

С. Е. Знаменский, Н. М. Знаменская

СТРОЕНИЕ И КИНЕМАТИКА БРАИЛОВСКОГО РАЗЛОМА МАГНИТОГОРСКОЙ МЕГАЗОНЫ (Ю. УРАЛ)

Браиловский разлом представляет собой региональное разрывное нарушение близмеридионального простирания, расположенное на восточном фланге Магнитогорской мегазоны (синформы). Длина разлома по простиранию превышает 300 км. По данным интерпретации профиля Уралсейс, он имеет крутое западное падение и глубину заложения не менее 7–8 км [Знаменский, 2009]. Современными методами структурного анализа строение и морфогенетический тип разрывного нарушения изучены недостаточно полно. К.П. Плюсниным [1971] по результатам региональных структурных наблюдений Браиловский разлом был отнесен к левым сдвигам. Близкой точки зрения на кинематику дизъюнктива придерживаются К. Банквитц и К.С. Иванов [Bankwitz, Ivanov, 1997], по данным которых он входит в систему продольных нарушений Миасско-Полоцкой левосторонней трансрессивной зоны, разделяющей структуры Магнитогорской синформы и расположенного восточнее Восточно-Уральского поднятия. В то же время В.М. Мосейчуком с соавторами [1998], проводившими в пределах планшетов N-40-XXX и N-40-XXIV геолого-съемочные работы нового поколения ГДП-200, разлом был охарактеризован как правый взбросо-сдвиг. Существуют также представления о надвиговой природе разрывного нарушения [Казанцев, Казанцева, 1992].

Нами проведены структурные и тектонофизические исследования зоны Браиловского разлома вдоль левых притоков р. Урал: Гумбейки, Зингейки, Амамбайки, Большой Караганки и Суундука. Полученные данные в сочетании с материалами предыдущих геолого-съемочных и тематических работ свидетельствуют о том, что Браиловский разлом представляет собой сдвиговое нарушение, пространственно совмещенное в отдельных интервалах с более древними разрывами надвигового типа. Такое совмещение наблюдается, в частности, в междуречье Гумбейки и Амамбайки, где к зоне Браиловского сдвига с запада примыкает дугообразный взбросо-надвиг восточного падения, трассируемый на поверхности телами серпентинитов [Знаменский, 2009]. Его длина по простиранию составляет около 50 км. Следует отметить, что ранее нами, вслед за В.М. Мосейчуком с соавторами [1998], западный взбросо-надвиг обозначался как Браиловский, а основной сдвиг — как Восточно-Браиловский разломы.

Зона Браиловского сдвига имеет различную структуру в интервалах, отклоняющихся по часовой

и против часовой стрелки от общего простирания дизъюнктива.

Особенности строения изгибов разломной зоны первого типа, т.е. отклоняющихся по часовой стрелке от ее общего простирания, можно проиллюстрировать на примере интервала, обнаженного в долине р. Бол. Караганка в районе пос. Александровский и заповедника Аркаим (рис. 1).

На западном фланге характеризуемого интервала сдвиговой структуры располагается зона магистрального сместителя. По данным геологосъемочных работ, она состоит из двух разломов север–северо-восточного простирания. В полосе, ограниченной этими нарушениями, картируются многочисленные зоны серицит-кварцевых метасоматитов, развалы кварцевых жил, линзы серпентинитов и дайкообразные тела габбро и диоритов неизвестного возраста, вытянутые вдоль магистральной зоны. В интрузивных породах интенсивно проявлены зеркала скольжения. Авторами настоящей статьи в ряде точек наблюдений был выполнен кинематический анализ борозд скольжения на зеркалах [Гущенко, 1979; Корчемагин, Емец, 1982], который позволил реконструировать в зоне магистрального сместителя два разновозрастных поля палеотектонических напряжений: раннее сдвиговое с северо-запад–юго-восточным направлением оси сжатия и позднее сдвиговое с северо-восток–юго-западной ориентировкой оси σ_3 (диаграмма *a* на рис. 2). По-видимому, эти поля палеонапряжений отражают две фазы движений по зоне магистрального сместителя: ранние левосдвиговые и поздние правосторонние.

С востока зона магистрального сместителя оперяется серией диагональных северо-восточных разрывов, имеющих крутое северо-западное падение (рис. 2). Вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы средне-позднедевонского и раннекаменноугольного возраста, слагающие осевую часть и восточный фланг сдвиговой зоны, смяты в висячих и лежащих крыльях диагональных разрывов в пологие антиклинальные и синклинальные складки соответственно. При этом оси складок имеют больший азимут простирания, чем поверхности разрывов. Такая ориентировка приразломных складок указывает на косые левые сдвиго-взбросовые смещения по оперяющим северо-восточным разрывам.

На основе кинематического анализа борозд скольжения на зеркалах, развитых вблизи диагонального разрыва (аз. пад. СЗ $285^\circ \angle 65^\circ$), проходящего

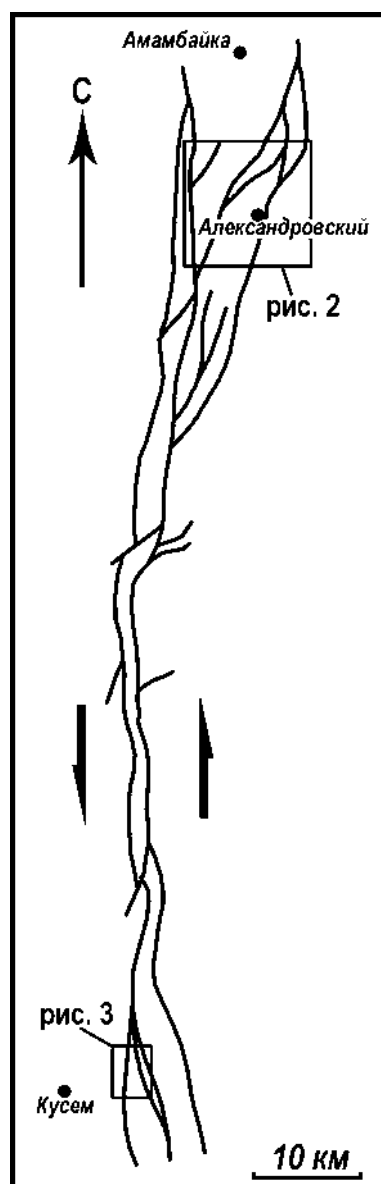


Рис. 1. Схема строения Браиловского разлома на широте д. Амамбайка и пос. Кусем (составлена с использованием данных В.М. Мосейчука, А.В. Тевелева и А.А. Шильникова)

через восточную окраину пос. Александровский, восстановлено два разновозрастных поля палеотектонических напряжений: раннее сдвиго-надвиговое с пологой ориентировкой оси σ_3 по азимуту 150° и позднее сбросо-сдвиговое с северо-восточным падением оси сжатия по азимуту 65° (диаграмма б на рис. 2). Эти поля палеонапряжений отвечают двум фазам смещений по разрыву: ранним левым сдвиго-взбросовым и поздним правым сбросо-сдвиговым [Гзовский, 1975].

Результаты тектонофизических реконструкций, выполненных в зоне магистрального смести-

теля и вблизи оперяющего его северо-восточного разрыва, хорошо согласуются между собой, что позволяет представить следующую модель развития Браиловского разлома в рассматриваемом интервале. Под действием раннего сжатия северо-запад-юго-восточного направления по зоне магистрального сместителя произошли левосдвиговые смещения, которые вызвали образование оперяющих левых сдвиго-взбросов и приразломных складок северо-восточного простирания. Такой структурный парагенезис характерен для транспрессивных левых сдвигов [Silvester, 1988]. В дальнейшем в условиях северо-восток-юго-западного стресса Браиловский разлом испытал малоамплитудные правосторонние движения, не оказавшие значительного влияния на строение дизъюнктивной зоны.

Судя по материалам геолого-съёмочных работ ГДП-200 и нашим наблюдениям, прямолинейные участки разломной зоны также состоят главным образом из транспрессивных парагенезисов, аналогичных вышеописанному.

В интервалах, отклоняющихся против часовой стрелки от общего простирания, Браиловский разлом имеет существенно иное строение. Один из таких интервалов изучен нами в обнажениях, расположенных в долине р. Суундук на широте пос. Кусем (рис. 1). Сдвиговая зона и ее фланги сложены здесь кислыми вулканитами ($D_2?$), диабазами с прослоями вулканогенно-осадочных пород и известняков (C_1), образующими локальные эффузивно-экструзивные постройки, и толщей органогенных известняков с прослоями терригенно-кремнистых пород (C_1) (рис. 3).

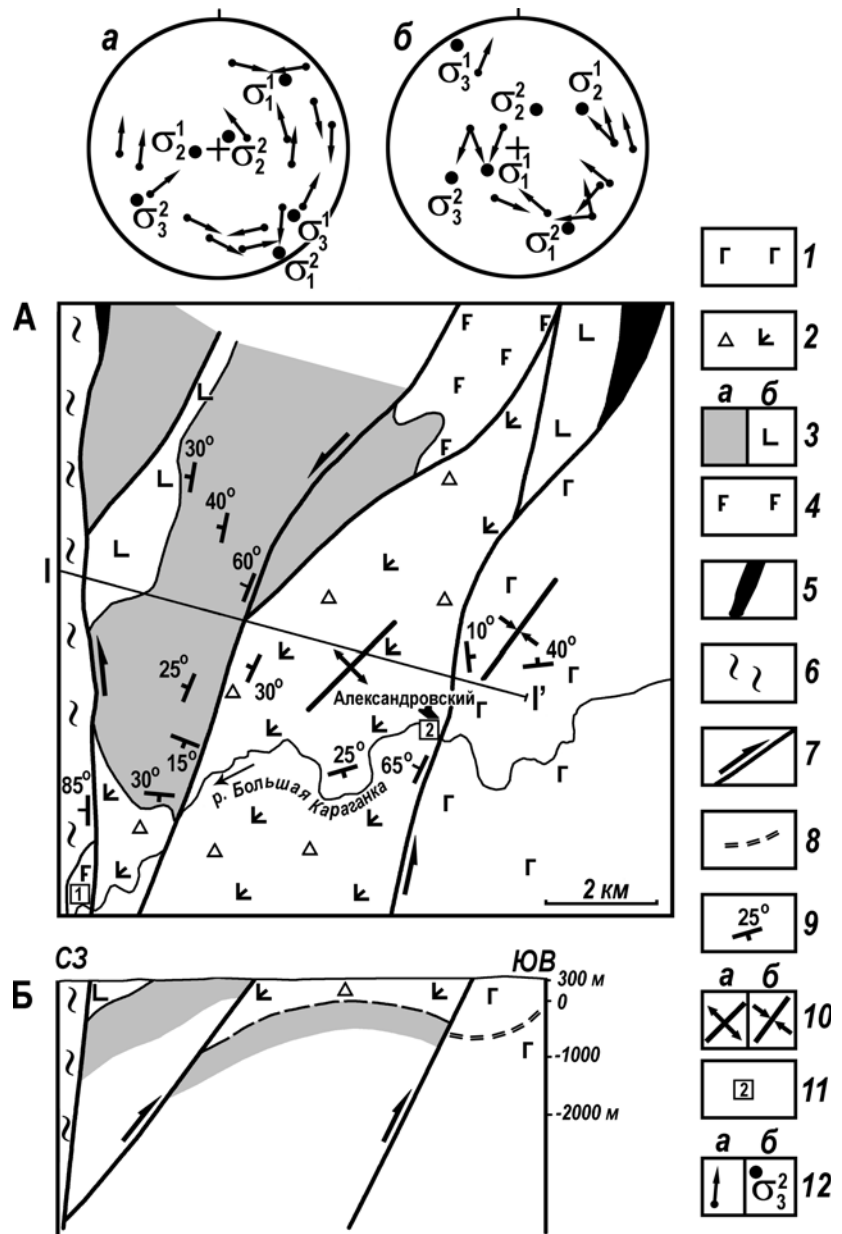
Сдвиговая зона включает два крупных разлома (№ 1 и 2). Западный разлом имеет близмеридиональное простирание и восточное падение под углами $70-75^\circ$, а восточный — северо-западное направление и субвертикальное падение. На восточном фланге сдвиговой зоны располагается более мелкий разрыв (№ 3), параллельный разлому № 2.

Перечисленные разрывные нарушения представлены в обнажениях зонами интенсивного расланцевания, сериями разрывов с линкой трения и зеркал скольжения видимой мощностью 20–40 м. Зеркала скольжения часто формируют пакеты мелких транспрессивных дуплексов [Woodcock, Fisher, 1986]. Анализ линейности пересечения в пакетах дуплексов (пересечения Y- и P-сколов) [Kano et al., 1991] показал, что все три нарушения в кинематическом отношении являются левыми сдвигами с подчиненной вертикальной компонентой. При этом разлом № 1 имеет сбросовую, а разрывы № 2 и 3 — взбросовую составляющие смещения. О левосторонних смещениях по разломам № 1, 2

Рис. 2. Геолого-структурная схема (А) и разрез (Б) зоны Браиловского разлома в районе пос. Александровский и заповедника Аркаим (по данным А.В. Ярковой [Артюшкова, Маслов, 1999], с дополнениями авторов)

Диаграммы (сетка Вульфа, верхняя полу-сфера) векторов смещения висячих крыльев зеркал скольжения, замеренных в точках наблюдения № 1 (а) и 2 (б).

1 — диабазы и их туфы (D_1); 2 — брекчии пироксен-плагиоклазовых порфиритов (D_2); 3 — туфы и вулканогенно-осадочные породы (а) и основные эффузивы (б) (D_2); 4 — габброиды; 5 — серпентиниты; 6 — зона магистрального сместителя; 7 — разломы и направление смещений по ним; 8 — поверхности напластования; 9 — элементы залегания; 10 — оси антиклинальных (а) и синклинальных (б) складок; 11 — точки структурных наблюдений и их номера; 12 — на диаграмме: а — векторы смещений висячих крыльев разрывов, б — оси главных нормальных напряжений (σ_1 — максимальных, σ_2 — средних, σ_3 — минимальных; верхними индексами обозначены генерации полей палеонапряжений от ранних к поздним)



и 3 свидетельствует также ориентировка складок волочения. Например, известняки, развитые в полосе между взбросо-сдвигами № 2 и 3, смяты в пологие диагональные складки северо-восточного простирания, характерные для зон левого сдвига. Такие же складки картируются и в кислых вулканитах, слагающих западное крыло разлома № 1 (рис. 3А).

В полосе между разломами № 1 и 2 выявлена серия вторичных северо-западных разрывов, наиболее крупные из которых показаны на рисунке 3А. Они представлены в основном зонами расланцевания мощностью до 10 м, вмещающими кварцевые жилы. Для зон расланцевания характерны очковые структуры, образованные Y- и R-сколами. При исследовании линейности пересечения Y- и R-сколов [Cowan, Brandon, 1994] по вторичным северо-западным разрывам выявлены левые сбросо-сдвиговые смещения. Вместе с разломами № 1 и 2 они формируют в вертикальном разрезе расходящийся кверху веер, который, по нашему мнению, может интерпретироваться как негативная цветочная структура, характерная для интервалов растяжения (транстенсивных интервалов) сдвиговых зон [Woodcock, Fisher, 1986].

Нами с помощью методов М.В. Гзовского [1975] и П.Н. Николаева [1977] был выполнен тектонофизический анализ трещиноватости, замеренной в кислых вулканитах (D_2 ?) на западном крыле Браиловской сдвиговой зоны. Структурные наблюдения проводились в ядре антиклинали север-северо-западного простирания. Восстановлены локальные поля палеотектонических напряжений трех типов (от ранних к поздним): 1) надвиговое с близширотной ориентировкой оси сжатия, 2) сдвиговое с северо-запад-юго-восточным направлением оси σ_3 и 3) сдвиговое с северо-восток-юго-западным положением оси сжатия. С наиболее ранним из изученных полей палеонапряжений

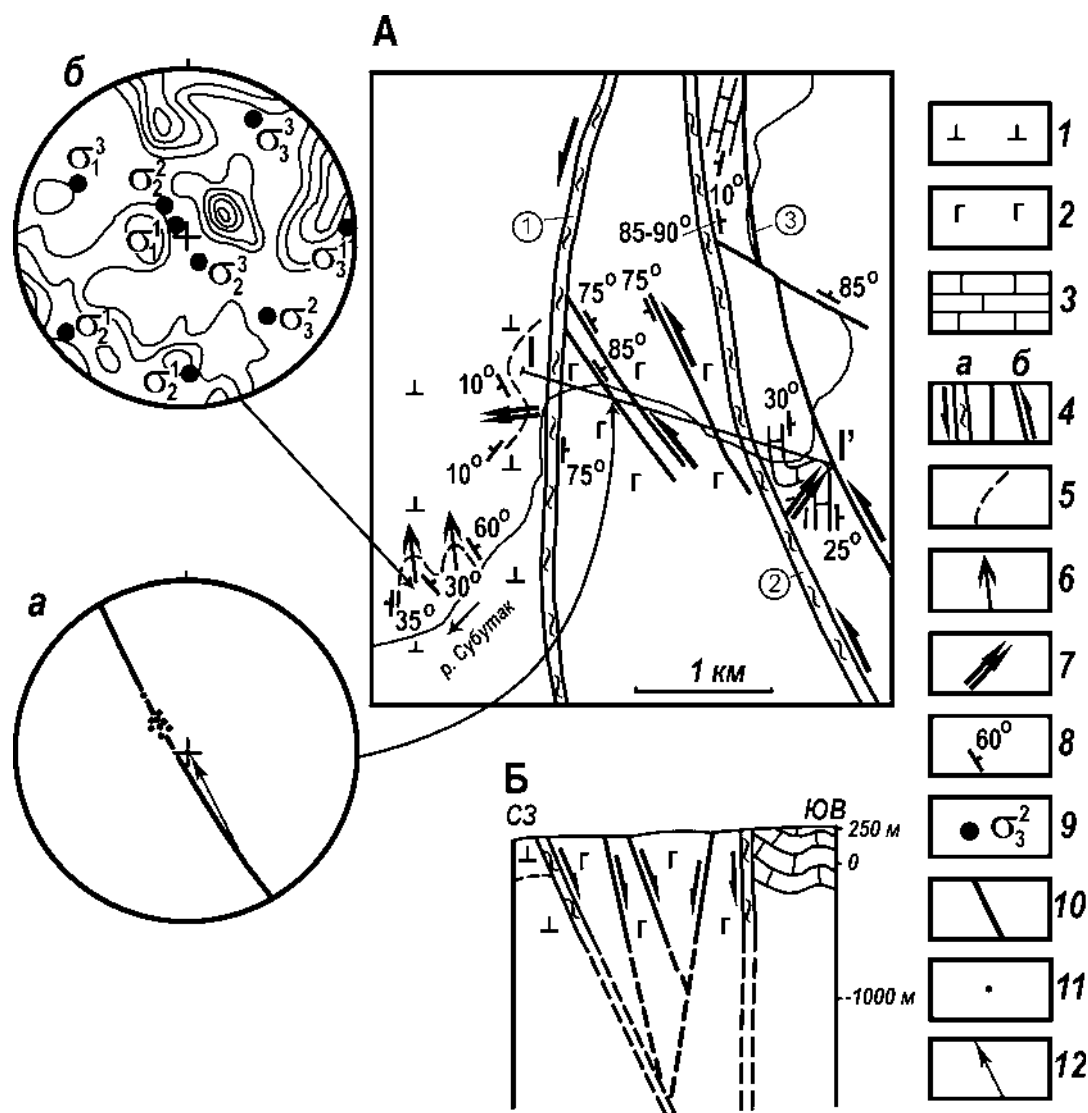


Рис. 3. Геолого-структурная схема (А) и разрез (Б) зоны Браиловского разлома в районе р. Суундук (составлены с использованием данных А.М. Косарева)

Диаграммы (сетка Вульфа, верхняя полусфера): *а* — определения вектора смещения по разрыву по линейности пересечения Y- и R-сколов, *б* — плотностей полюсов трещин (97 замеров, изолинии соответствуют 1-2-4-6-8%).

1 — риолиты и их туфы (D_2 ?); *2* — диабазы с прослоями известняков и вулканогенно-осадочных пород (C_1); *3* — органогенные известняки с прослоями терригенно-кремнистых пород (C_1); *4* — разломы: *а* — главные и *б* — второстепенные, стрелками показано направление смещений крыльев; *5* — поверхности напластования; *6-7* — оси складок первой (*б*) и второй (*7*) генераций; *8* — элементы залегания; *9-12* — на диаграммах: *9* — оси главных нормальных напряжений (σ_1 — максимальных, σ_2 — средних, σ_3 — минимальных; верхними индексами обозначены генерации полей палеонапряжений от ранних к поздним), *10* — плоскость разрыва, *11* — точки пересечения Y- и P-сдвигов, *12* — вектор смещения висячего крыла разрыва. Арабскими цифрами в кружках обозначены основные разломы

связано образование близмеридиональной антиклинали и мелких продольно осевых надвигов восточного и западного падения. По всем признакам это поле напряжений существовало до заложения Браиловского сдвига. Под действием поля напряжения второй генерации в ядре антиклинали образовались меридиональные левые и близширотные правые сдвиги, характеризующиеся восточным и

южным падением соответственно. Полям напряжений этой генерации отвечают левосдвиговые смещения по Браиловскому разлому. В условиях позднего северо-восток — юго-западного стресса сформировались север — северо-западные правые и северо-восточные левые сдвиги. По Браиловскому разлому в этот период времени происходили правосторонние смещения. Поздние движения

с правым знаком установлены нами, в частности, по разлому № 1.

Как видно из приведенных данных, Браиловский региональный разлом представляет собой зону левого сдвига, которая испытала реактивированные правосторонние движения, не оказавшие существенного влияния на ее структуру. Разломная зона имеет гетерогенное строение, обусловленное чередованием по простиранию доминирующих трансpressивных и подчиненных трансстенсивных интервалов, которые, по-видимому, взаимосвязаны компенсационным фактором. Транспрессивные интервалы, состоящие из продольных магистральных сдвигов и опережающих диагональных сдвиго-взбросов (надвигов) и приразломных складок северо-восточного простирания, приурочены к прямолинейным участкам сдвиговой зоны и ее изгибам по часовой стрелке. Локальные обстановки трансстении, индикатором которых могут служить негативные цветочные структуры, характерны для искривлений с противоположным направлением.

Литература:

- Артюшкова О.В., Маслов В.А.** Палеонтологическое обоснование стратиграфического расчленения дофаменских вулканогенных комплексов Верхнеуральского и Магнитогорского районов. — Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. — 156 с.
- Гзовский М.В.** Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975. — 536 с.
- Гущенко О.И.** Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979. — С. 7–25.
- Знаменский С.Е.** Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. — Уфа: Гилем, 2009. — 348 с.
- Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т.** Трансект через Южный Урал: Препр. / РАН. Уфимский науч. центр. Ин-т геологии. — Уфа, 1992. — 21 с.
- Корчмагин В.А., Емец В.С.** К методике реконструкции и разделения наложенных полей напряжений // Докл. АН СССР. — 1982. — Т. 263, № 1. — С. 163–168.
- Мосейчук В.М., Яркова А.В., Михайлов И.Г.** Объяснительная записка к Гос. карте РФ. — 1:200 000. Сер. Южноуральская. Лист N-40-XXX. — Челябинск, 1998. — 159 с.
- Николаев П.Н.** Методика статистического анализа трещин и реконструкции полей палеонапряжений // Изв. Вузов. Геол. и разв. — 1977. — № 12. — С. 103–115.
- Плюснин К.П.** Методика изучения тектонических структур складчатых поясов (на примере Урала). — Пермь: Изд-во УТГУ, 1971. — 217 с.
- Bankwitz P., Ivanov K.S.** The shear belt of the eastern Urals — evidence for oblique collision of the South Urals // Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала: Тез. докл. VI Уральск. Петрогр. совещания. — Екатеринбург: УрО РАН, 1997. — Ч. 1. — С. 220–221.
- Cowan D.S., Brandon M.T.** A symmetry-based for kinematic analysis of large-slip brittle fault zones // American J. of Science. — 1994. — V. 294. — P. 257–306.
- 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.
- Sylvester A.G.** Strike-slip faults // Geological Society of America Bulletin. — 1988. — V. 100, No 11. — P. 1666–1703.
- Woodcock N.H., Fisher M.** Strike-slip duplexes // J. of Structural Geology. — 1986. — V. 8, No 7. — P. 725–735.