

УДК 551.24

ДИЗЬЮНКТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ В ВЕРХНЕЙ КОРЕ ТЯНЬ-ШАНЯ

В. С. Буртман

Представлено академиком РАН Ю.Г. Леоновым 25.07.2016 г.

Поступило 09.08.2016 г.

Проведён анализ роз-диаграмм направлений 439 разломов в варисской провинции Тянь-Шаня, 476 разломов в каледонской провинции Тянь-Шаня, 603 разлома, которые активны в Тянь-Шане в современную эпоху. Показано, что более половины разломов на территории каледонид Тянь-Шаня возникли в процессе позднепалеозойского орогенеза, который охватил всю территорию Тянь-Шаня. Приведённые данные позволяют сделать вывод о том, что при сейсмических событиях в Тянь-Шане во многих случаях не возникают новые дизъюнктивные дислокации, а происходят смещения по разломам, созданным в палеозое. Это необходимо учитывать при выборе мест для строительства.

Ключевые слова: верхняя кора, Тянь-Шань, палеозойские разломы, активные разломы.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524843316-319>

Дизъюнктивные дислокации образуются в верхней коре, которая обладает свойствами упруго-пластичного тела. На Тянь-Шане подошва верхней коры — сейсмическая граница Форша (F, K1) — находится на глубине 10–20 км [1]. Сейсмологические данные и результаты сейсмического зондирования показывают, что протяжённые разломы, изученные на земной поверхности, проникают в нижнюю кору, некоторые — и в верхнюю мантию. Нижняя кора и верхняя мантия имеют свойства вязко-пластичного тела. В такой среде разломы должны иметь иное выражение, чем в верхней коре [2]. Физические и геометрические параметры разломов, изученные на земной поверхности, можно экстраполировать лишь на верхнюю кору.

В деформируемом теле, подвергнутом ориентированному горизонтальному сжатию, могут возникнуть разломы первичной генерации в четырёх направлениях: сбросы, раздвиги, простирающиеся вдоль направления сжатия и взбросы, надвиги, перпендикулярные к этому направлению (прямая ортогональная система), и два сопряжённых диагональных сдвига также под углом $\sim 90^\circ$ друг к другу. В идеально однородном теле угол между разломами прямой и диагональной систем равен 45° . Тектонофизические эксперименты показали, что сопряжённые разломы, возникающие при такой деформации, часто имеют разную длину. Возможно также формирование скола только одного диагонального направления [3].

Изучение активных в настоящее время разломов и гипоцентров коровых землетрясений показало [4], что глубина активности разломов в земной коре близка к длине линий разломов на дневной поверхности.

Тянь-Шань — палеозойский покровно-складчатый пояс, который в позднем кайнозое подвергнут повторному орогенезу. Палеозойский Тянь-Шань состоит из варисской и каледонской провинций (рис. 1). Две розы-диаграммы направлений разломов

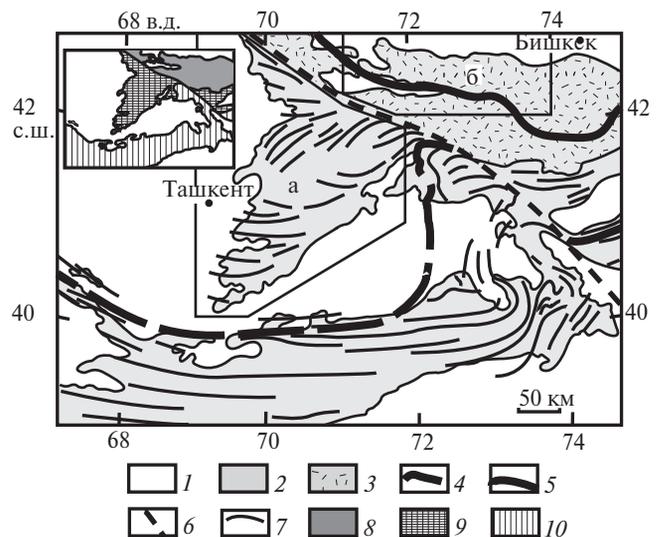


Рис. 1. Тектонические провинции Тянь-Шаня. 1 — кайнозой, мезозой, 2 — варисская провинция, 3 — каледонская провинция, 4, 5 — океанические сuture (4 — Туркестанского океана, 5 — Терской океана), 6 — Таласо-Ферганский позднепалеозойский сдвиг, 7 — оси позднепалеозойских складок в варисской провинции Тянь-Шаня, 8–10 — геолого-географические области (8 — Северный Тянь-Шань, 9 — Срединный Тянь-Шань, 10 — Южный Тянь-Шань).

Геологический институт
Российской Академии наук, Москва
E-mail: vburtman@gmail.com

на рис. 2а, б) характеризуют картину дизъюнктивных деформаций в этих провинциях.

В варисской провинции Тянь-Шаня деформации были связаны с закрытием в позднем карбоне Туркестанского океана, разделявшего в среднем палеозое Таримский и Казахстанский сиалические блоки. Сутура Туркестанского океана служит границей между Южно-Тяньшаньским и Срединно-Тяньшаньским регионами (рис. 1). История и стиль деформации этих регионов имеют значительные различия. Формирование дизъюнктивных дислокаций происходило в варисском Тянь-Шане в два этапа. На раннем этапе — в среднем палеозое и позднем карбоне в процессе субдукции океанической, а затем континентальной коры — на территории Южного Тянь-Шаня была сформирована многослойная система шарьяжей [10]. На позднем этапе — в пермское время — шарьяжи и автохтон Южного Тянь-Шаня и породы Срединного Тянь-Шаня были смяты в складки.

В Южном Тянь-Шане наволоки, которые разделяют тектонические пластины шарьяжей и отделяют аллохтонную массу от автохтона, имели в эпоху шарьярования пологое залегание. На позднем этапе шарьяжи и подстилающие их породы были смяты в синформные и антиформные складки, простирание осей которых близко к направлению сутуры Туркестанского океана. При смятии наволоки приобрели разный наклон вплоть до опрокинутого залегания. Наволоки не подчинены упомянутому выше соотношению между длиной линии разлома и глубиной его проникновения в земную кору. Многие разломы Южного Тянь-Шаня — деформированные наволоки, структуры неглубокого заложения, данные о которых нельзя экстраполировать глубоко в земную кору. При анализе дизъюнктивных дислокаций в такой покровно-складчатой зоне необходимо отделить разломы, которые возникли в процессе и после орогенеза, от наволоков. Это вносит субъективный фактор в статистический анализ дизъюнктивных дислокаций верхней коры, делая его результат малоинформативным.

На территории Срединного Тянь-Шаня нет шарьяжей раннего этапа варисской деформации. Роза-диаграмма на рис. 2а показывает простирания 439 разломов в Чаткальском районе Срединного Тянь-Шаня (рис. 1а), который охватывает территорию хребтов Кураминского, Чаткальского, Пскемского, Угамского, Каржантау и западную часть южного склона Таласского.

На этой розе-диаграмме видны две ортогональные системы сопряжённых разломов, каждая из ко-

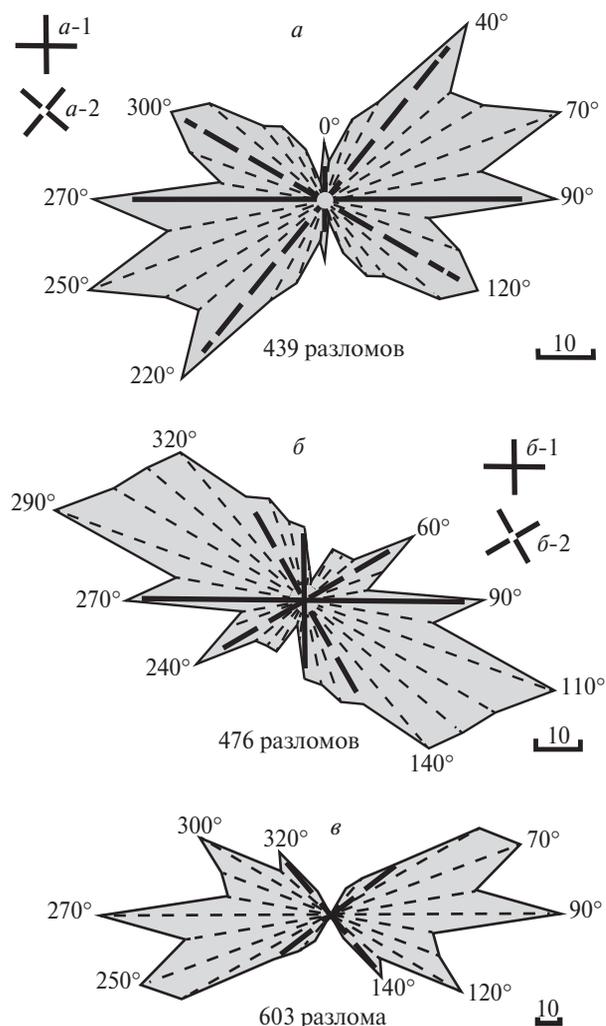


Рис. 2. Розы-диаграммы направлений разломов Тянь-Шаня, имеющих протяжённость > 6 км (полярные равновеликие проекции, интервал 10°). *а* — Чаткальский район варисской провинции (рис. 1а); при составлении диаграммы использована карта [5]. *б* — Западный район каледонской провинции (рис. 1б), использованы карты [6, 7]. *в* — разломы, активные в современную эпоху на территории Тянь-Шаня в пределах: 35°–45° с.ш., 65°–95° в.д., использованы карты [8, 9] с дополнениями.

торых состоит из двух лучей, направленных под углом ~90° друг к другу. Система *а-1* на рис. 2а включает лучи 0°/180° и 90°/270°, диагональная система *а-2* на рис. 2а включает лучи 40°/220° и 120°/300°. Наиболее вероятное направление сжимающего напряжения было меридиональным (в современных координатах) — перпендикулярным к простиранию Тяньшаньской позднепалеозойской складчатой системы. Роза-диаграмма *а* на рис. 2а имеет также луч 40°/220°. Дизъюнктивные дислокации такого простирания не сопряжены с рассмотренными выше позднепалеозойскими разломами первичной

генерации. Это могут быть разломы другого возраста.

Складки, сформированные на территории Чаткальского района во время позднепалеозойского орогенеза, имеют широкий спектр направлений (рис. 1), свидетельствующий о значительных локальных вариациях поля напряжений, существовавшего во время формирования складок. Роза-диаграмма направлений разломов в этом районе (рис. 2а) свидетельствует об устойчивом поле напряжений, формировании складок и большинства разломов в разных полях напряжений, т.е. в разное время. Этот вывод находится в соответствии с результатами полевых наблюдений [11], которые показали, что многие позднепалеозойские разломы, особенно сдвиги, возникли после смятия пород в складки.

В каледонской провинции Тянь-Шаня было четыре или более эпох орогенеза. В среднем ордовике был закрыт Терсейский океан, который в раннем палеозое разделял Иссыккульский (Северо-Тяньшаньский) и Сырдарьинский сиалические блоки [11, 12]. Коллизия этих сиалических блоков сопровождалась орогенными деформациями и формированием позднеордовикской молассы. Распространение в регионе молассы позднего девона свидетельствует об орогенных процессах и в это время. Затем территория каледонид вместе со всем Тянь-Шанем была охвачена орогенезом в пермское время и в позднем кайнозое.

Роза-диаграмма б на рис. 2б показывает простирания 476 разломов в Западном районе Северного Тянь-Шаня (рис. 1б), который находится на территории Киргизского, Таласского хребтов. Диаграмма имеет два чётких луча ($60^\circ/240^\circ$ и $90^\circ/270^\circ$) и широкую полосу ЮВ/СЗ-простираения. Разломы, сопряжённые с каждым из двух лучей (направленные под углом 90° к лучу), находятся в пределах поля диаграммы б на рис. 2б. В этой розе-диаграмме можно выделить две ортогональные системы сопряжённых разломов б-1, б-2 (рис. 2б). Они ориентированы под углом 30° одна к другой. Система разломов б-1 ориентирована идентично позднепалеозойской системе разломов а-1 на розе-диаграмме а на рис. 2а. Это свидетельство в пользу вывода о том, что разломы системы б-1 в каледонидах были сформированы в процессе позднепалеозойского орогенеза, который охватил территорию всего Тянь-Шаня. Диагональной системой разломов, сочетающейся с системой б-1, может быть система б-2.

Полоса разломов ЮВ/СЗ-простираения (110° – $140^\circ/290^\circ$ – 320°) на диаграмме б (рис. 2б) отражает

данные о 199 разломах. Её направление близко к направлению сутуры раннепалеозойского Терсейского океана в рассматриваемом районе. Это позволяет предположить связь разломов ЮВ/СЗ-простираения с коллизионным процессом, происходившим в каледонидах в среднем и позднем ордовике.

Роза-диаграмма в на рис. 2в показывает простирания 603 разломов всего Тянь-Шаня, которые активны в современную эпоху. У диаграммы четыре луча. Большинство лучей не имеют сопряжённых разломов, направленных к ним под углом $\sim 90^\circ$. При этом на розах-диаграммах палеозойских разломов находятся аналоги всех лучей розы-диаграммы в на рис. 2в, разломы с простиранием $90^\circ/270^\circ$, $120^\circ/300^\circ$ — на диаграммах рис. 2а, б, луч $140^\circ/320^\circ$ — на диаграмме рис. 2б, луч $70^\circ/250^\circ$ — на диаграмме рис. 2а.

Приведённые данные позволяют сделать вывод о том, что при сейсмических событиях в Тянь-Шане во многих случаях не возникают новые дизъюнктивные дислокации, а происходят смещения по разломам, созданным в палеозое. Это необходимо учитывать при выборе мест для строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров В.И., Алексеев Д.В., Баталев В.Ю. и др. // Геотектоника. 2010. № 2. С. 23.
2. Леонов Ю.Г. // Геотектоника. 1997. № 4. С. 24.
3. Шерман С.И. В кн.: Проблемы разломной тектоники. Новосибирск: Наука, 1981. С. 5.
4. Шерман С.И., Лобацкая Р.М. // ДАН. 1972. Т. 205. № 3. С. 578.
5. Клишевич В.Л., Бельговский Г.Л., Васильев Д.Г. и др. Геологическая карта СССР, лист К-42, 43. М.: Мингео, 1990.
6. Буртман В.С., Каткова Н.С., Кордун Б.М., Медведев В.Я. Геологическая карта СССР, лист К-43-XIV. М.: Госгеолиздат, 1961.
7. Киселев В.В., Королев В.Г. В кн.: Тектоника западных районов Северного Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1964. С. 61.
8. Трифонов В.Г. Карта активных разломов СССР и сопредельных территорий. М.; Иркутск: Изд-во АН СССР, 1986.
9. Трифонов В.Г., Соболева О.В., Трифонов Р.В., Восстриков Г.А. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского коллизионного пояса. М.: Геос, 2002. 224 с.
10. Burtman V.S. // Rus. J. Earth Sci. 2008. V. 10. № 1. P. 1.
11. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: тектоника и геодинамика в палеозое. М.: Геос, 2006. 215 с.
12. Дегтярев К.Е., Рязанцев А.В., Третьяков А.А. и др. // Геотектоника. 2014. № 6. С. 3.

DISJUNCTIVE DISLOCATIONS OF THE UPPER CRUST OF TIEN SHAN**V. S. Burtman**

Presented by Academician of the RAS Yu. G. Leonov July 25, 2016

Received August 9, 2016

This paper analyzes the rose diagrams of the directions of 439 faults of the Variscian province, 476 faults of the Caledonian province, and 603 presently active faults of Tien Shan. It is shown that more than half of the faults of the Caledonian province of Tien Shan are a result of Late Paleozoic orogenesis, which spanned its entire territory. Our data indicate that seismic events of Tien Shan have resulted in no formation of new disjunctive dislocation in many cases exhibiting displacements along Paleozoic faults.

Keywords: Upper Crust, Tien Shan, Paleozoic faults, presently active faults.