исследований показали, что указанные линейные образования обычно более или менее отчетливо выражены в рельефе. Это либо спрямленные участки речных долин, расположенные один на продолжении другого, либо ложбины и уступы, порой малоамплитудные и весьма пологие, но тем не менее обуславливающие различие фаций и разновозрастных комплексов четвертичных отложений, различие в глубине и рисунке эрозионной сети по обе стороны такой линии. Некоторые линеаменты или их более широкие «расплывчатые» аналоги, названные линеаментными зонами, представляют собой границы крупных эле-

¹ Космические снимки указанных регионов опубликованы ранее (Трифонов и др., 1973) и поэтому здесь не приводятся.

² Возможно, термин «линеамент» в данном смысле не вполне удачен, поскольку тем же словом называют крупные, иногда планетарного значения зоны нарушений, пересекающие целые тектонические области и системы. Однако авторы не ставят задачи ревизовать сложившуюся терминологию.

ментов рельефа или линейные участки их существенного изменения: сужения межгорных впадин, резкие погружения хребтов вдоль их простираения, зоны кулисного подставления одних хребтов другими. Нередко линеаменты подчеркнуты особенностями распределения грунтовых вод, почв и растительного покрова.

Все указанные особенности ландшафта, определяющие возможность проявления и дешифрирования линеамента на космических изображениях, в конечном счете обусловлены геологическими причинами. Такие природные линеаменты следует отличать на снимках от каналов, дорог, границ сельскохозяйственных угодий и других искусственных «линеаментов», хотя и они нередко определяются геолого-геоморфологическими особенностями территории. Ниже сделана попытка сопоставить отдешифрированные на КС новейшие мегаструктуры и линеаменты с приповерхностной геологической структурной и глубинным строением рассматриваемых территорий.

ВОСТОЧНЫЙ КАВКАЗ

На мелкомасштабных телевизионных снимках Кавказа системы «Метеор» читаются наиболее крупные выраженные в рельефе новейшие мегаструктуры — своды Большого и Малого Кавказа и разделяющая их система межгорных впадин. В самом общем виде своды отвечают прогибам поверхности Мохоровичича, а впадины — ее поднятиям, хотя полного соответствия и нет (Милановский, 1968). Более интересные сопоставления с глубинной структурой обнаруживают отдешифрированные на космических снимках линеаменты, расположение которых в пределах Восточного Кавказа показано на рис. 1. Эта схема дополняет и местами исправляет картину расположения линеаментов, данную на ранее выполненных схемах геологического дешифрирования этой территории¹. Исходным материалом как для них, так и для рис. 1 послужили космические снимки с негативами масштаба 1:7 000 000—1:8 500 000, сделанные А. Г. Николаевым и В. И. Севастьяновым с космического корабля «Союз-9» в июне 1970 г. Снимки относятся к двум сериям, одна из которых охватывает юго-восточную часть Большого Кавказа, Нижнекуринскую низменность, Талышские горы и северо-восточные отроги Карабахского хребта, а другая — более северные и западные районы Кавказа.

В зависимости от ориентировки выделенные линеаменты разделяются на три группы: 1) СЗ — ЮВ- и ССЗ — ЮЮВ-простирааний; 2) СВ — ЮЗ- и ВСЗ — ЗЮЗ-простирааний; 3) С — Ю- и ССВ — ЮЮЗ-простирааний. К первой группе относится Главная система линеаментов Восточного Кавказа, состоящая из четырех отрезков: Сальян-Ленгибизского* (1), Исмаиллы-Сыгырлинского (2), Самур-Геокчайского (3) и Аргун-Джермутского (4). Они расположены эшелонированно друг относительно друга и образуют правый кулисный ряд. Непротяженные линеаменты того же направления выделены на востоке Кобыстана и в Казбекском районе. Последние характеризуются той же особенностью взаимного расположения. Несколько северо-западных линеаментов протягиваются вдоль предгорий Талыша и далее на северо-запад (5).

Вторая группа представлена сложнопостроенным Сумгаит-Араксинским* линеаментом протяженностью свыше 250 км. Он простирается в

¹ Схема геологического дешифрирования Юго-Восточного Кавказа, составленная В. З. Сахатовым (Береговой и др., 1972). Схемы геологического дешифрирования и описания к ним, составленные для Юго-Восточного Кавказа М. Л. Коппом при участии Т. П. Ивановой, Н. Н. Курдина и В. И. Макарова, для Северо-Восточного Кавказа — С. Л. Бызовой и В. Г. Трифоновым, для Казбекского района — С. Л. Бызовой (Трифонов и др., 1973).

* Здесь и ниже звездочками помечены линеаменты, выделенные М. Л. Коппом. Цифрами обозначены номера линеаментов на рис. 1—А.

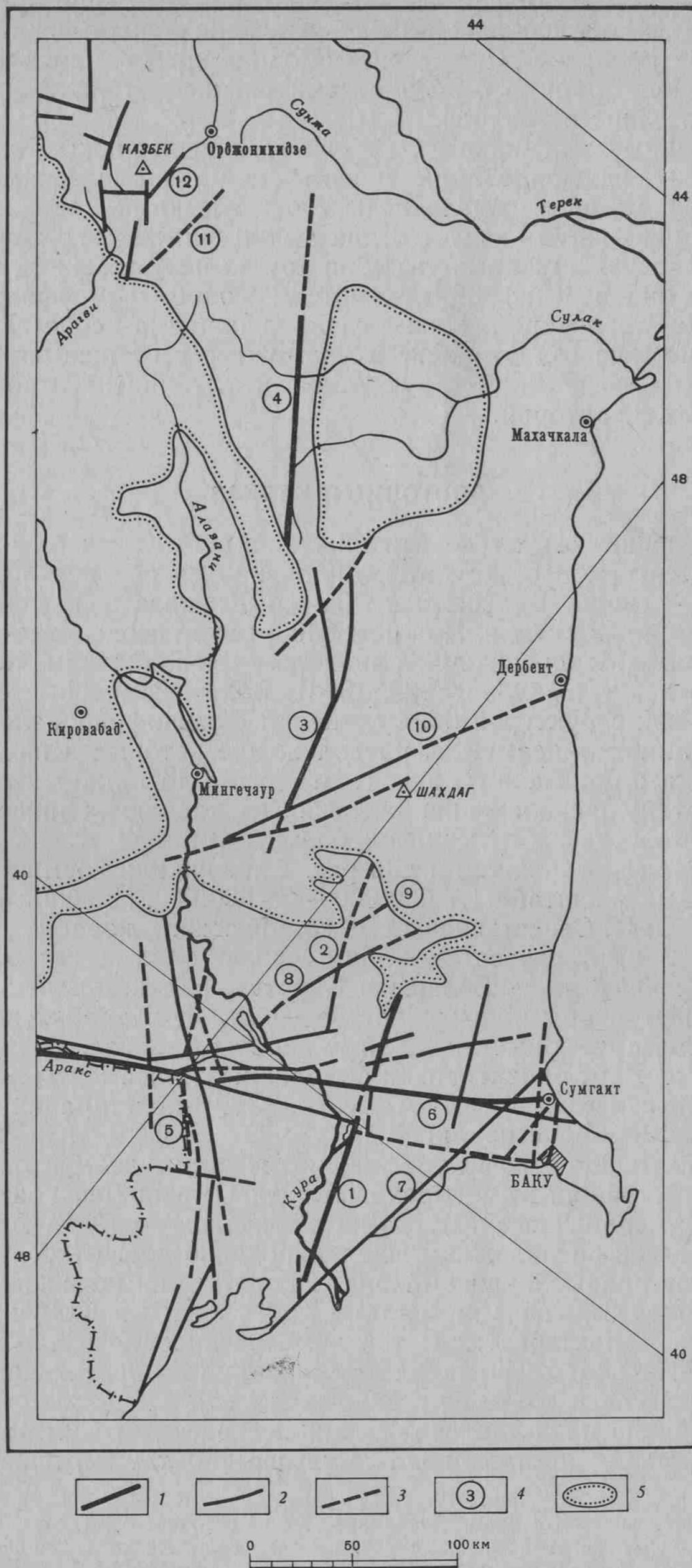


Рис. 1. Линеаменты, отдешифрованные на космических снимках Восточного Кавказа
 1 — крупнейшие отдешифрованные линеаменты; 2 — прочие отдешифрованные линеаменты; 3 — линеаменты, предполагаемые по результатам дешифрирования; 4 — номера линеаментов (названия см. в тексте); 5 — районы, закрытые облаками на отдешифрованных снимках

Сопоставление линеаментов, отдешифрированных на космических снимках, с элементами геологической структуры Восточного Кавказа

Название линеамента	Признаки разрыва в поверхностной геологической структуре	Геологические признаки глубинного разлома
Сальян-Ленгибизский	Местами крупный разрыв сплошности пород. Правые взбросо-сдвиговые смещения молодых форм рельефа. Современные вертикальные подвижки, выявленные повторным нивелированием вдоль железной дороги (8)	На значительном протяжении выражен цепью сравнительно пологих асимметричных антиклиналей (7). Концентрация грязевых вулканов (4, 8). Флексура на склоне глубинного поперечного поднятия, фиксируемого изменениями фаций и мощностей (6)
Исмаиллы-Сыгырлинский	—	Склон глубинного поперечного поднятия (6)
Самур-Геокчайский	Разрыв в северной части (2). Простирается вдоль локальных новейших поднятий (7)	Отчасти совпадает со склоном глубинного поперечного поднятия (6)
Аргун-Джермутский	Разрыв в южной части (2)	Северо-западная часть приходится на «диагональный» по отношению к «общекавказскому» простиранию выступ — Чижгинскую антиклиналь; к северо-западу от нее протягивается зона третичных складок того же северо-западного простирания. Весьма возможно, что эта линия поднятий отвечает глубинному разлому (1)
Предталышские и их северо-западные продолжения	Местами разрывы сплошности пород. Граница новейшего поднятия Талыша	Склон глубинного поперечного поднятия (6)
Сумгаит-Араксинский	Правые взбросо-сдвиговые смещения молодых форм рельефа по оперяющим линеаментам. Современные вертикальные подвижки, выявленные повторным нивелированием вдоль железной дороги (8)	В юго-западной части — новейшее нарушение осадочных толщ, скрытое чехлом почти не дислоцированных рыхлых осадков (10). Северо-восточнее — структурная линия, по сторонам которой различаются общий стиль и простирания новейших складок (8). Концентрация грязевых вулканов (4, 8), влияет на распределение фаций и мощностей неогеновых и плейстоценовых отложений, причем в относительно древних комплексах следы этого влияния более расплывчаты, чем в молодых толщах (8)
Гирдыманчайский и Ахсуйский	Новейший разрыв, совпадающий с Гирдыманчайским линеamentом (7). Смещения молодых форм рельефа	Флексура: граница областей с разным характером и направлением складчатости; мощность неокома резко возрастает к востоку; изменяются фации и мощности и более молодых отложений вплоть до плейстоцена (9). Халтанская граница поперечных ступеней (5). Приведенные данные относятся к зоне этих линеаментов и ее северо-восточному продолжению, скрытому на космических снимках облаками
Агдаш-Дербентский	—	Флексура (9), называемая Самурским разломом (3), который был заложен до келловея. Хызранская граница поперечных ступеней (5). Флексура на склоне глубинного поперечного поднятия (6)

восток — северо-восточном направлении и сопровождается серией менее крупных линеаментов северо-восточного простирания, определяющих его и образующих левокулисный ряд. Несколько коротких северо-восточных линеаментов выделила С. Л. Бызова в Казбекском районе. Здесь они торцово сочленяются с линеаменами северо-западного простирания.

Среди линеаментов третьей группы наиболее отчетливо проявлены Советабад-Яшминский* (7), Ахсуйский* (8), Гирдыманчайский* (9), Агдаш-Дербентский (10), Барисахский (11), Верхнетерский (12).

В таблице отдешифрованные линеаменты сопоставлены с элементами альпийской и новейшей структуры Восточного Кавказа (Хаин, 1950; Варданянц, 1954; Паффенгольц, 1959; Брод, 1960; Тамразян, 1960; Милановский, Хаин, 1963; Хаин и др., 1966; Геология СССР, т. IX, 1968; Милановский, 1968; Ширинов, 1973; с дополнениями по результатам полевых наблюдений В. Г. Трифонова на Юго-Восточном Кавказе). Сопоставление показывает, что важнейшие элементы приповерхностной геологической структуры региона — структурно-фациальные и складчатые зоны, складки и разрывы «общекавказского» простирания не коррелируются пространственно с расположением линеаментов¹. Однако многие из них сопоставляются с «секущими» элементами альпийской и особенно новейшей (рис. 2) структуры верхних горизонтов коры. Некоторые из них совпадают с разрывами сплошности отложений, однако чаще линеаментам отвечают различные менее четкие линейные образования: флексурные уступы, обычно длительно развивавшиеся; уступы, которые скрыты под чехлом слабодислоцированных пород и поэтому морфологические обособлены нечетко; цепи складок; зоны структурных аномалий, пересекающие системы складок; границы областей с разными типами и направлением складчатости; зоны концентрации грязевых вулканов. Это позволяет предполагать, что отдешифрованные на космических снимках линеаменты — проявление на поверхности структурных форм более глубоких горизонтов земной коры, в том числе глубинных разломов в понимании А. В. Пейве.

И. В. Кириллова и ее соавторы (1960) впервые обратили внимание на то обстоятельство, что зоны больших градиентов силы тяжести (гравитационные ступени), которые довольно близко совпадают с зонами намеченных по геологическим данным глубинных разломов Восточного Кавказа, не протягиваются непрерывно, а распадаются на отдельные участки, расположенные кулисно друг относительно друга. Такая же особенность, как было показано выше, присуща и линеаментам. Неоднократно отмечалось наличие значительных градиентов аномалий силы тяжести непосредственно к западу от Сальян-Ленгибизского линеамента — на северо-восточном склоне Талышско-Вандамского гравитационного максимума (Цимельзон, 1965; Гаджиев, 1965; Али-Заде и др., 1968). Г. П. Тамразян (1960), ссылаясь на данные Л. К. Татевосяна и Р. М. Гаджиева, указывает на северо-восточные простирания гравитационных аномалий и значительные градиенты аномалий силы тяжести в северо-восточной части Сумгаит-Араксинского линеамента. В. Е. Хаин и его соавторы (1966) сообщали об изменении характера поля силы тяжести вдоль северо-восточных продолжений Гирдыманчайского и Ахсуйского линеаментов, скрытых на рассмотренных космических снимках облаками. Гравитационная ступень выявлена вдоль Предталышских линеаментов и их северо-восточных продолжений (Али-Заде и др., 1968).

Многочисленные гравиметрические данные, дополненные результатами глубинного сейсмического зондирования, послужили основой для составления структурных карт по различным глубинным горизонтам зем-

¹ Это не означает, что продольная зональность Кавказа не видна на космических снимках. По данным С. Л. Бызовой и М. Л. Коппа, она находит отражение не в линеаментах, а в иных индикационных признаках.

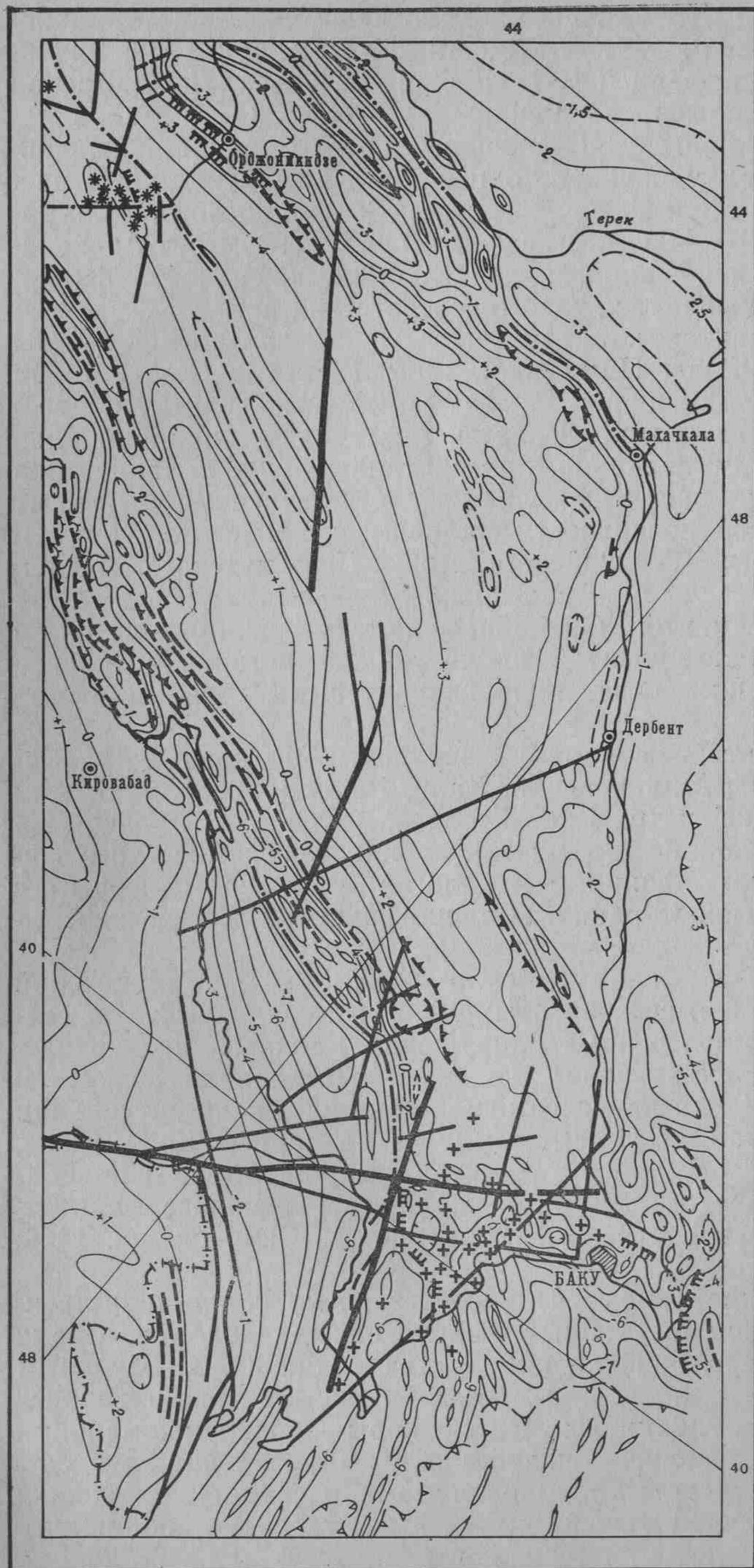
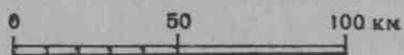
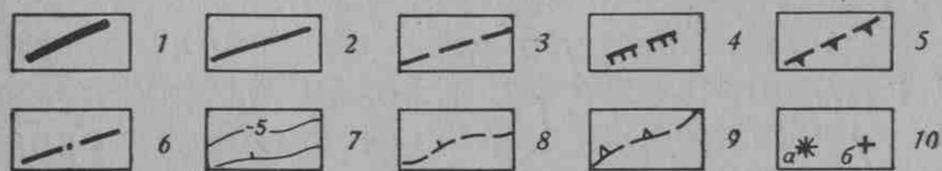


Рис. 2. Сопоставление
отдешифрованных ли-
неаментов с картой нео-
тектонических (верхний
сармат — голоцен) де-
формаций в изобатах
(Милановский, 1968)

1, 2 — отдешифрован-
ные линеаменты: 1 —
крупнейшие, 2 — прочие;
3 — крупные разломы и
флексуры, установленные
на поверхности; 4 — кру-
тые разломы и флексуры
с установленным направ-
лением смещения, выра-
женные на поверхности;
5 — надвиги и тектониче-
ские покровы, установ-
ленные на поверхности;
6 — предполагаемые раз-
ломы в фундаменте под
новейшими отложениями;
7 — изолинии суммарной
вертикальной составляю-
щей новейших движен-
ий, проведенные через 1 км,
местами через 2 км; 8 —
изолинии дополнитель-
ные; 9 — бровка шельфа;
10 — четвертичные вулка-
ны (а) и грязевые вул-
каны (б)



ной коры. Один из них — поверхность доюрского кристаллического фундамента (Цимельзон, 1965; Али-Заде, Цимельзон, 1966; Милановский, 1968; Геология СССР, т. IX, 1968; Али-Заде и др., 1968; Ризниченко и др., 1974). В пределах Юго-Восточного Кавказа, где доюрская поверхность находится обычно на глубинах 8—20 км (рис. 3), наблюдается более или менее четко выраженное соответствие направления изолиний и зон резкого изменения глубин поверхности фундамента расположению Сальян-Ленгибизского, Исмаиллы-Сыгырлинского, Самур-Геокчайского, Ахсуйского, Предталышских и отчасти Сумгаит-Араксинского линеаментов. Северо-западнее, где глубина поверхности фундамента, как правило, меньше 8 км, такого соответствия нет.

На различных вариантах карт поверхности «базальтового» слоя (Цимельзон, 1965; Али-Заде, Цимельзон, 1966; Геология СССР, т. IX, 1968, и др.) примерно одинаково показаны основные формы, образованные этой поверхностью, хотя эти карты и не вполне совпадают одна с другой по абсолютным величинам рассчитанных глубин залегания «базальтового» слоя. На рис. 4 намечается соответствие структурному рисунку рассматриваемой поверхности Сальян-Ленгибизского, Исмаиллы-Сыгырлинского, Самур-Геокчайского, Аргун-Держмутского, Агдаш-Дербентского, отчасти Сумгаит-Араксинского, Советабад-Яшминского и Предталышских линеаментов. Они обрамляют (частично) прогибы и поднятия этой поверхности, следуют вдоль зон возрастания градиента изменения ее глубин или соответствуют характерным изгибам изолиний.

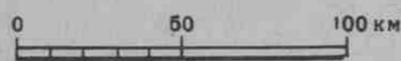
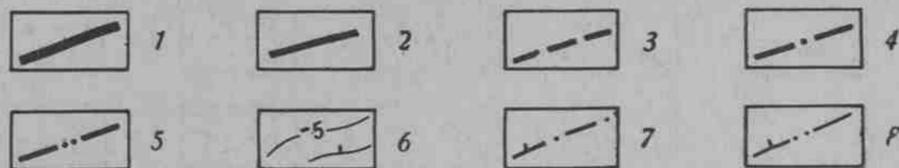
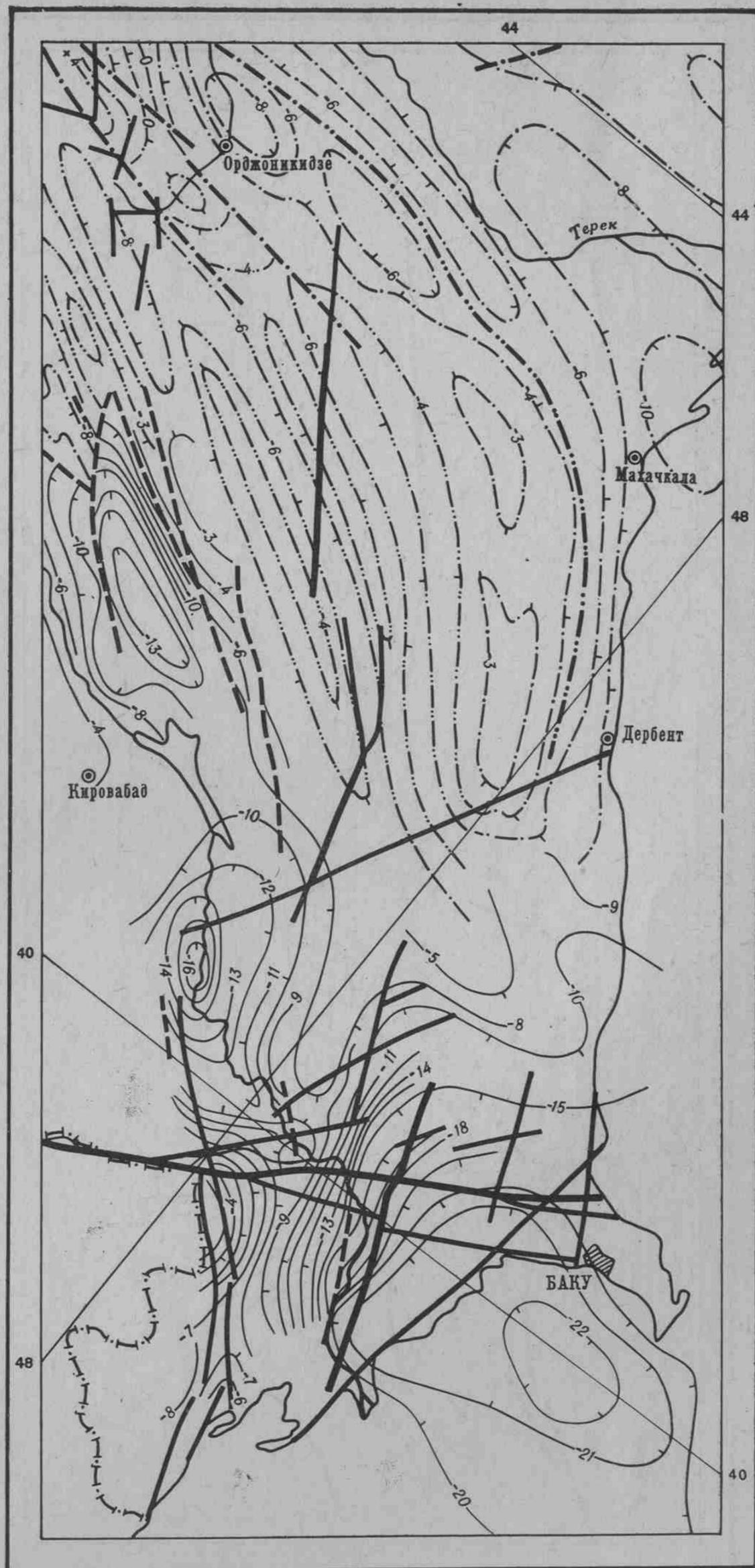
Наконец, мелкомасштабные карты поверхности Мохоровичича (Бавадзе, Шенгелая, 1961; Милановский, Хаин, 1963; Борисов, 1967; Цимельзон, 1965; Беляевский и др., 1967; Геология СССР, т. IX, 1968; Милановский, 1968) в сочетании с профилями глубинного сейсмического зондирования обрисовывают обширные и пологие структурные формы в общем «кавказского» простирания. Отдешифрированные на космических снимках линеаменты с ними не коррелируются.

М. Г. Агабеков и Ф. С. Ахмедбейли (1958), Е. Е. Милановский (1968), И. В. Кириллова и ее соавторы (1960) отмечали высокую сейсмическую активность «поперечных» нарушений Кавказа. Неоднократно подчеркивалась экранирующая для сейсмических волн роль Гирдыманчайского разлома, отвечающего одноименному линеаменту (Хаин и др., 1966). Г. П. Тамразян (1960), ссылаясь на данные Е. И. Бюса, писал о полосе эпицентров землетрясений на северо-восточном продолжении Сумгаит-Араксинского линеамента. Выделена полоса эпицентров и вдоль Сальян-Лингибизского линеамента (Хаин и др., 1966; Борисов, 1967).

На рис. 5 размещение линеаментов сопоставлено с пространственным расположением зон глубинных сейсмогенных разломов. Схема плотности глубинных сейсмодислокаций, составленная Ю. К. Щукиным (1973) по макросейсмическим данным, дает представление о важных структурных элементах глубинных частей коры — зонах аномальных затуханий сейсмических волн, отождествляемых в большинстве случаев с современными сейсмогенными разломами и свидетельствующих о различиях в поглощающих свойствах среды. Эта схема, по-видимому, характеризует структуру земной коры на глубинах 10—20 км, соответствующих глубинам кавказских землетрясений, хотя их вариации для различных участков Кавказа и Закавказья значительны. Из рис. 5 следует, что зоны глубинных сейсмодислокаций, как правило, не имеют «общекавказской» ориентировки и близки по простиранию и расположению к рассматриваемым линеаментам. В некоторых случаях линеаменты точно совпадают с осями таких зон, а чаще отстоят от них на расстояния до 10—35 км, т. е. на величину, соизмеримую с глубинами очагов землетрясений.

Рис. 3. Сопоставление
отдешифрованных ли-
неаментов со схемой глу-
бин залегания поверхно-
сти доюрского фунда-
мента

1, 2 — отдешифрирован-
ные линеаменты: 1 —
крупнейшие, 2 — прочие;
3—5 — разломы поверх-
ности доюрского фунда-
мента: 3 — по Ю. В. Риз-
ниченко, М. М. Раджа-
бову и др. (1974), 4 — по
Е. Е. Милановскому
(1968), 5 — по Е. Е. Ми-
лановскому (1968), пред-
полагаемые; 6—8 — изо-
линии глубин залегания
поверхности доюрского
фундамента в км: 6 — по
Ю. В. Ризниченко, М. М.
Раджабову и др. (1974),
7 — по Е. Е. Миланов-
скому (1968), 8 — по
Е. Е. Милановскому
(1968), предполагаемые



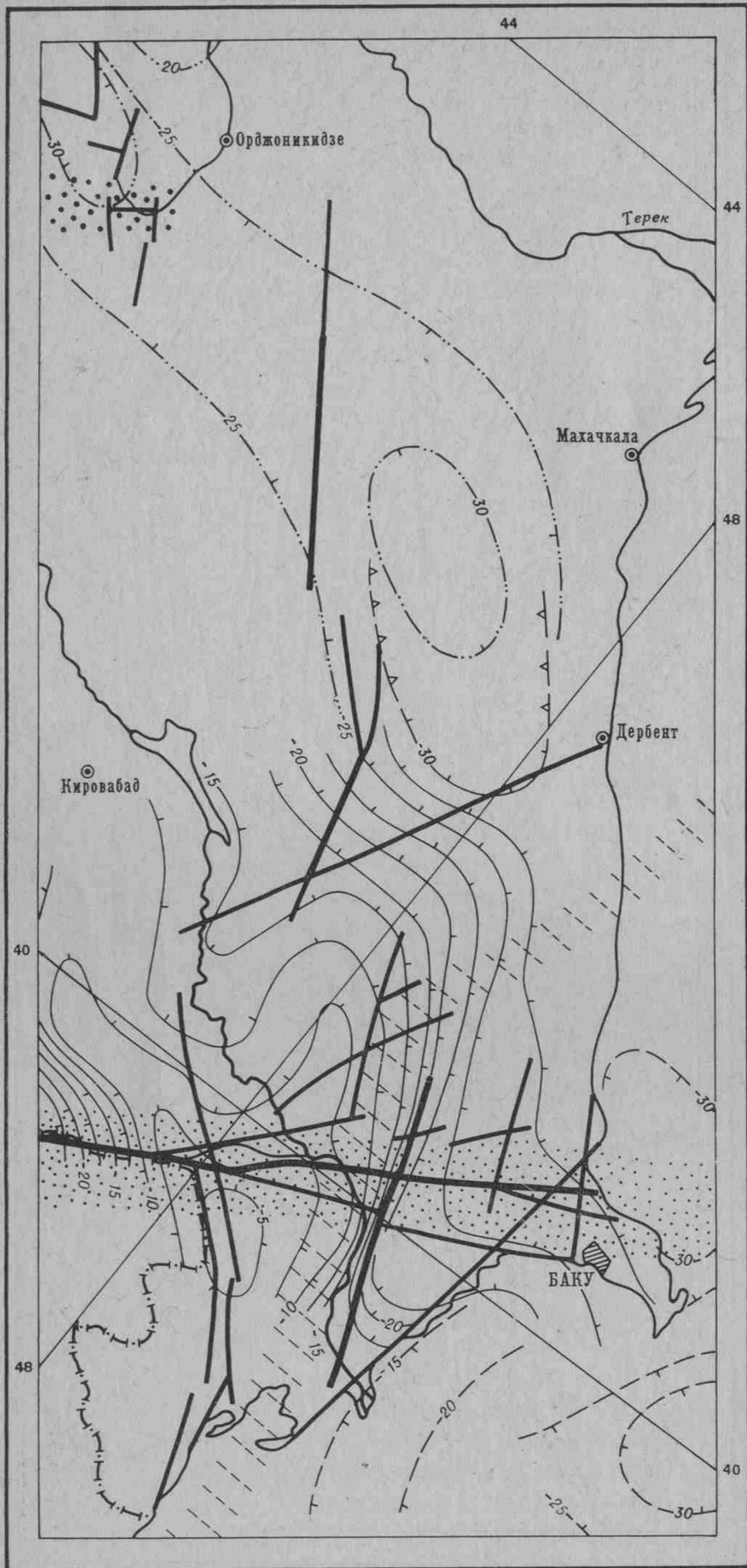
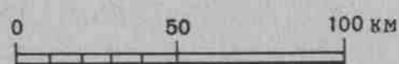
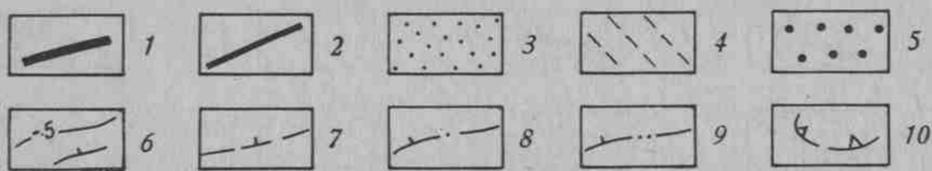


Рис. 4. Сопоставление отдешифрованных линеаментов со схемой глубин залегания поверхности «базальтового» слоя 1, 2 — отдешифрованные линеаменты: 1 — крупнейшие, 2 — прочие; 3—5 — зоны крупнейших глубинных разломов, выделенные по совокупности геофизических и геологических данных: 3 — Восточно - Кавказского (Тамразян, 1960), 4 — Западно-Каспийского (Хаин и др., 1966), 5 — Казбек-Цхинвальского (Милановский, 1968); 6—9 — изолинии глубин залегания поверхности «базальтового» слоя в км: 6 — по И. О. Цимельзону (1965), 7 — по книге «Геофизическое изучение...» (1963), 8 — по по книге «Геология СССР», т. IX (1968), 9 — по книге «Геология СССР», т. IX (1968), предполагаемые; 10 — контуры крупнейших впадин поверхности базальтового слоя (по И. О. Цимельзону, 1965).



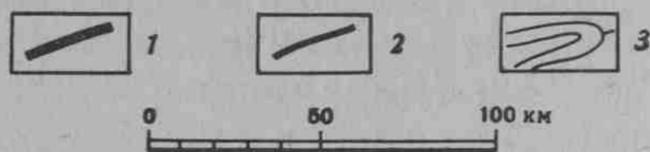
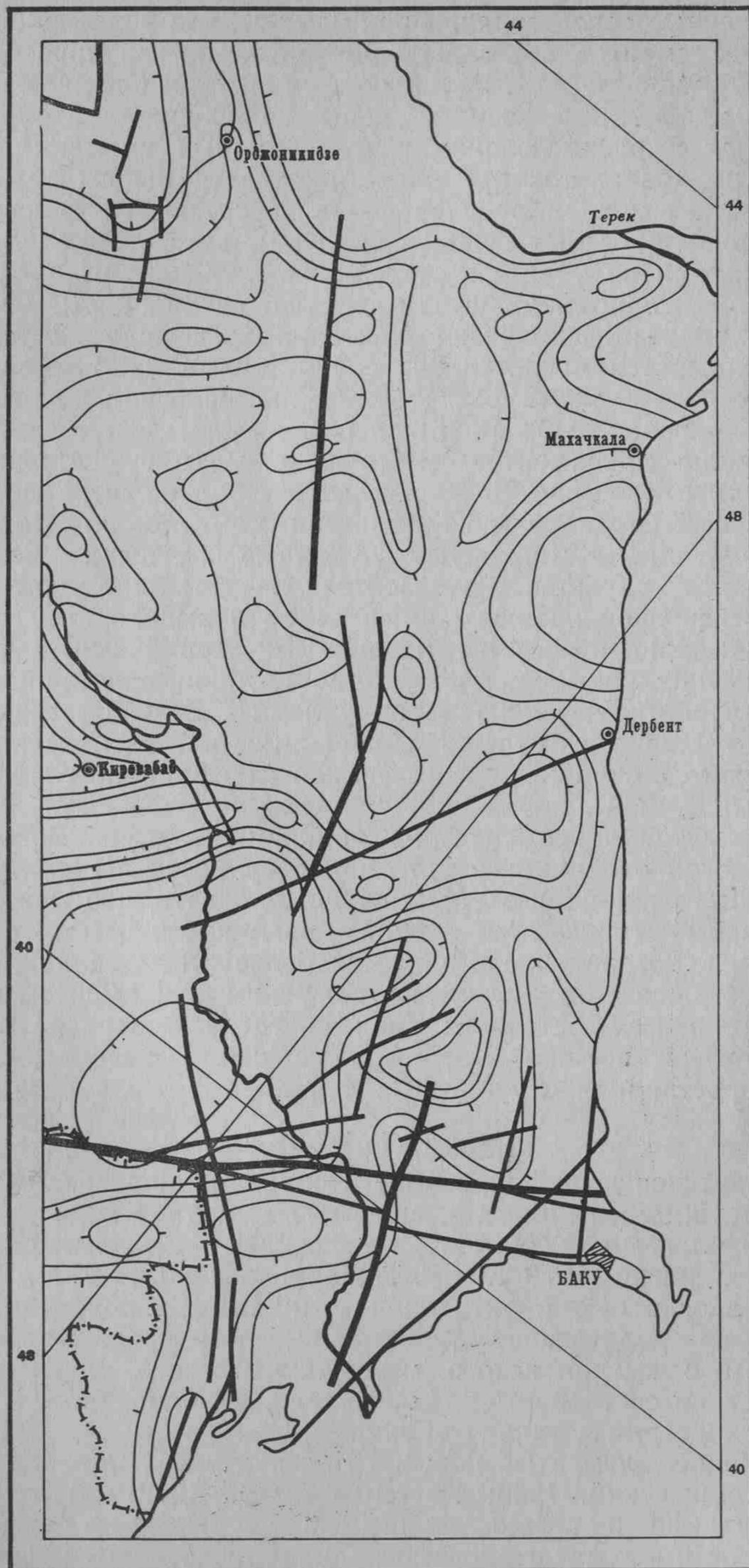


Рис. 5. Сопоставление отдешифрованных линеаментов со схемой глубинных сейсмодислокаций

1, 2 — отдешифрованные линеаменты: 1 — крупнейшие; 2 — прочие; 3 — изолинии плотности глубинных сейсмодислокаций в условных баллах (по Щукину, 1973)

Выполненные сопоставления показывают, что в расположении крупнейших линеаментов, отдешифрированных на космических снимках Восточного Кавказа, намечается более или менее полное соответствие латеральным разделам земной коры на глубинах около 10—30 км, выраженным в распределении гравитационных аномалий, структурах поверхности «базальтового» слоя и отчасти поверхности доюрского фундамента, а также в распределении сейсмической энергии. Показательно, что структура поверхности фундамента лучше коррелируется с линеаментами на участках достаточно глубокого его залегания, чем в местах общего подъема фундамента до глубин 8 км и меньше. Конечно, интерпретация геофизических данных в виде изолиний тех или иных поверхностей представляет собой весьма приближенное отображение глубинной структуры. Поэтому на основе выполненного сопоставления можно говорить лишь о принципиальном соответствии ее расположению линеаментов. В связи с этим существенно сходство простираний и пространственная близость большинства линеаментов и поверхностных проекций зон сейсмогенных разломов, которые нередко, по-видимому, точнее маркируют глубинные нарушения, нежели изолинии различных глубинных горизонтов. Отсутствие точного совпадения в плане отдешифрированных линеаментов и выделенных сейсмогенных разломов можно объяснить различными причинами, в том числе и возможным наклоном разломов, когда глубинные и приповерхностные их части проектируются не на одну линию. В целом же линеаменты Восточного Кавказа, отдешифрированные на космических снимках, представляются отражением на земной поверхности глубинных нарушений земной коры.

Подчеркнутая линеаментами глубинная структура Восточного Кавказа во многом отличается от его приповерхностной структуры, прежде всего структурным планом. Можно предполагать, что между деформациями разных горизонтов земной коры имеет место значительная дисгармония, которая представляется более существенной, чем дисгармония между осадочным чехлом и доюрским фундаментом на северном и южном склонах Восточного Кавказа, где, несмотря на наличие очевидных срывов по обе стороны поверхности раздела, сохраняются близкие простирания структурных форм.

ТЯНЬ-ШАНЬ

Геологическое дешифрирование Тянь-Шаня производилось на средне- и крупномасштабных черно-белых фотоснимках, полученных А. Г. Николаевым и В. И. Севастьяновым с космического корабля «Союз-9» в июне 1970 г., Г. Т. Добровольским, В. И. Пацаевым и В. Н. Волковым — с орбитальной станции «Салют» в июле 1971 г., а также на мелкомасштабном черно-белом телевизионном снимке, полученном с американского метеорологического спутника. Из этих материалов по состоянию облачного покрова наилучшие — телевизионный снимок и серия снимков с «Салюта».

Важнейшие элементы новейшей структуры Тянь-Шаня (Шульц, 1948; Петрушевский, 1955; Костенко и др., 1972) образуют крупные формы рельефа и хорошо видны на космических снимках, причем в зависимости от масштабов последних распознаются формы разных порядков. На телевизионном снимке Центральной Азии дешифрируется самый общий план неотектонической структуры. В пределах отчетливо обособленного Тянь-Шаня видны лишь субширотные системы поднятий мегантиклинорного типа и системы прогибов мегасинклинорного типа (Костенко и др., 1972). Зоны поднятий-мегантиклиналей и зоны впадин-мегасинклиналей, образующие эти системы, а тем более частные мегаскладки на таком изображении не видны или распознаются не на всем своем протяжении.

Сопоставление неотектонической структуры с имеющимися сейсмологическими и геофизическими данными о строении земной коры, проведенное в 1969 г. В. И. Макаровым для Северного и Центрального Тянь-Шаня, показало, что системам поднятий и системам межгорных предгорных прогибов соответствуют деформации подошвы земной коры. Зоны же поднятий и зоны впадин отражены в структуре поверхности «базальтового» слоя и, как и менее крупные структурные подразделения, не уходят ниже его верхней части. Аналогичные данные имеются для Западного Тянь-Шаня.

Таким образом, мелкомасштабные космические снимки областей новейшего горообразования, подобные рассмотренному, ценны тем, что на них отражены главным образом глубинные структуры земной коры, охватывающие всю ее мощность или имеющие отражение в области раздела «гранитного» и «базальтового» слоев и в верхах последнего, в связи с чем встает вопрос о возможности объективного выделения с помощью космических снимков границ глубинных структур, и в частности глубинных разломов. Рассмотрим с этой точки зрения несколько протяженных линеаментов, выделенных на упомянутом телевизионном снимке Центральной Азии. По отношению к простиранию Тянь-Шаня среди линеаментов различаются согласные и секущие. Первые соответствуют отчетливо проявленным в приповерхностной геологической структуре и рельефе тектоническим, главным образом новейшим направлениям. Это прежде всего так называемые краевые разломы. В большинстве своем они достаточно обстоятельно изучены. Значительно больший интерес вызывают секущие линеаменты. Не останавливаясь сколько-нибудь подробно на зоне известного Таласо-Ферганского глубинного разлома, ярко выраженного в рельефе и отчетливо проявленного на снимках всех масштабов, обратим внимание на три других столь же протяженных линеамента, которые в приповерхностной структуре далеко не очевидны.

Нарынский линеамент прослеживается в север-северо-западном направлении от северного края Таримского массива через район г. Нарына до Чу-Илийских гор (рис. 6). Наиболее отчетливо он выражен в Центральном Тянь-Шане, где служит западным ограничением серии широтных новейших поднятий: Нарынтауского, Джетымтау-Нуратауского, Капкатасского, Караджоргинского и Терскейского, которые западнее линеамента продолжаются кулисно с ними сопряженными и менее поднятыми мегантиклиналями. На имеющихся картах приповерхностной геологической структуры Нарынский линеамент в целом не является сколько-нибудь обособленным. Можно отметить лишь его частичную пространственную близость к границе между Бурханской раннекаледонской и Центрально-Киргизской позднекаледонской складчатых зонами (Геология СССР, т. XXV, 1972), а также Сонкульской зоне нарушений, выделенной по данным неотектоники (Костенко и др., 1972). На основе анализа структуры магнитного поля вдоль Нарынского линеамента в пределах Молдотау-Терскейской системы новейших поднятий прослежены тектонические швы северо-западного простирания, не имеющие непосредственного выражения в приповерхностной структуре (Корнев, 1970). Учитывая выводы В. И. Кнауфа, А. Н. Лобанченко и Г. Г. Маринченко (1970) о закономерности совпадений аномалий магнитного и гравитационного полей Тянь-Шаня, их связи с внутренним строением земной коры, в том числе с поведением поверхностей Конрада и Мохоровичича, можно предполагать, что Нарынский линеамент отражает на земной поверхности зону глубинных деформаций земной коры (см. рис. 6 — вкл. к стр. 49).

Аксуйский (или Восточно-Иссыккульский) линеамент дешифрируется в виде достаточно резкой линии, параллельной Ферганскому разлому, от северных окраин Таримского массива до antecedентного участка

долины р. Или, который пересекает юго-западные отроги Джунгарского Алатау (рис. 6). Линеамент не обособлен сколько-нибудь отчетливо в структуре выходящих на поверхность домезозойских пород. Можно отметить лишь приуроченность к нему флексуорообразного в плане изгиба Восточно-Терской эпикаледонского прогиба со смещением западной его части к югу, причем в зоне линеамента здесь развиты субмеридиональные разрывы (Геология СССР, т. XXV, 1972). Более отчетлива связь линеамента с элементами новейшей структуры. С ним совпадают ограничения новейших поднятий (Майдантаг и сложно дифференцированная ступень Кэлпинских кряжей) или тектонические понижения (антецедентное ущелье г. Сарыджас-Аксу).

Показательно совпадение Аксуйского линеамента с линейной зоной повышенной сейсмической активности, выделенной в 1966—1968 гг. по наблюдениям со станции «Земля» (рис. 6, Альтер и др., 1973). Указанной зоне, вероятно, принадлежат и эпицентры сильных землетрясений 1889 г. (К-17) и 1970 г. (К-15) (Горбунова и др., 1973). Обследование Сарыкамышского землетрясения 1970 г. ($I_0 \geq 8$ баллов) показало, что эпицентральная его зона вытянута вдоль разлома северо-западного простирания, устанавливаемого по геолого-геоморфологическим и геофизическим данным в восточной части Иссык-Кульской впадины. Разлом является правым сдвигом, причем его юго-западное крыло взброшено относительно северо-восточного. Предполагается также, что землетрясение связано с развитием сейсмогенного разрыва в северо-западном направлении (Кнауф и др., 1971). Приведенные данные свидетельствуют о современной подвижности отдельных участков линеамента и возможной миграции этой подвижности в пространстве и во времени.

Третий (Западно-Тянь-Шанский) линеамент — как бы западное ограничение Тянь-Шаня. Он прослеживается из района г. Джамбула через Ташкент к г. Шахрисябзу и г. Гузару (рис. 7). Южнее Кашкадарьинской впадины эта линия приобретает субмеридиональное простирание, а Юго-Западный Гиссар на телевизионном снимке имеет не совсем привычный рисунок, основу которого составляют два субмеридиональных блока. Восточный из них (Байсунский) характеризуется большими высотами (3000 м) и на снимке выделяется белым заснеженным массивом. Западный (Кугитангский) блок представляет более низкую ступень. Он смещен к югу относительно Байсунского блока и отделен от него субмеридиональной линией, которую условно назовем Ширабадским линеаментом. С западной стороны Кугитангская ступень также имеет отчетливо обозначенное на снимке субмеридиональное ограничение. Оно проходит примерно в районе селений Дыхканабад и Карлюк, и расположенная западнее более низкая ступень Юго-Западного Гиссара на снимке сливается с Каршинской степью. Таким образом, здесь проявлено очевидное несоответствие структурного рисунка Юго-Западного Гиссара, полученного с помощью мелкомасштабного телевизионного снимка, и приповерхностной геологической структуры, которая изображена на геологических картах, дешифрируется на более крупномасштабных снимках с «Союза-9» и в которой меридиональные простирания развиты очень слабо, подчиняясь более активному северо-восточному направлению. Близкое к меридиональному направление структурных форм начинает проявляться достаточно определенно лишь в самой южной части Юго-Западного Гиссара (антиклиналь Кугитангтау и западнее). В северных предгорных грядях Банди-Туркестана Ширабадскому линеаменту противостоит, как бы продолжая его, широкий и весьма протяженный субмеридиональный участок долины р. Банди-Баба, а расположенная западнее меридиональная гряда противостоит поднятию Кугитангтау.

Западно-Тянь-Шанский линеамент полностью соответствует Западно-Тянь-Шанскому глубинному разлому, зона которого впервые бы-

ла намечена А. В. Пейве (1947) и впоследствии подробно и многосторонне охарактеризована в работах В. В. Попова и И. А. Резанова (1955), О. М. Борисова (1962), Д. П. Резвого (1962), Б. Б. Таль-Вирского (1964, 1972; Таль-Вирский и др., 1971), А. А. Юрьева (1967), Р. И. Пав-

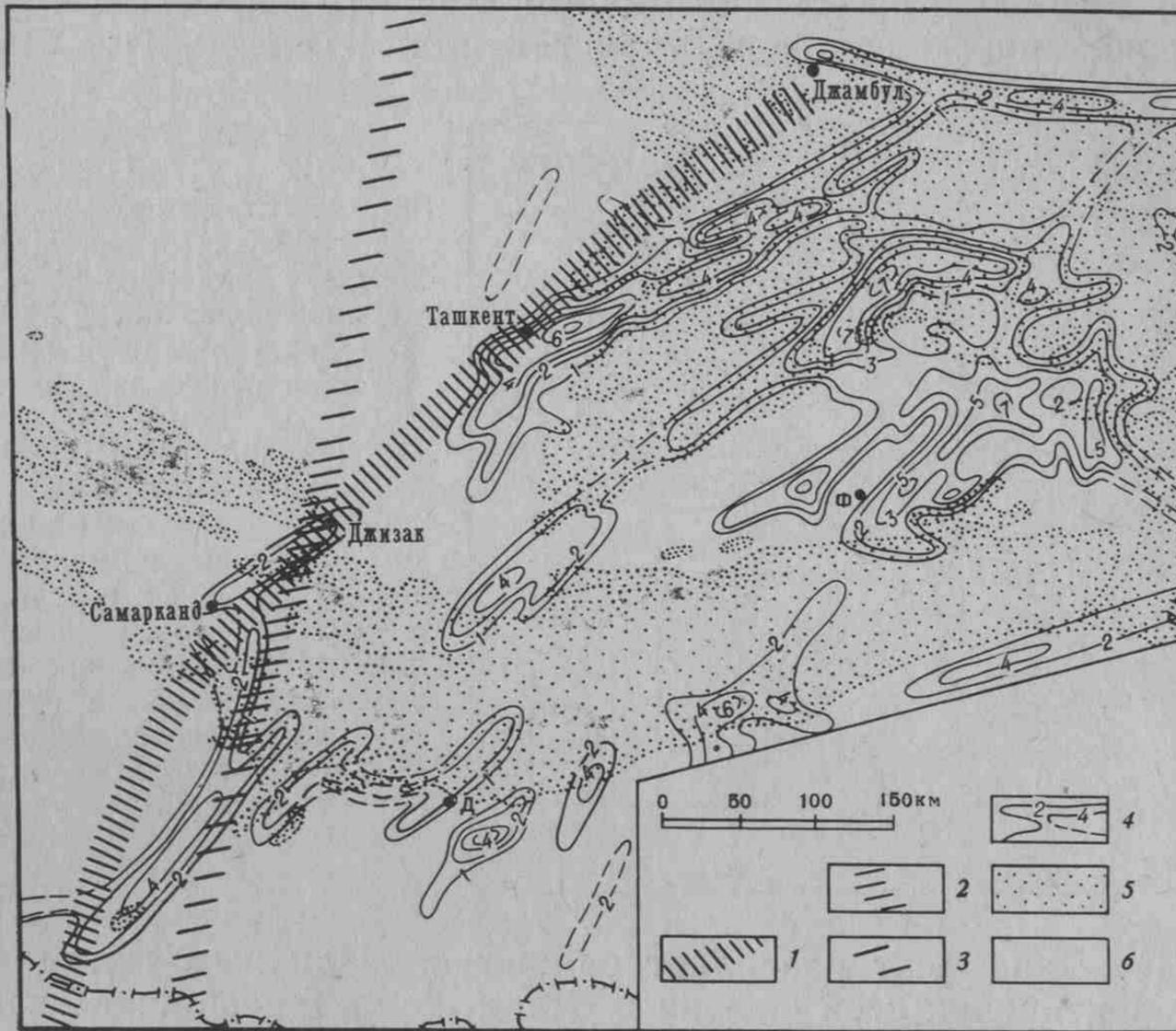


Рис. 7. Сопоставление линеаментов, выделенных на космических снимках Западного Тянь-Шаня, с плотностью глубинных сейсмогенных дислокаций

1 — Западно-Тянь-Шанский линеамент; 2 — Джизакский линеамент; 3 — продолжение Джизакского линеамента, предполагаемое по геолого-геоморфологическим данным; 4 — изолинии плотности глубинных сейсмодислокаций (по Шукину, 1973); 5 — выходы палеозойского основания; 6 — области распространения мезозойско-кайнозойского покрова

лова (1972) и др. Этот линеамент — граница между высокой и низкой степенями рельефа, которые отвечают соответственно области интенсивного новейшего горообразования (Тянь-Шань) и платформенной области с проявлениями умеренного и слабого горообразования (Туранская плита).

Наиболее детальная геофизическая характеристика линеамента дана Б. Б. Таль-Вирским (1972). В его интерпретации эта важнейшая тектоническая линия названа Северным краевым разломом Тянь-Шаня. В гравитационном поле линеамент совпадает с полосой высоких градиентов убывания аномалий силы тяжести в южном и восточном направлениях, причем полоса высоких градиентов почти перпендикулярно сечет западные отроги Туркестанского и Зеравшанского хребтов (рис. 8). Предполагается, что такая резкая и протяженная гравитационная ступень связана с неоднородностями нижних частей земной коры и верхов мантии и располагается на границе крупных блоков литосферы. В магнитном поле линеамент разделяет существенно различные по морфологии зоны аномального магнитного поля; оси магнитных аномалий простираются диагонально или поперек относительно простирания терцинских структур, что подчеркивает дискордантность структурных пла-

нов. Линеамент разделяет области с существенно различными мощностями земной коры (в горной части — 50 км, в платформенной — 40 км), причем характерно несоответствие рельефа поверхности Мохоровичича и поверхности фундамента (Таль-Вирский, 1972).

Линеамент находится на границе зон с различной сейсмической активностью, отделяя высокосейсмичные районы Тянь-Шаня от сравнительно асейсмичных районов Туранской плиты (рис. 9, Таль-Вирский и

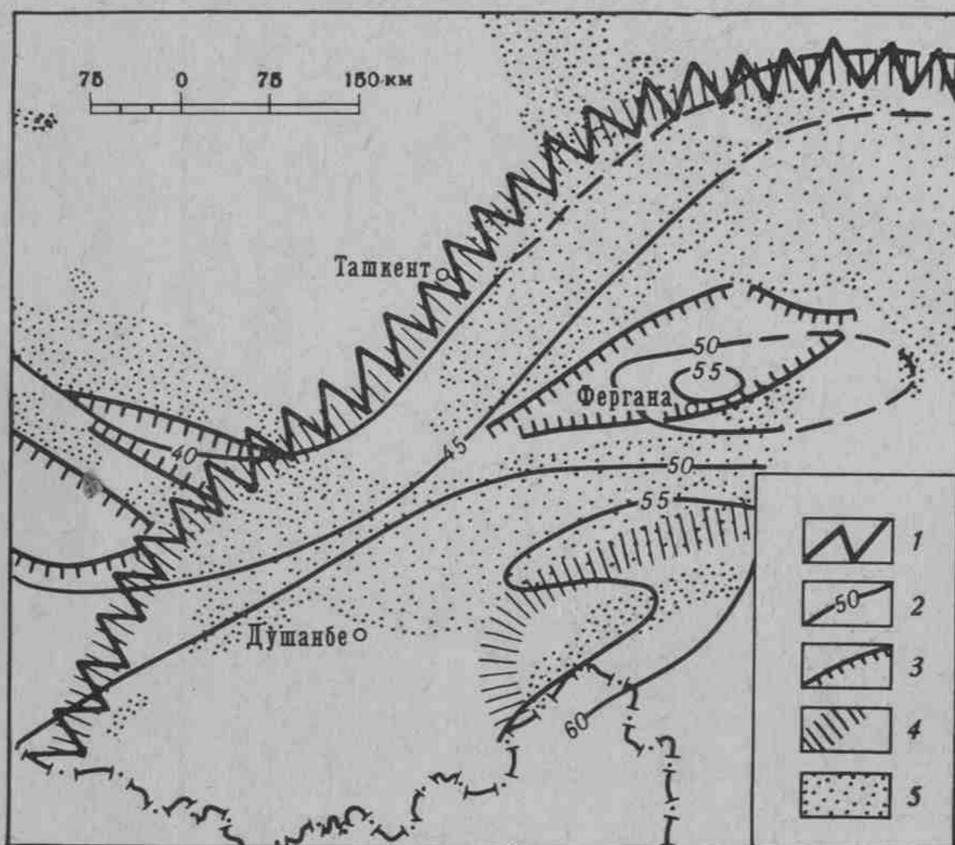
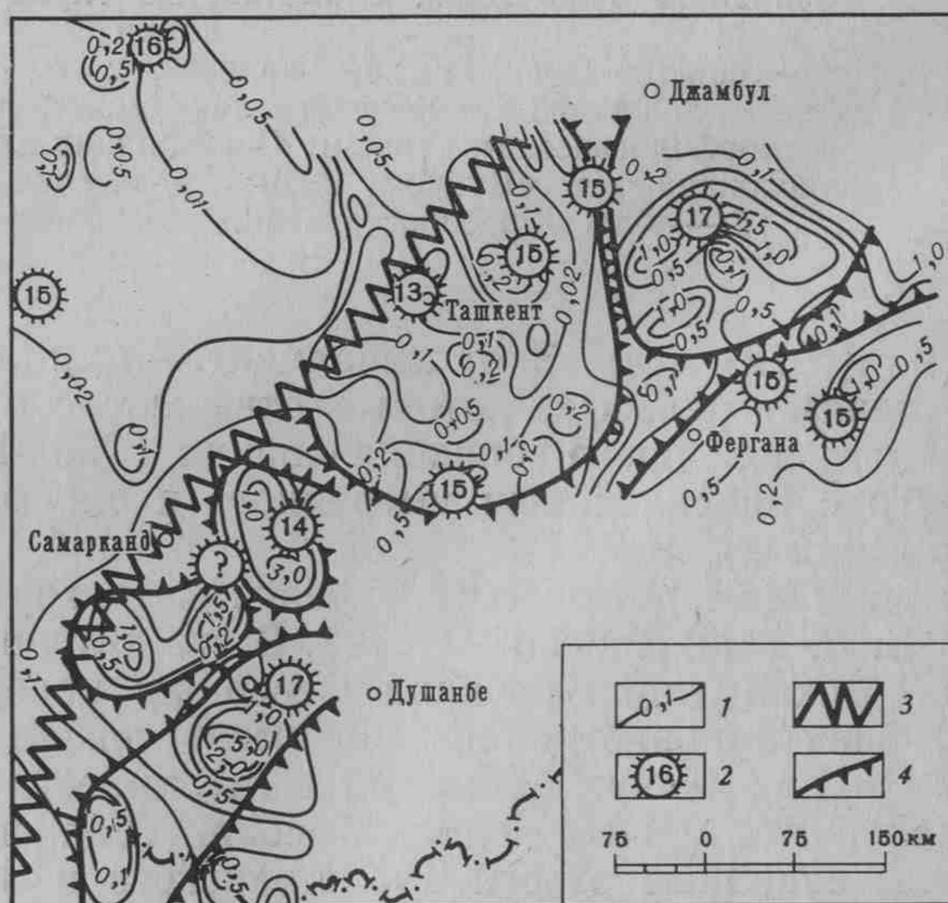


Рис. 8. Сопоставление линеаментов, выделенных на космических снимках Западного Тянь-Шаня, с глубиной поверхности Мохоровичича и некоторыми элементами гравитационного поля (по Таль-Вирскому, 1964)

1 — Западно-Тянь-Шанский линеамент; 2 — изоглубины поверхности М; 3 — зоны высоких градиентов убывания аномалий силы тяжести, связанных с рельефом фундамента; 4 — зона высоких градиентов убывания аномалий силы тяжести, связанных со строением глубинных слоев земной коры и верхней мантии; 5 — выходы палеозойского фундамента

др., 1971). Линеамент разделяет районы с различным типом дислокаций и ориентировок осей сжатия в очагах землетрясений: в очагах орогенической части характерны сдвиговые подвижки, а в платформенной — сбросо-взбросовые (Захарова, Матасова, 1969). На отдельных

Рис. 9. Сопоставление Западно-Тянь-Шанского линеамента с сейсмической активностью Узбекистана (по Таль-Вирскому и др., 1971) 1 — изолинии сейсмической активности А-А₁₀; 2 — эпицентры максимальных наблюдаемых землетрясений с указанием их энергетического класса; 3 — Западно-Тянь-Шанский линеамент; 4 — границы геолого-сейсмических зон



участках линеамент совпадает с зоной высокой плотности глубинных сейсмогенных дислокаций, которая несколько смещена на восток относительно линеамента (рис. 7, Щукин, 1973).

Охарактеризованные выше линеаменты не были опознаны на космических снимках с более высокой разрешающей способностью, полученных с пилотируемых космических кораблей. Очевидно, возрастание

разрешающей способности и ограничение обзорности уменьшило ранг и глубину заложения структурных форм, которые оказываются в «фокусе». На таких снимках распознаются зоны поднятий и зоны впадин, образующие их складки основания, некоторые крупные складки чехла, сравнительно небольшие разрывы. Из этих структурных форм обращает на себя внимание субмеридиональный линеамент, несколько расплывчатые контуры которого прослеживаются из района Джизакского оазиса на западное окончание Туркестанской мегантиклинали. Линеамент разделяет Самаркандскую и Пенджикентскую впадины, пересекает Зеравшанское поднятие примерно по линии сел. Ургут — сел. Миряки и резко ограничивает с востока Кашкадарьинскую впадину (Макаров, 1973). Пространственно он продолжает на север отмеченный выше Ширабадский линеамент, выделенный на мелкомасштабном телевизионном снимке Юго-Западного Гиссара.

Продолжением рассматриваемого линеамента в другую сторону является, по-видимому, 200-километровый меридиональный отрезок долины р. Сырдарьи, называемый Шардаринской степью. Она представляет собой пологую синклиналию структуру, разделяющую поднятия Приташкентских чулей и Каратау. Туранская плита на данном участке испытала в мезозое и кайнозое значительное опускание (Арысский прогиб). По данным И. С. Вольвовского и др. (1966), подошва палеогена здесь снижается до отметок — 800—1000 м, обнажаясь в смежных поднятиях на высотах 200—500 м. В южном направлении разница абсолютных отметок этой поверхности убывает до 500 м, характеризуя западный склон субмеридионального поднятия Джамсугун, который, вероятно, и представляет на этом участке рассматриваемый линеамент. Сходная картина рисуется в изменении мощностей меловых отложений, которые здесь увеличиваются до 1600 м. Соответственно поверхность палеозойского фундамента погружается до —2 км и глубже. Интересно, что при сопоставлении со структурной картой рельефа поверхности палеозойского фундамента (Вольвовский и др., 1966, см. рис. 91) Шардаринская зона субмеридиональных опусканий представляется границей, разделяющей участки с различной структурой этой поверхности. Значительно более интенсивные и дробные деформации поверхности фундамента к востоку от Шардаринской зоны свидетельствуют о том, что этот участок Туранской плиты, непосредственно примыкающий к Тянь-Шаню, подвергся существенной переработке в отличие от районов, расположенных западнее Шардаринской зоны. Наконец, параллельно рассматриваемой зоне проходит разлом, который намечен восточнее в фундаменте плиты, разделяет, как предполагается, каледонские и герцинские образования и продолжает развиваться в платформенный этап (Вольвовский и др., 1966, см. рис. 94). Возможно, и Шардаринская зона соответствует каким-то неоднородностям палеозойского основания, на которые следует обратить внимание при интерпретации геофизических данных.

Взаимоотношения Западно-Тянь-Шанского линеамента северо-восточного простирания и Джизакского субмеридионального линеамента не совсем ясны. Выделение их на снимках с существенно различной разрешающей способностью может свидетельствовать о том, что эти линеаменты — отражение на земной поверхности образований разного масштаба и разной глубины заложения. В данном случае в палеозойском основании и мезозойско-кайнозойском чехле мы видим предпочтительное развитие субмеридионального тектонического нарушения, а на более глубоком структурном уровне значительно активнее проявлено нарушение северо-восточного простирания. В районе же Юго-Западного Гиссара, наоборот, северо-восточное простирание преобладает в верхних горизонтах земной коры, а меридиональное становится характерным для более глубоких горизонтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ранее отмечалась возможность исследования с помощью космических снимков погребенной структуры платформенных областей (данные П. В. Флоренского в ст. В. Г. Трифонова и др., 1973). Авторы использовали тот же прием для изучения областей молодого орогенеза. Оказалось, что новейшие мегаструктуры и линеаменты, выраженные в ландшафте и потому дешифрируемые на космических снимках Восточного Кавказа и Тянь-Шаня, отражают глубинное строение этих территорий. Мегаструктуры коррелируются с рельефом тех или иных глубинных горизонтов коры. Линеаменты определяются как глубинные разломы, во-первых, по их геологическим признакам в приповерхностной структуре и, во-вторых, благодаря их совпадению с зонами латеральных разделов и линейных деформаций глубинных горизонтов коры, выявленными геофизическими методами.

Есть основания предполагать, что с увеличением обзорности и уменьшением разрешающей способности снимков, т. е. при генерализации космических изображений, на них проявляется структура все более глубинных горизонтов. Так, на Восточном Кавказе линии, дешифрируемые на снимках с пилотируемых космических кораблей коррелируются со структурой поверхности «базальтового» слоя и отчасти поверхности доюрского фундамента, тогда как результаты дешифрирования телевизионных снимков (более низкая разрешающая способность) коррелируются со структурой поверхности Мохоровичича. Подобные соотношения отмечались выше для Юго-Западного Тянь-Шаня и западного ограничения Афгано-Таджикской депрессии. По существу дешифрирование разномасштабных космических снимков дает тот же эффект, которым широко пользуются геофизики для выделения в наблюдаемых геофизических полях региональных, локальных и других частных аномалий. Таким образом, дешифрирование космических снимков, как и структурно-морфологический анализ рельефа, открывает новые возможности изучения глубинного строения, которые могут дополнять геофизические методы исследования и, в частности, способствовать более рациональному планированию геофизических работ и уточнению расположения глубинных сейсмоактивных нарушений.

Дешифрирование космических изображений с разной разрешающей способностью выявляет значительные различия в структурном плане приповерхностных и глубинных горизонтов коры, что позволяет ставить вопрос о ее дисгармоничном строении. Так, на Восточном Кавказе в верхних горизонтах коры преобладает структурная зональность «общекавказского» простирания, а ниже, примерно на уровне поверхности «базальтового» слоя, большое, если не решающее значение, приобретают секущие нарушения. Еще ниже, на уровне поверхности Мохоровичича, предположительно вырисовывается система сравнительно пологих впадин и поднятий вновь «общекавказского» простирания. Сходная этажность строения земной коры намечается и на Тянь-Шане. В ее верхних слоях здесь преобладают сравнительно мелкие складчатые формы «тяньшанского» простирания. Ниже они укрупняются и вместе с тем возрастает роль «диагональных» по отношению к Тянь-Шаню разломов. Складывается, однако, впечатление, что раздел между этими «этажами» на Тянь-Шане находится гипсометрически и структурно ниже структуры верхнего «этажа», вероятно, достигают поверхности «базальтового» слоя, а нижнего — поверхности Мохоровичича. Возможно, указанное отличие связано с разным масштабом структурных форм, более мелких на Восточном Кавказе, и разным возрастом становления «гранитного» слоя.

Литература

- Агабеков М. Г., Ахмедбейли Ф. С. Основные задачи в области исследований неотектонических процессов на территории Азербайджана.— Изв. АН АзербССР. Сер. геол.-геогр. наук, 1958, № 4.
- Али-Заде А. А., Цимельзон И. О. Глубинное строение Азербайджана.— Геотектоника, 1966, № 3.
- Али-Заде А. А., Ахмедов Г. А., Ахмедов А. М., Куликов В. И., Раджабов М. М., Терешко Д. Л. Глубинное строение земной коры Азербайджана и прилегающих акваторий Среднего и Южного Каспия.— Изв. АН АзербССР. Сер. наук о Земле, 1968, № 5.
- Альтер С. М., Кунин Н. Я., Лысяков Л. М., Певзнер Л. А., Попов К. А., Шацлов В. И., Эренбург М. С. Результаты и дальнейшее направление комплексных геофизических исследований сейсмоопасного района Алма-Аты.— В сб.: Земная кора сейсмоопасных зон. М., «Наука», 1973.
- Балавадзе Б. К., Шенгелая Г. Ш. Основные черты структуры земной коры Большого Кавказа по гравиметрическим данным.— Докл. АН СССР, 1961, т. 136, № 6.
- Беляевский Н. А., Борисов А. А., Вольвовский И. С. Глубинное строение территории СССР.— Сов. геология, 1967, № 11.
- Береговой Г. Т., Бузников А. А., Васильев О. Б., Виноградов Б. В., Волков В. Н., Гонин Г. Б., Кондратьев К. Я., Лебедев О. Н., Николаев А. Г., Севастьянов В. И., Смоктий О. И., Стэцюра В. П., Хрунов Е. В. Исследования природной среды с пилотируемых орбитальных станций. Л., Гидрометеиздат, 1972.
- Борисов А. А. Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. М., «Недра», 1967.
- Борисов О. М. О поперечном глубинном разломе Тянь-Шаня.— Узб. геол. ж., 1962, № 2.
- Брод И. О. (ред.). Коллектив авторов. Геологическое строение восточной части северного склона Кавказа.— Тр. КЮГЭ, вып. 2. Л., Гостоптехиздат, 1960.
- Варданянц Л. А. Тектоническая карта Кавказа. Госгеолиздат, 1954.
- Вольвовский И. С., Гарецкий Р. Г., Шлезингер А. Е., Шрайбман В. И. Тектоника Туранской плиты. М., «Наука», 1966.
- Гаджиев Р. М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Баку. Азерб. гос. изд-во, 1965.
- Геология СССР, т. IX. Северный Кавказ, ч. 1. Геологическое описание. М., «Недра», 1968.
- Геология СССР, т. XXV. Киргизская ССР, кн. 2. М., «Недра», 1972.
- Геофизическое изучение геологического строения нефтегазоносных областей Азербайджана. Баку, «Азернешт», 1963.
- Горбунова И. В., Вырупаева Г. П., Дегтярева Л. А., Калмыкова Н. А. О сейсмическом режиме Северного Тянь-Шаня перед сильным Пржевальским землетрясением 5 июня 1970 г.— Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли, 1973, № 1.
- Горин В. А. Каспийская тектоническая впадина и грязевой вулканизм. Докл. АН АзербССР, 1951, т. VII, № 9.
- Захарова А. И., Матасова Л. М. Механизм очагов землетрясений Приташкентского района и сейсмический режим.— В сб.: Труды II Всес. симпозиума по сейсмическому режиму (3—7 июня 1968), ч. 1. Новосибирск, «Наука», 1969.
- Кашкай М. А., Тамразян Г. П. Поперечные (антикавказские) дислокации Крымско-Кавказского региона, их роль в магматизме и закономерностях размещения полезных ископаемых. М., «Недра», 1967.
- Кириллова И. В., Люстих Е. Н., Растворова В. А., Сорский А. А., Хаин В. Е. Анализ геотектонического развития и сейсмичности Кавказа. Изд-во АН СССР, 1960.
- Кнауф В. И., Лобанченко А. Н., Маринченко Г. Г. Опыт анализа взаимоотношений геофизических полей и региональных геологических структур Тянь-Шаня.— В сб.: Тектоника допалеозойских и палеозойских толщ Тянь-Шаня. Фрунзе, «Илим», 1970.
- Кнауф В. И., Королев В. Г., Трофимов А. К., Утиров Ч. У., Чедия О. К. Предварительные данные о Сарыкамышском землетрясении 5 июня 1970 г.— Изв. АН КиргССР, 1971, № 1.
- Корнев О. С. Отражение разрывных нарушений Тянь-Шаня аномальным магнитным полем.— В сб.: Тектоника допалеозойских и палеозойских толщ Тянь-Шаня. Фрунзе, «Илим», 1970.
- Костенко Н. П., Макаров В. И., Соловьева Л. И. Новейшая тектоника (Киргизской ССР).— Геология СССР, т. XXV, кн. 2. М., «Недра», 1972.
- Макаров В. И. Дешифрируемость тектонических структур областей молодого эпиплатформенного горообразования на космических снимках Земли (на примере Юго-Западного Тянь-Шаня).— Изв. ВУЗ. Геология и разведка, 1973, № 7.
- Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. «Недра», 1968.
- Милановский Е. Е., Хаин В. Е. Геологическое строение Кавказа. Изд-во МГУ, 1963.
- Павлов Р. И. О системе и геологических признаках региональных поперечных структур западной части Южного Тянь-Шаня.— Сов. геология, 1972, № 10.
- Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Кавказа. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1959.
- Пейве А. В. Асимметрия глубинных тектонических структур Урало-Тяньшанского оро-

гена и происхождение его виграций.— Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол., 1947, т. XXII, вып. 5.

Петрушевский Б. А. Урало-Сибирская эпигерцинская платформа и Тянь-Шань. Изд-во АН СССР, 1955.

Попов В. В., Резанов И. А. О неотектонике Тянь-Шаня в связи с его сейсмичностью.— В кн.: Вопросы геологии Азии, т. 2. Изд-во АН СССР, 1955.

Резвой Д. П. О Западно-Тяньшанском поперечном глубинном шве.— Вестн. Львов. гос. ун-та. Сер. геол., 1962, № 1.

Ризниченко Ю. В., Раджабов М. М., Куликов В. И., Баба-Заде О. Б. Состояние и первоочередные задачи изучения глубинного строения сейсмоопасных зон Азербайджана геофизическими методами.— В сб.: Геофизические поля и сейсмичность. М., «Наука», 1974.

Скарятин В. Д. Геологическая информация с орбиты.— Авиация и космонавтика, 1970, № 11.

Таль-Вирский Б. Б. Некоторые закономерности тектонического развития эпиплатформенной орогенической области Западного Тянь-Шаня (по результатам геофизических исследований).— В сб.: Активизированные зоны земной коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. М., «Наука», 1964.

Таль-Вирский Б. Б., Захарова А. И., Яковлева И. Б. О связи сейсмической активности территории Узбекистана с некоторыми элементами геологического строения и геофизических полей.— Узб. геол. ж., 1971, № 2.

Таль-Вирский Б. Б. Тектоника и геофизические поля нефтегазоносных областей центральной части Средней Азии. Автореф. докт. дис., М., 1972.

Тамразян Г. П. О наличии глубинного разрыва на Юго-Восточном Кавказе.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1960, № 8.

Трифонов В. Г., Бызова С. Л., Ведешин Л. А., Дервянко О. С., Иванова Т. П., Копп М. Л., Курдин Н. Н., Макаров В. И., Скобелев С. Ф., Флоренский П. В. Вопросы методики геологического дешифрирования космических изображений Земли.— В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. М., ВИНТИ, 1973.

Хаин В. Е. Геотектоническое развитие Юго-Восточного Кавказа. Баку, Азнефтеиздат, 1950.

Хаин В. Е., Григорьянц Б. В., Исаев Б. М. Западно-Каспийский разлом и некоторые закономерности проявления поперечных разломов в геосинклинальных складчатых областях.— Бюл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. геол., 1966, вып. 2.

Цимельзон И. О. Глубинное строение земной коры и тектоника Азербайджана по данным геофизических исследований.— Сов. геология, № 4, 1965.

Ширинов Н. Ш. Развитие морфоструктур Кура-Араксинской депрессии на неотектоническом этапе.— Геоморфология, 1973, № 1.

Шульц С. С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. ОГИЗ, 1948.

Щукин Ю. К. Глубинные сейсмогенные разломы земной коры.— В сб.: Сейсмогенные структуры и сейсмодислокации. ВНИИГеофизика, М., 1973.

Юрьев А. А. К неотектонике западного окончания Туркестано-Зеравшанской горной системы.— В сб.: Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М., «Наука», 1967.

Lowman P. D. Geologic orbital photography experience from the Gemini program.— Photogram., 1969, v. 24, No. 3—4.

Геологический институт АН СССР
Всесоюзный научно-исследовательский
институт геофизических методов
разведки

Статья поступила
31 мая 1973 г.