

ПОЗИТИВНАЯ ЦВЕТОЧНАЯ СТРУКТУРА ЯЛЬЧИГУЛОВСКОГО РАЗЛОМА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

© 2019 г. С. Е. Знаменский

Реферат. Охарактеризованы строение и кинематика Яльчигуловского разлома, относящегося к продольным разрывным нарушениям второго порядка зоны Главного Уральского разлома на Южном Урале. Приведены результаты структурно-парагенетического и тектонофизического анализа малых структурных форм (дуплексов, трещин, складок волочения), развитых в зоне Яльчигуловского разлома. Основой структурных построений послужили данные детального картирования поверхности зоны разлома. Установлено, что Яльчигуловский разлом представляет собой транспрессивный правый сдвиг, имеющий на широте озера Карагайкуль позитивную цветочную структуру. Осевую часть цветочной структуры образуют субвертикальные правые взбросо-сдвиги. На флангах развиты пакеты тектонических пластин, которые ограничены правыми сдвиго-надвигами, полого падающими к центру разломной зоны. По результатам тектонофизических реконструкций выявлены две фазы правосторонних движений по Яльчигуловскому разлому, происходивших в условиях близгоризонтального сжатия северо-восток–юго-западного направления. Показано, что транспрессивный правый сдвиг сформировался в позднем палеозое на коллизионной стадии развития зоны Главного Уральского разлома.

Ключевые слова: зона Главного Уральского разлома, транспрессивный сдвиг, позитивная цветочная структура, дуплекс, складки волочения, тектоническая пластина

THE POSITIVE FLOWER STRUCTURE OF THE YALCHIGULOVSKY FAULT IN THE SOUTHERN URALS

S. E. Znamensky

Abstract. The structure and kinematics of the Yalchigulovsky fault, which relates to the longitudinal faults of the second order of the zone of the Main Ural Fault in the Southern Urals, are characterized. The results of the structural-paragenetic and tectonophysical analysis of small structural forms (duplexes, fractures, drag folds) developed in the Yalchigulovsky fault zone are given. The structural constructions are based on the data of detailed mapping of the surface of the fault zone. It was established that the Yalchigulovsky fault is a transpressive right strike-slip fault, which has a positive flower structure at the latitude of Karagaykul Lake. The axial part of the flower structure is formed by subvertical reverse faults with dextral strike-slip component. On the flanks, packages of tectonic plates are developed, which are bounded by thrusts with dextral strike-slip component and a gentle dip toward the center of the fault zone. According to the results of tectonophysical reconstructions, two phases of right-sided movements along the Yalchigulovsky fault were identified, which occurred under conditions of near-horizontal compression of the north-east–south-west direction. It is shown that a transpressive right strike-slip fault was formed in the Late Paleozoic at the collisional stage of development of the zone of the Main Ural Fault.

Keywords: the Main Uralian fault, transpressive strike-slip fault, positive flower structure, duplex, drag folds, tectonic plate

Введение

Термин «положительная цветочная структура» был предложен Р.Е. Вилкоксом с соавторами [Wilcox et al., 1973] для обозначения структур сдвиговых зон, состоящих из дивергентных разломов

со взбросовой (надвиговой) компонентой смещения, имеющих субвертикальное залегание на глубине и выполаживающихся кверху (рис. 1). Позитивные цветочные структуры возникают в сдвиговых зонах под действием транспрессивных деформаций

Для цитирования: Знаменский С.Е. Позитивная цветочная структура Яльчигуловского разлома на Южном Урале // Геологический вестник. 2019. № 2. С. 24–31. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-2-2>.

For citation: Znamensky S.E. The positive flower structure of the Yalchigulovsky fault in the Southern Urals // *Geologicheskii vestnik*. 2019. No. 2. P. 24–31. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-2-2>.

(деформаций сдвига со сжатием) [Harland, 1971]. Строение сдвиговых зон в такой тектонофизической обстановке определяется сочетанием напряжений, действующих вдоль сдвига, с напряжениями сжатия, ориентированными ортогонально к его простиранию. Транспрессивные деформации часто приводят к появлению в центральной части разломной зоны валообразного поднятия и кулисно расположенных антиклинальных складок (см. рис. 1).

Положительные цветочные структуры диагностированы во многих орогенных зонах Земли [Sylvester, 1988]. На Южном Урале такую структуру имеет глубинный транспрессивный сдвиг, образованный разломами Джетыгаринско-Троицкого поднятия [Znamenskii et al., 2013]. В целом транспрессивная тектоника и связанные с ней структуры изучены на Урале весьма слабо.

В настоящей статье приведены новые данные по строению и кинематике Яльчигуловского разлома, расположенного в сутурной зоне Главного Уральского разлома на северном замыкании Магнитогорской мегазоны. Яльчигуловский разлом, имеющий длину более 80 км, был выявлен геологами ОАО «Башкиргеология» при проведении геологосъемочных работ масштаба 1:50 000. Разлом относится к продольным разрывным нарушениям второго порядка сутурной зоны, разделяющим ее на серию тектонических пластин. Кинематика этих разрывных нарушений дискуссионна. Опубликованы представления о принадлежности их к надвигам [Казанцев и др., 1992], позднепалеозойским сдвигам [Савельев и др., 1998], коллизионным взбросо-надвигам, испытавшим реактивированные сдвиговые движения [Znamensky, 2008]. Нами были выполнены структурные исследования Яльчигуловского разлома на широте озера Карагайкуль (рис. 2), которые показали, что по крайней мере в изученном интервале он представляет собой транспрессивный сдвиг с позитивной цветочной структурой.

Методы исследований

Главным методом исследований был структурно-парагенетический анализ тектонических нарушений, включавший изучение морфогенетических

особенностей складок и разрывов, исследование кинематики разрывных нарушений с помощью малых структурных форм (складок волочения, дуплексов, оперяющих трещин), тектонофизические реконструкции и собственно парагенетический анализ структур [Sylvester, 1988; Kano et al., 1991; Cowan, Brandon, 1994; McClay, 1995]. Основой структурных построений послужили данные детального картирования поверхности разломной зоны. Кроме того, были обобщены материалы буровых работ, выполненных Учалинским филиалом ОАО «Башкиргеология».

Результаты исследований и основные выводы

По результатам детального картирования установлено, что зона Яльчигуловского разлома на широте озера Карагайкуль состоит из серии разрывных нарушений, образующих в разрезе расходящийся кверху веер (рис. 3). В осевой части разломной зоны располагаются субвертикальные разрывы, которые концентрируются вдоль контактов дайкообразного тела роговообманковых габбро и габбро-диоритов (D_1). Фланги зоны образуют пакеты тектонических пластин, полого падающие

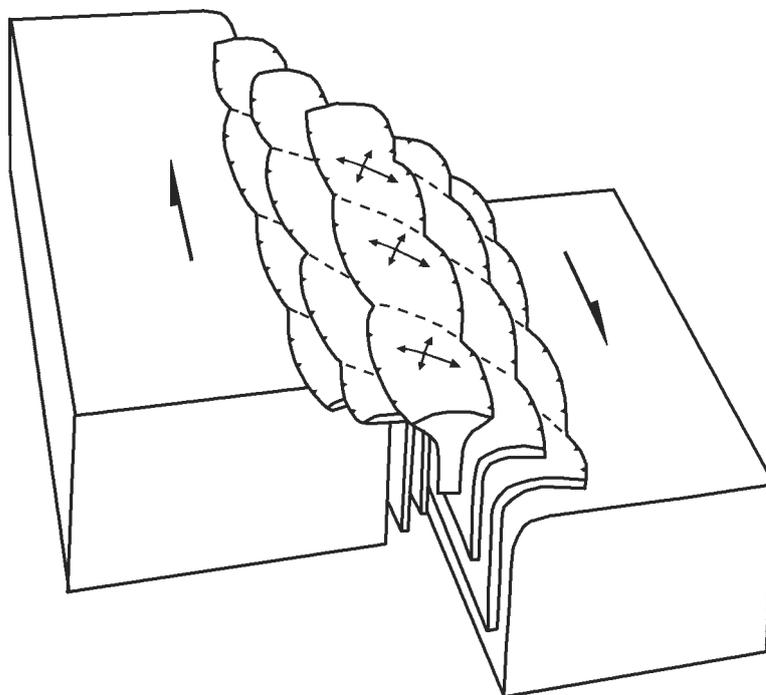


Рис. 1. Транспрессивный сдвиг с позитивной цветочной структурой по [Lowell, 1972]

Fig. 1. The transpressive strike-slip fault with a positive flower structure by [Lowell, 1972]

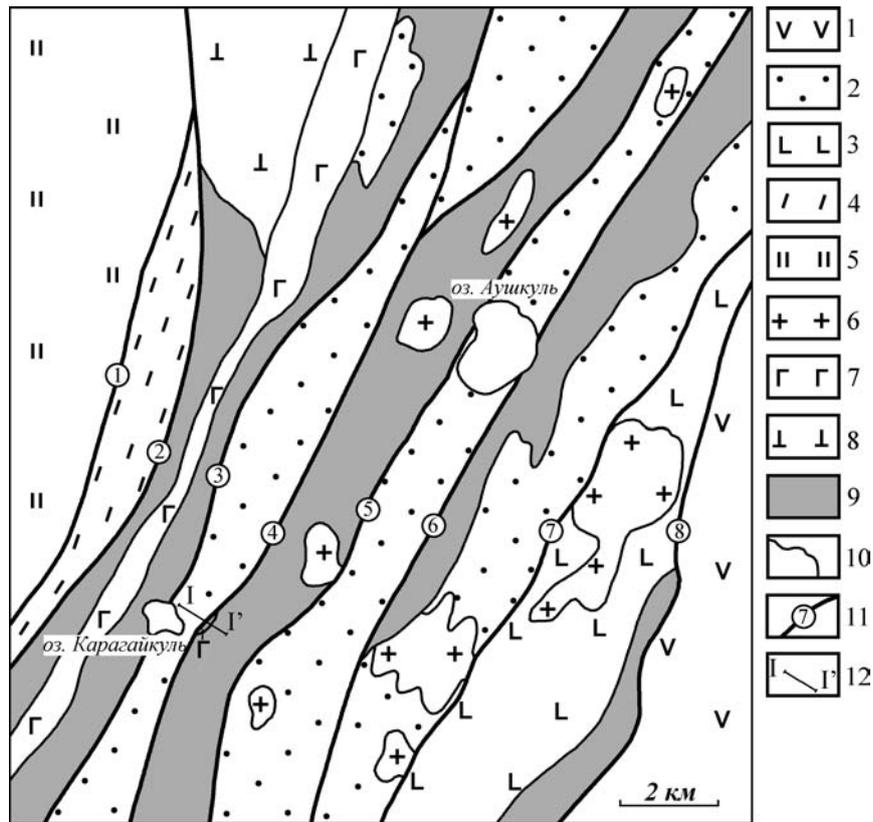


Рис. 2. Строение зоны Главного Уральского разлома на северном окончании Магнитогорской мегазоны (по данным И.С. Анисимова, с упрощениями)

Условные обозначения: 1 — вулканиты ирендыкской свиты (D_2ef_1); 2 — осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные комплексы (D_1-C_1); 3 — диабазы поляковской свиты (O_2); 4 — метаморфические сланцы ($O?$); 5 — докембрийские метаморфические комплексы Башкирского мегантиклинория; 6 — интрузии Балбукского сиенит-гранит-порфирирового комплекса (Pz_3); 7 — габбро, габбро-диориты и диориты (D_1); 8 — лерцолитовые массивы; 9 — серпентиниты; 10 — геологические границы; 11 — разломы второго порядка: 1 — Уралтауский, 2 — Сиратурский, 3 — Алакульский, 4 — Яльчигуловский, 5 — Убалинский, 6 — Малокумачинский, 7 — Краснохтинский; 12 — линия разреза I—I'.

Fig. 2. The structure of the zone of the Main Ural Fault on the northern end of the Magnitogorsk megazone (according to I.S. Anisimov, with simplifications)

Legend: 1 — volcanic rocks of the Irendyk Formation (D_2ef_1); 2 — sedimentary, volcanic-sedimentary and volcanogenic complexes (D_1-C_1); 3 — diabases of the Polyakovka Formation (O_2); 4 — metamorphic shists ($O?$); 5 — Precambrian metamorphic complexes of the Bashkir megaanticlinorium; 6 — intrusions of the Balbuk syenite-granite-porphyrus complex (Pz_3); 7 — gabbro, gabbro-diorite and diorite (D_1); 8 — lherzolite massifs; 9 — serpentinites; 10 — geological boundaries; 11 — second-order faults: 1 — Uraltausky, 2 — Siratursky, 3 — Alakulsky, 4 — Yalchigulovsky, 5 — Ubalinsky, 6 — Malokumachinsky, 7 — Krasnokhtinsky; 12 — section I—I'.

к ее центру. На западном фланге разломной зоны в основании пакета пластин залегает автохтон базальтов и их брекчий, близких по химическому составу к вулканитам баймак-бурибаевской свиты (D_1e_2). Тектонические пластины сложены (снизу вверх): 1) кремнистыми сланцами мукасовского горизонта (D_3), местами перекрытыми нижнекаменноугольными известняками, 2) серпентинитами, 3) базальтами и их брекчиями, возможно, относящимися к баймак-бурибаевской свите, 4) кремнистообломочными породами и массивными кремнями, 5) пироксенитами, 6) серпентинито-

кластическими брекчиями. На некоторых участках пакет пластин нарушен разрывами крутого восточного падения, вмещающими дайки мелкозернистых габбро неизвестного возраста. На восточном фланге наиболее низкое гипсометрическое положение занимает параавтохтон серпентинитов, выше которого залегают тектонические пластины с дуплексной структурой, сложенные массивными серпентинитами, серпентинитокластическими брекчиями, содержащими линзы обломочных диоритов и габбро-диоритов, кремнистообломочными породами с конодонтами O_2 (устное сообщение

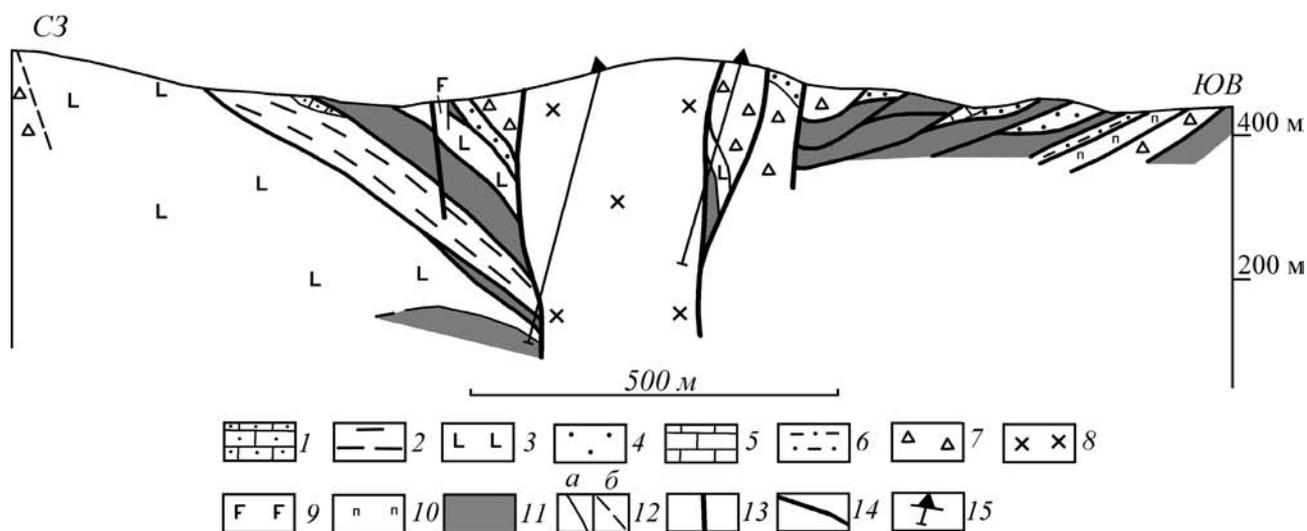


Рис. 3. Разрез Яльчигуловского разлома по линии I–I'

Условные обозначения: 1 — известняки (C₁); 2 — кремнистые сланцы мукасовского горизонта (D₃); 3 — вулканыты предположительно баймак-бурибаевской свиты (D_{1e2}); 4 — кремнистообломочные породы и массивные кремнистые сланцы (D₁?); 5 — известняки (D₁); 6 — кремнистообломочные породы (O₂); 7 — серпентинитокластические брекчии с линзами обломочных габбро-диоритов и диоритов; 8 — роговообманковые габбро и габбро-диориты; 9 — мелкозернистые габбро; 10 — пироксениты; 11 — серпентиниты; 12 — геологические границы установленные (а) и предполагаемые (б); 13 — взбросо-сдвиги; 14 — надвиго-сдвиги и сдвиго-надвиго; 15 — скважины.

Fig. 3. Section of the Yalchigulovsky fault along the line I–I'

Legend: 1 — limestones (C₁); 2 — chert shales of the Mukasov horizon (D₃); 3 — volcanics of the presumably Baymak-Buribaevskaya Formation (D_{1e2}); 4 — siliceous-fragmental rocks and massive chert shales (D₁?); 5 — limestone (D₁); 6 — siliceous-fragmental rocks (O₂); 7 — breccias of serpentinites with lenses of detrital gabbro-diorites and diorites; 8 — hornblende gabbros and gabbro-diorites; 9 — fine-grained gabbros; 10 — pyroxenites; 11 — serpentinites; 12 — geological boundaries established (a) and supposed (b); 13 — reverse faults with strike-slip component; 14 — thrusts with strike-slip component; 15 — boreholes.

О.В. Артюшковой), кремнистообломочными породами и массивными кремнями предположительно раннедевонского возраста. В пластинах нередко наблюдаются ненарушенные фрагменты разреза, представленные массивными серпентинитами, сменяющимися вверх по разрезу брекчиями серпентинитов с линзами обломочных габбро-диоритов и диоритов. Горизонты серпентинитокластических брекчий в таких фрагментах перекрыты кремнистообломочными породами, иногда в ассоциации с фаунистически датированными нижнедевонскими известняками. Завершают разрез слоистые кремнистые сланцы.

С целью выяснения кинематики и тектонофизических условий образования крутопадающих разрывов, развитых в осевой части веерообразной структуры, нами произведены массовые замеры трещин в роговообманковых габбро и габбро-диоритах, слагающих западное крыло одного из этих нарушений. Разрыв, проходящий вдоль контакта интрузивного тела с серпентинитокластическими брекчиями, имеет в точке замеров следующие элементы залегания: аз. пд. 110°∠80° (рис. 4). Установлены две генерации трещин. Ранняя из них пред-

ставлена сколами, группирующимися на круговой диаграмме в 4 статистических максимума: 1) аз. пд. 106°∠80°, 2) аз. пд. 130°∠80°, 3) аз. пд. 46°∠74° и 4) аз. пд. 14°∠80° (см. диаграмму а на рис. 4). По сколам первых трех систем установлены движения с левым, а по разрывам четвертой — с правым знаком. Выявленный парагенезис трещин характерен для зон правого сдвига [Sylvester, 1988; McClay, 1995]. Сколы первой системы по положению и кинематике соответствуют L-сколам, второй — R-сколам Риделя, третьей — Р-сколам, четвертой — R'-сколам Риделя. По R- и R'-сколам Риделя реконструировано сдвиговое поле палеонапряжений с близгоризонтальной северо-восток-юго-западной ориентировкой оси сжатия (σ₃) (см. диаграмму а на рис. 4).

Трещины второй, более поздней генерации проявлены в габброидах значительно слабее. Они представлены надвигами и взбросо-надвигами, образующими на диаграмме два статических максимума: 1) аз. пд. 240°∠50° и 2) аз. пд. 62°∠40°. По ним с помощью метода М.В. Гзовского [1975] реконструировано надвиговое поле палеонапряжений с пологим юго-западным падением оси сжатия

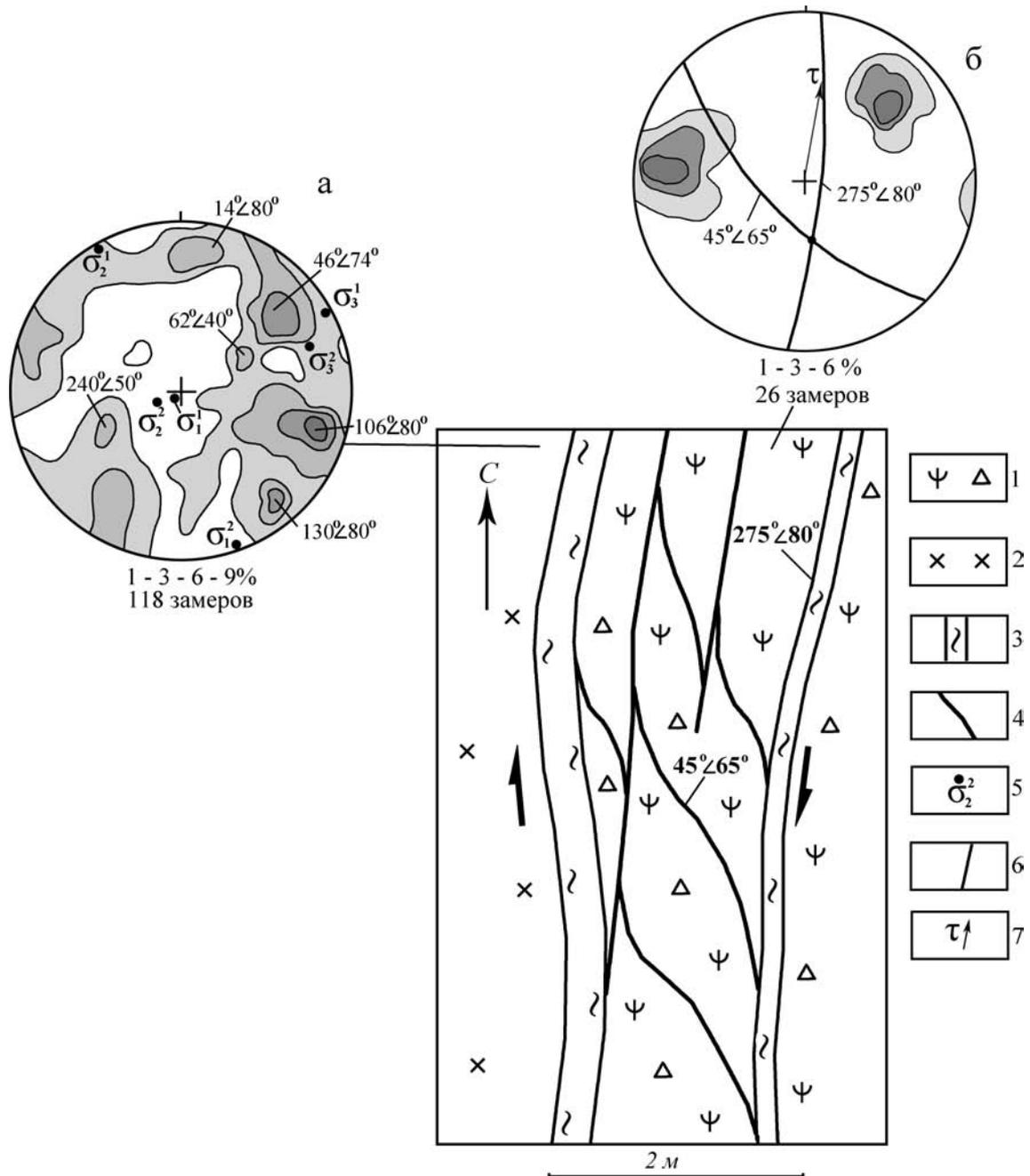


Рис. 4. Строение субвертикального разлома, расположенного в осевой части веерообразной структуры. Диаграммы (сетка Вульфа, верхняя полусфера) плотностей полюсов трещин (а) и определения вектора смещения по разлому по линейности пересечения разрывов в дуплексах (б)

Условные обозначения: 1 — серпентинитокластические брекчии; 2 — роговообманковые габбро и габбро-диориты; 3 — зоны милонитизации; 4 — зеркала скольжения; 5–7 — на диаграммах: 5 — оси главных нормальных напряжений (σ_1 — максимальных, σ_2 — промежуточных, σ_3 — минимальных, верхним индексом обозначены генерации полей палеонапряжений от ранних к поздним), 6 — плоскости разрывов, 7 — реконструированный вектор смещения висячего крыла разлома.

Fig. 4. The structure of the subvertical fault located in the axial part of the fan-shaped structure. Plots (Wulff net, upper hemisphere): density of fracture poles (a) and definition of displacement vector along the fault using the linearity of the intersections of faults in duplexes (b)

Legend: 1 — breccias of serpentinites; 2 — hornblende gabbros and gabbro-diorite; 3 — zones of mylonitization; 4 — slickensides; 5–7 — on the plots: 5 — axes of main normal stresses (σ_1 — maximum, σ_2 — medium, σ_3 — minimum, superscript denotes generation of paleostress fields from early to late), 6 — fault planes, 7 — reconstructed displacement vectors for hanging walls of faults.

(см. диаграмму *a* на рис. 4). Восстановленное поле палеонапряжений отражает реактивированные правосторонние движения по основному разлому, происходившие в условиях транспрессии.

Внутри разломной зоны, сложенной серпентинитокластическими брекчиями, продольные (L-сколы) и диагональные северо-западные (P-сдвиги) вторичные разрывы образуют систему линзовидных в плане транспрессионных дуплексов (см. рис. 4). Анализ линейности пересечения L- и P-сколов в дуплексах [Капо et al., 1991] позволил реконструировать вектор смещения по разлому (см. диаграмму *b* на рис. 4). В кинематическом отношении изучавшийся разлом представляет собой правый взбросо-сдвиг.

Кинематика пологих разрывов, распространенных на западном фланге веерообразной структуры, изучена на примере нарушения, развитого вдоль подошвы тектонической пластины кремнистых сланцев мукасовского горизонта (D_3). Основание пластины выходит на поверхность в вертикальном обнажении, расположенном на юго-восточном

берегу озера Карагайкуль пример в 300 м к югу от линии разреза. Разлом имеет здесь азимут падения ЮВ $110^\circ-130^\circ$, угол падения $20-25^\circ$. В кремнях развиты две системы сколов и разрывов с глиной трения со статистическими максимумами на круговой диаграмме 1) аз. пд. $118^\circ \angle 20^\circ$ и 2) аз. пд. $240^\circ \angle 38^\circ$ (диаграмму на рис. 5). Сколы и разрывы юго-восточного падения, субпараллельные основному разлому, разделяют сланцы на серию тонких пластин, внутри которых локализованы сколовые нарушения второй системы, имеющие в вертикальном разрезе S-образную форму. Такой структурный рисунок характерен для дуплексов надвигового типа. Анализ линейности пересечения разрывов в дуплексах (см. диаграмму на рис. 5) показал, что по разрывам юго-восточного падения и в целом по зоне основного разлома происходили надвиговые смещения с правосдвиговой компонентой.

По пологим разрывам, развитым на восточном фланге веерообразной структуры, установлены надвиго-сдвиговые движения в восточных румбах. В качестве примера можно рассмотреть строение

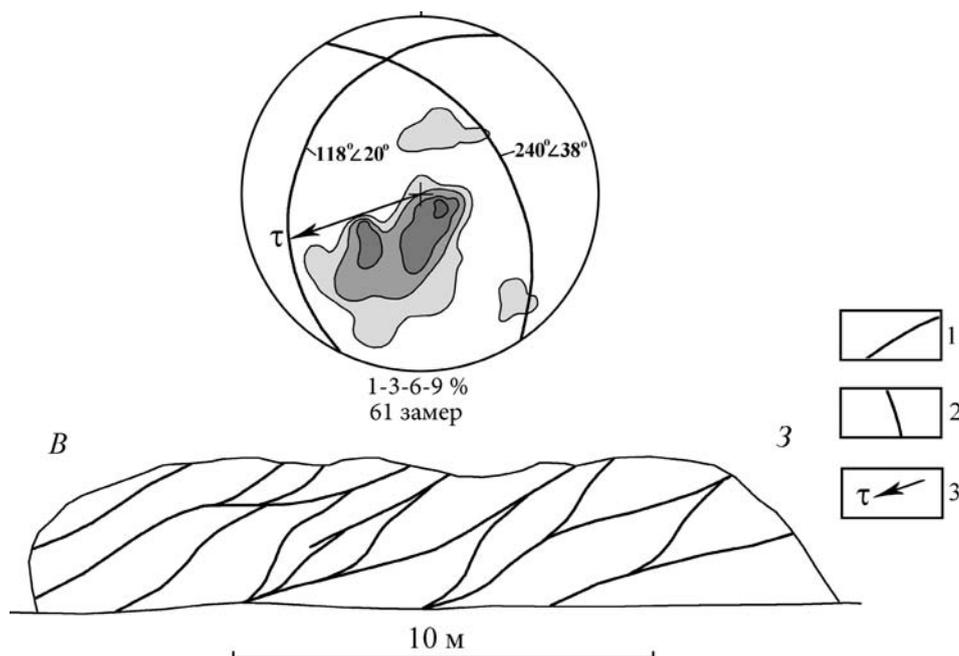


Рис. 5. Строение разлома, развитого в основании тектонической пластины мукасовских кремнистых сланцев. Диаграмма (сетка Вульфа, верхняя полусфера) определения вектора смещения по разлому по линейности пересечения разрывов, образующих дуплексы

Условные обозначения: 1 — сколы и разрывы с глиной трения; 2—3 — на диаграмме: 2 — плоскости разрывов, образующих дуплексы, 3 — реконструированный вектор смещения висячего крыла разлома.

Fig. 5. The structure of the fault developed at the base of the tectonic plate of the Mukasovo chert shales. Plots (Wulff net, upper hemisphere) is used for definition of displacement vector along the fault using the linearity of the intersections of faults in duplexes
Legend: 1 — shear fractures and faults with clay gouge; 2—3 — on the plot: 2 — the plane of faults forming duplexes, 3 — reconstructed displacement vectors for hanging walls of fault.

пластины кремней предположительно раннедевонского возраста. В современной структуре она представлена небольшим клиппом, залегающим на серпентинитах (рис. 6). Вдоль подошвы пластины развит разлом с глиной трения, полого падающий на запад. В верхней части клиппа сохранились фрагменты параллельного ему другого разлома. Кремни между этими разломами смяты в складки волочения северо-восточной вергентности. Складки осложнены S-образными разрывами северо-западного простирания. Последние вместе с разломами западного падения разделяют кремни на дуплексы. По ориентировке складок волочения, а также на основе анализа линейности пересечения разрывов в дуплексах был реконструирован вектор смещения по основному разлому (см. диаграмму на рис. 6). Он представляет собой правый надвиго-сдвиг.

Из-за плохой обнаженности изучить морфогенетический тип разрывных нарушений, вмеща-

ющих дайки габбро в западной части цветочной структуры, автору статьи не удалось.

Как видно из приведенных выше данных, зона Яльчигуловского разлома состоит в изученном интервале из системы бивергентных разрывов. В центральной части разломной зоны располагаются субвертикальные правые взбросо-сдвиги. На флангах развиты пологие правые сдвиги-надвиго-сдвиги, движения по которым происходили от центра зоны к ее краям. По особенностям строения и кинематики вторичных разрывов Яльчигуловский разлом соответствует транспрессивным сдвигам с позитивной цветочной структурой. Результаты анализа малых структурных форм и тектонофизических реконструкций позволяют наметить две фазы правосторонних смещений по разломной зоне, происходивших в условиях северо-восток–юго-западного направления стресса. Судя по «стратиграфии» тектонических пластин, в строении которых участвуют нижнекаменноугольные

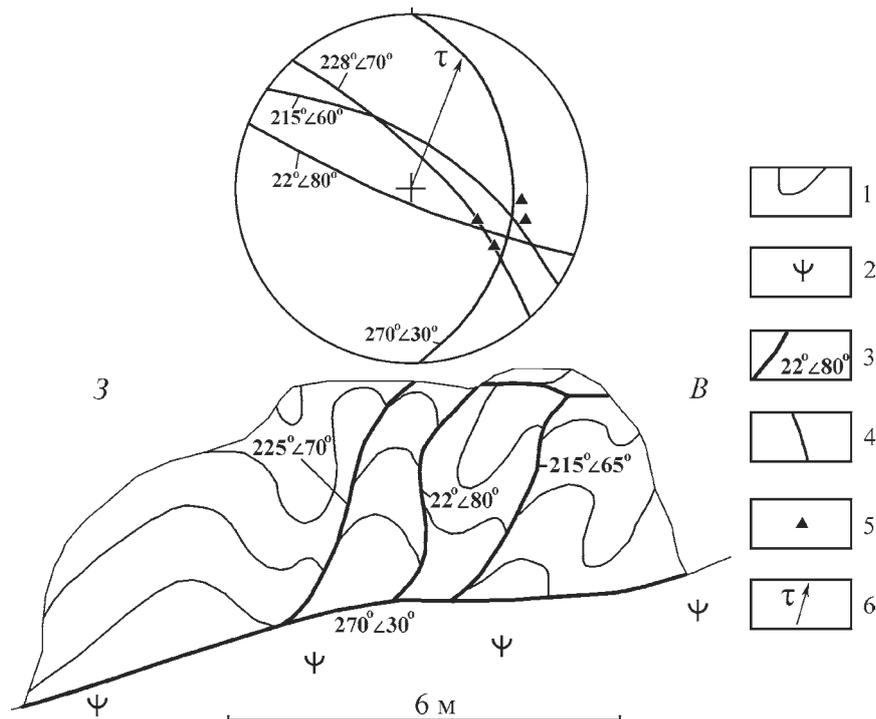


Рис. 6. Строение тектонической пластины кремнистых сланцев ($D_1?$). Диаграмма (сетка Вульфа, верхняя полусфера) определения вектора смещения по разлому по линейности пересечения разрывов в дуплексах

Условные обозначения: 1 — кремнистые сланцы ($D_1?$); 2 — серпентиниты; 3 — разломы и элементы их залегания; 4–6 — на диаграмме: 4 — плоскости разрывов, образующих дуплексы, 5 — оси складок волочения, 6 — реконструированный вектор смещения висячего крыла разлома.

Fig. 6. The structure of the tectonic plate of chert shales ($D_1?$). Plots (Wulff net, upper hemisphere) give a definition of displacement vector along the fault using the linearity of the intersections of faults in duplexes

Legend: 1 — chert shales ($D_1?$); 2 — serpentinites; 3 — faults and their stretch and fall directions; 4–6 — on the plot: 4 — the planes of the faults forming duplexes, 5 — the axes of the drag folds, 6 — reconstructed displacement vectors for hanging walls of faults.

известняки, цветочная структура образовалась в позднем палеозое на коллизионной стадии разветвления зоны Главного Уральского разлома.

Работа выполнена в рамках программы государственного заказа № 0252-2017-0011.

Список литературы:

Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975. — 536 с.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А. Структурная геология Магнитогорского синклинория Южного Урала. — М.: Наука, 1992. — 190 с.

Савельев А.А., Астраханцев О.В., Книппер А.Л. Строе-ние и фазы деформации северного окончания Магнитогорской зоны Урала // Геотектоника. — 1998. — № 3. — С. 38–50.

Cowan D.S., Brandon M.T. A symmetry-based kinematic analysis of large-slip brittle fault zones // American J. of Science. — 1994. — V. 294. — P. 257–306. — doi.org/10.2475/ajs.294.3.257.

Harland W.B. Tectonic transpression in Caledonian Spitsbergen // Geological Magazin. — 1971. — V. 108. — P. 27–42. — doi.org/10.1017/s0016756800050937.

Kano K.-J., Nakaji M., Takenchi S. Asymmetrical mélange fabrics as possible indicators of the convergent direction of plates: a case study from Shimanto Belt of the Akaishi Mountains, central Japan // Tectonophysics. — 1991. — V. 185, No. 3–4. — P. 375–388. — doi.org/10.1016/0040-1951(91)90455-2.

Lowell J.D. Spitsbergen Tertiary orogenic belt and the Spitsbergen fracture zone // Geological Society of America Bulletin. — 1972. — V. 83. — P. 3091–3102. — doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[3091:stobat]2.0.co;2.

McClay K. The mapping of geological structures. — London: Open University press, 1995. — 161 p.

Sylvester G. Strike-slip faults // Geological Society of America Bulletin. — 1988. — V. 100, No. 11. — P. 1666–1703.

Wilcox R.E., Harding T.R., Seely D.R. Basic wrench tectonics // Geological Society of America Bulletin. — 1973. — V. 57. — P. 74–96. — doi.org/10.1306/819a424a-16c5-11d7-8645000102c1865d.

Znamensky S.E. The Late Paleozoic Structural Evolution of the Magnitogorsk Megazone in the Southern Urals // Doklady Earth Sciences. — 2008. — V. 420, Is. 1. — P. 547–550. — doi.org/10.1134/s1028334x08040041.

Znamenskii S.E., Svetlakova A.N., Puchkov V.N. The Structural Peculiarities of the Dzhetygara-Troitsk Zone, Southern Urals (Based on the URSEIS-95 Profile) // Doklady Earth Sciences. — 2013. — V. 448, Is. 1. — P. 31–34. — doi.org/10.1134/s1028334x12110177.

References:

Cowan D.S., Brandon M.T. A symmetry-based kinematic analysis of large-slip brittle fault zones // American J. of Science. 1994. V. 294. P. 257–306. doi.org/10.2475/ajs.294.3.257.

Gzovskiy M.V. Osnovy tektonofiziki [Basics of tectonophysics]. M.: Nauka, 1975. 536 p. (in Russian).

Harland W.B. Tectonic transpression in Caledonian Spitsbergen // Geological Magazin. 1971. V. 108. P. 27–42. doi.org/10.1017/s0016756800050937.

Kano K.-J., Nakaji M., Takenchi S. Asymmetrical mélange fabrics as possible indicators of the convergent direction of plates: a case study from Shimanto Belt of the Akaishi Mountains, central Japan // Tectonophysics. 1991. V. 185, No. 3–4. P. 375–388. doi.org/10.1016/0040-1951(91)90455-2.

Kazantsev YU.V., Kazantseva T.T., Kamalidinov M.A. Strukturnaya geologiya Magnitogorskogo sinklinoriya Yuzhnogo Ural [Structural geology of the Magnitogorsk synclinoorium of the Southern Urals]. M.: Nauka, 1992. 190 p. (in Russian).

Lowell J.D. Spitsbergen Tertiary orogenic belt and the Spitsbergen fracture zone // Geological Society of America Bulletin. 1972. V. 83. P. 3091–3102. doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[3091:stobat]2.0.co;2.

McClay K. The mapping of geological structures. London: Open University press, 1995. 161 p.

Savel'yev A.A., Astrakhantsev O.V., Knipper A.L. Stroyeniye i fazy deformatsii severnogo okonchaniya Magnitogorskoy zony Urala [Structure and phases of deformation of the northern end of the Magnitogorsk zone of the Urals] // Geotektonika. 1998. No. 3. P. 38–50 (in Russian).

Sylvester G. Strike-slip faults // Geological Society of America Bulletin. 1988. V. 100, No. 11. P. 1666–1703.

Wilcox R.E., Harding T.R., Seely D.R. Basic wrench tectonics // Geological Society of America Bulletin. 1973. V. 57. P. 74–96. doi.org/10.1306/819a424a-16c5-11d7-8645000102c1865d.

Znamensky S.E. The Late Paleozoic Structural Evolution of the Magnitogorsk Megazone in the Southern Urals // Doklady Earth Sciences. 2008. V. 420, Is. 1. P. 547–550. doi.org/10.1134/S1028334X08040041.

Znamenskii S.E., Svetlakova A.N., Puchkov V.N. The Structural Peculiarities of the Dzhetygara-Troitsk Zone, Southern Urals (Based on the URSEIS-95 Profile) // Doklady Earth Sciences. 2013. V. 448, Is. 1. P. 31–34. doi.org/10.1134/s1028334x12110177.

Сведения об авторе:

Знаменский Сергей Евгеньевич, доктор геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Znamensky_Sergey@mail.ru

About the author:

Znamensky Sergei Evgenievich, doctor of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRS RAS), Ufa. Znamensky_Sergey@mail.ru