

УДК 55(1/9)+551.1/3+551.21/26+550.8(571.63)

DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-528-541

## Сдвиговый тектогенез в формировании Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса: структурно-динамический анализ

В. П. Уткин<sup>1</sup>, А. Н. Митрохин<sup>1</sup>, П. Л. Неволин<sup>1</sup>, Ю. П. Юшманов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159, e-mail: stakhor@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4, e-mail: yushman@mail.ru

Поступила в редакцию 15.11.2019 г., принята к печати 22.01.2020 г.

**Объект исследования.** Исследовалась роль сдвигового тектогенеза в проявлениях магматизма крупного фрагмента Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса (ВСАВП) на северо-востоке Приморья. **Материалы и методы.** Используются материалы геолого-съемочных работ и специальных полевых структурных исследований. В основу методов положена концепция структурных рисунков, сформированных горизонтальными, прежде всего сдвиговыми, движениями блоков земной коры. **Результаты.** Установлена система северо-восточных левых сдвигов, активность которых проявилась в два этапа. Складчато-сдвиговый (орогенный) этап характеризуется развитием до позднего мела обширной складчатой системы стратифицированных образований, перекрывающих активные сдвиги консолидированного докембрийского фундамента. К позднему мелу сдвиги расщелили складчатый комплекс на узкие блоки, создав предпосылки для активизации сдвигов на последующем деструктивно-сдвиговом (рифтогенном) этапе (поздний мел – кайнозой). В течение последнего сдвиги активизировались в режиме трансформации (сдвиг с растяжением) с формированием субпоперечных к сдвигам вулканотектонических структур растяжения (ВТСР). С одной стороны, они играли роль магмоподводящих каналов, а с другой, растяжение создавало обстановки для формирования депрессионных провалов, в которых последовательно накапливались большие объемы вулканитов, перекрывающих и «сшивающих» ВТСР с образованием обширных вулканических покровов. **Выводы.** Раскрытие ВТСР есть следствие горизонтальных сдвиговых смещений блоков континентальной коры, что не согласуется с априорными представлениями о развитии Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса в условиях субдукции океанических плит. Полученные материалы дополнили разработки, согласно которым формирование Восточно-Азиатского вулканического пояса происходило в структурно-динамических обстановках, созданных развитием Восточно-Азиатской глобальной сдвиговой зоны, как следствие смещения Азиатского континента на юго-запад в условиях ротационной геодинамики Земли.

**Ключевые слова:** Восточно-Сихотэ-Алинский вулканоплутонический пояс, сдвиговый тектогенез, вулканотектонические структуры растяжения, Восточно-Азиатский вулканический пояс, Восточно-Азиатская глобальная сдвиговая зона

## Strike-slip fault tectogenesis in formation of the East Sikhote-Alin volcano-plutonic belt: Structural and dynamic analysis

Valentine P. Utkin<sup>1</sup>, Alexander N. Mitrokhin<sup>1</sup>, Peter L. Nevolin<sup>1</sup>, Yuri P. Yushmanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Far East Geological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, 159 100-letiya Vladivostoka av., Vladivostok 690022, Russia, e-mail: stakhor@yandex.ru

<sup>2</sup>Institute of Complex Analysis of Regional problems of the Far Eastern Branch of RAS, 4 Sholom-Aleikhema st., Birobidzhan 679016, Russia, e-mail: yushman@mail.ru

Received 15.11.2019, accepted 22.01.2020

**Study object.** The role of strike-slip fault tectogenesis in magmatism of the large (North Eastern Primorye) fragment of the Eastern Sikhote-Alin volcano-plutonic belt (ESAVPB) is studied. **Materials and methods.** The materials of geological mapping and field geostructural thematic-line research are used. Study methods are based on the concept of the geostructural patterns being formed by lateral, namely, strike-slip movements of crustal blocks. **Results.** There is recognized the system of the NE-trending sinistral faults, whose activation taken place during two stages. The pre-Late-Cretaceous fold-and-strike-

**Для цитирования:** Уткин В.П., Митрохин А.Н., Неволин П.Л., Юшманов Ю.П. (2020) Сдвиговый тектогенез в формировании Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса: структурно-динамический анализ. *Литосфера*, 20(4), 528–541. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-528-541

**For citation:** Utkin V.P., Mitrokhin A.N., Nevolin P.L., Yushmanov Yu.P. (2020) Strike-slip fault tectogenesis in formation of the East Sikhote-Alin volcano-plutonic belt: Structural and dynamic analysis. *Litosfera*, 20(4), 528–541. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-528-541

© В.П. Уткин, А.Н. Митрохин, П.Л. Неволин, Ю.П. Юшманов, 2020

slip-fault (*orogenic*) stage is characterized by the widely developed fold system within the stratified formations covering active strike-slip faults of the pre-Mesozoic consolidated basement. By the Late Cretaceous, the strike-slip faults cut the fold system into narrow blocks, creating the preconditions for the strike-slip faults' activation during the next destruction-and-strike-slip-fault (*rifogenic*) stage (Late Cretaceous – Cenozoic). During the latter, the strike-slip faults were activated under transtension (strike slip with extension) with formation of volcano-tectonic extension structures (VTES) near-crosswise the strike-slip faults. The VTES played, on the one hand, the role of magma-feeding channels. On the other hand, the extension caused preconditions for formation of the depression subsidences that accumulated large volumes of the volcanics covering and «crosslinking» the VTES, resulting in wide development of volcanic covers within the ESAVPB. *Conclusion.* The VTES' opening is thereby the effect of lateral (strike-slip) displacements of continental geoblocks that is not consistent with a priori ideas of the development of the East Sikhote-Alin volcano-plutonic belt under the oceanic plates' subduction. The resulting materials complement the formulations according to which the East Asian volcanic belt formed under the structural-and-dynamic conditions being caused by the evolution of the East Asian global strike-slip fault zone resulting from displacement of the Asian continent to the south-west under the Earth's rotational geodynamics.

**Keywords:** East Sikhote-Alin volcano-plutonic belt, strike-slip related tectogenesis, volcano-tectonic extension structures, East Asian volcanic belt, East Asian global strike-slip fault zone

#### Acknowledgements

We are very grateful to O.M. Molibog, T.I. Karpenko and Yu.N. Shekhovtseva for their preparing of a computer version of the article

## ВВЕДЕНИЕ

Восточно-Сихотэ-Алинский вулканоплутонический пояс (ВСАВПП) прослеживается вдоль побережья Японского моря и Татарского пролива более чем на 1000 км при средней ширине 35–40 км. Являясь крупным звеном супертранзитного Восточно-Азиатского вулканоплутонического пояса, ВСАВПП имеет сквозной характер развития, перекрывая и пересекая протоструктуры восточной окраины Азии. Наиболее распространенные представления о природе пояса исследователи связывали с процессами мезозой-кайнозойской тектономагматической активизации окраины Азии (Вулканические пояса..., 1984). Исследовались прежде всего вещественные составляющие проявления активизации, что позволило значительно расширить и углубить знания о магматических образованиях пояса в части их состава, объема, относительных и абсолютных возрастов. Специальные, прежде всего полевые, исследования по выявлению роли структурно-тектонических факторов в процессах магматизма практически отсутствовали; тектоническая активизация обсуждалась в общих чертах, вытекающих главным образом из господствующих парадигм развития окраины Азии – геосинклинальной, а затем сменившей ее плейттектонической.

Углубленные систематические исследования роли структурно-динамических факторов в развитии ВСАВПП начались после открытия Центрального Сихотэ-Алинского (ЦСА) сдвига (Иванов, 1961, 1972) и системы левых сдвигов к востоку от него (Уткин, 1976). На большом фактическом материале с использованием специально разработанной методики было показано, что формирование транзитного ВСАВПП в пределах восточного крыла ЦСА сдвига обусловлено активизацией в позднем мелу–кайнозое глубинных сдвигов в режиме

транстензии (сдвиг с растяжением) с образованием структур растяжения, игравших роль магмоподводящих каналов (Уткин, 1978, 1980, 1987). Однако это открытие со всей полнотой важности в формировании ВСАВПП не было принято сторонниками плитной тектоники, так как, согласно плейттектонической парадигме, само наличие вулканоплутонического пояса априори свидетельствует о развитии окраины континента в условиях субдукции океанических плит (так называемых активных континентальных окраин). Априорные представления о субдукционном формировании вулканических поясов освободили плейттектонистов от необходимости исследования структурно-динамических и кинематических обстановок вулканизма, реально проявленных в пределах вулканических поясов. В целях решения этой важнейшей проблемы предлагается еще один пример углубленного исследования роли структурно-динамических факторов в формировании ВСАВПП.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, ПОДХОДЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были сосредоточены в центральном сегменте ВСАВПП на северо-востоке Приморского края на площади, охватывающей бассейны рек Единка, Кабанья, Самарга (рис. 1). Этот участок пояса привлекает внимание выходами среди обширного поля позднемеловых–кайнозойских вулканитов «окон» раннемелового складчатого основания, что позволяет сопоставить их структурные характеристики, а также исследовать возможную зависимость дислокаций вулканического чехла от тектонической активности разломов раннемелового фундамента. Анализировались прежде всего полевые материалы структурных исследований (Уткин и др., 1980), которые проводились при



**Рис. 1.** Контроль мел-кайнозойского магматизма и рудной минерализации синсдвиговыми структурами растяжения. Карта составлена на основе материалов геологической съемки (Олейников и др., 1979) и структурных исследований (Уткин и др., 1980).

1 – преимущественно неогеновые базальты; 2 – верхний структурно-формационный комплекс (СФК) – позднемеловые-кайнозойские вулканики кислого и среднего состава: прежде всего образования приморской серии, самаргинской и богопольской свит и их аналогов; 3 – нижний СФК – складчатое основание вулканического чехла: раннемеловые (аптальбские) преимущественно терригенные отложения; 4–6 – интрузивные комплексы: 4 – сеноманские, преимущественно граниты, гранодиориты, диориты (венюковский комплекс), 5 – маастрихт-датские габбро, габбродиориты, диориты, граниты (прибрежный комплекс), 6 – палеоценовые граниты, гранит-порфиры, кварцевые порфиры, дацитовые порфиры (обзорный комплекс); 7 – поля надынтрузивного контактового метаморфизма; 8 – частные сдвиги (штриховые линии – предполагаемые) сдвиговых зон: А – Адинской, Т – Топографической, К – Килоуской, С – Скалистой, Б – Бурматовской, П – Повелицинской, Е – Единкинской; 9 – типы минерализации от высокотемпературных к относительно низкотемпературным (по данным штупного и бороздового опробования), перечисленные в последовательности слева направо и сверху вниз: преимущественно вольфрамовая, преимущественно оловянная, полиметаллическая, золотосеребряная с полиметаллами, золотосеребряная; 10 – генеральные границы синсдвиговых магмоконтролирующих структур растяжения, в том числе (буквы в кружке): Венюковской (В), Поперечной (П), стрелки – направления растяжений; 11 – направление региональных сил сжатия; 12 – границы золотосеребряных месторождений: Бурматовского (5), Глиняного (6), Ягодного (7). Цифры соответствуют номерам рисунков в тексте.

**Fig. 1.** Control of the Cretaceous-to-Cenozoic magmatism and ore mineralization by strike-slip related extensional structures. The map is based on geological mapping data (Oleinikov et al., 1979) and structural studies (Utkin et al., 1980).

1 – Neogene basalts, mainly; 2 – upper structural-formation assemblage (SFA) (cover) – Late-Cretaceous-to-Cenozoic volcanics of acidic and medium composition: primarily the strata of the Primorye series, and the Samarga and Bogopol' suites with their analogues; 3 – lower SFA – folded basement of the volcanic cover: Early Cretaceous (Aptian-to-Albian) mainly terrigenous sediments; 4–6 – intrusive complexes: 4 – mainly granites, granodiorites, and diorites (Cenomanian Venyukovka complex), 5 – gabbro, gabbro-diorites, diorites, and granites (Maastrichtian-to-Danian Pribrezhnyi complex), 6 – granites, granite porphyry, quartz porphyry, and dacite porphyry (Paleocene Obzornaya complex); 7 – fields of over-intrusive contact metamorphism; 8 – partial (dashed lines – assumed) segments of the strike-slip fault zones: A – Ada, T – Topograficheskoy, K – Kilou, C – Skalistoy, B – Burmatovskoy, P – Povelitsynskoy, E – Edinka; 9 – mineralization from the high-temperature to relatively low-temperature types (according to lump and furrow sampling data), being listed in sequence from left to right and from top to bottom: mainly tungsten, mainly tin, polymetallic, gold-silver with polymetals, gold-silver; 10 – general boundaries of strike-slip related magma-controlling extension structures, including (letters in a circle): Venyukovka (B), Poperechnaya (P), arrows – extension directions; 11 – direction of the regional compressive forces; 12 – boundaries of the gold-and-silver deposits: Burmatovskoy (5), Glinyanoe (6), Yagodnoe (7). The digits correspond to the figure numbers in the paper text.

геологическом доизучении площадей Приморской поисково-съёмочной экспедицией (Олейников и др., 1979). Привлекались результаты исследований роли структурно-динамических факторов в процессах мезокайнозойского магматизма и формирования рудных месторождений Центрального Сихотэ-Алиня (Уткин, 1989, 2005).

В основу методов исследований положена концепция о структурном рисунке, обусловленном горизонтальными, прежде всего сдвиговыми, движениями блоков земной коры (Буртман и др., 1963; Лукьянов, 1965; и др.). Сущность этой концепции заключается в том, что существуют теснейшие генетические связи сдвигов, складчатости, субгоризонтальных срывов, надвигов, сбросов, раздвигов, которые находятся в динамическом единстве, не формируются изолированно, а возникают и развиваются синхронно или последовательно. Исключительно закономерная пространственно-временная организация практически всех известных в тектонике дислокационных структур свидетельствует о существовании в зонах динамического влияния сдвигов направленного тектонического процесса с присущими только ему законами развития. В рамках этой концепции специально для закрытых горно-таежных условий Приморья была разработана оригинальная методика изучения сдвиговых дислокаций с акцентом на выявление синсдвиговых структурных парагенезов (Уткин, 1980).

Выявление и изучение структурных парагенезов разных масштабов проводились путем анализа геологических карт, планов, разрезов и полевой документации морфологии, пространственных и временных соотношений разноранговых складок и разломов и составляющих их структурных и кинематических элементов: слоистости, разрывов с признаками смещений, штрихов и зеркал тектонического скольжения, кливажа и др. Особое внимание уделялось исследованию парагенеза структур трех основных динамических типов: 1) сжатия (складки, надвиги, взбросы); 2) растяжения (раздвиги и ассоциирующиеся с ними сбросы); 3) скола (собственно сдвиги). Детально изучались динамо-кинематические условия приоткрывания магмоконтролирующих структур растяжения в режиме сдвигового тектогенеза. Законы пространственно-генетической организации разрывных и складчатых структур, достоверно установленные в малых формах, использовались в целях увязки документированных, но разрозненных фрагментов крупных структур протяженностью в десятки километров. Для статистического обобщения наблюдений составлялись частные и суммарные диаграммы с применением сетки Вульфа. По доминантному положению элементов структурных парагенезов определялись направления сжатия, исходя из известных закономерностей наиболее распространенных типов деформаций, с применением апробированных методов динамиче-

ского анализа. Особое внимание уделено анализу дислокаций позднемелового вулканического чехла как следствия активности сдвигов в раннемеловом складчатом основании вулканитов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В пределах исследованной площади (см. рис. 1) по возрасту, составу образований, степени их дислоцированности и условиям формирования выделяются два основных структурно-формационных комплекса (СФК) (Олейников и др., 1979). Нижний СФК представлен апт-нижнеальбскими, преимущественно терригенными, интенсивно дислоцированными отложениями, составляющими основание, на котором несогласно размещен верхний СФК. Верхний СФК сложен слабодислоцированными позднемеловыми-кайнозойскими вулканитами и частично вулканогенно-осадочными образованиями. В целях усиления контрастности структурных характеристик и вещественного состава нижнего и верхнего СФК выделен переходный СФК, роль которого как связующего звена между нижним и верхним комплексами проявлена не только в его промежуточном возрасте (средний-поздний альб), но и в часто фиксируемых переходах морских отложений нижнего СФК к образованиям континентальным, существенно вулканогенного облика, характерного для верхнего СФК (Назаренко, Бажанов, 1987).

Анализом структурного рисунка геологических карт, составленных при геологическом доизучении рассматриваемых площадей (Олейников и др., 1979) с привлечением материалов специальных полевых структурных исследований (Уткин, 2005) и на основе известных законов структурирования коры в условиях сдвигового тектогенеза, выявлена система сдвиговых зон северо-восточного простирания, которые наиболее отчетливо проявлены в раннемеловом складчатом фундаменте и фрагментарно – в позднемеловом вулканическом чехле (см. рис. 1). Сдвиговыми зонами складчатый фундамент рассечен на относительно узкие (10–15 км) блоки; закономерный структурный шаг – характерная особенность сдвигового тектогенеза; косая ориентировка складок по отношению к сдвигам, как и наличие складок с крутыми шарнирами (аксоноклиналей), указывает на сдвиговую природу складчатости, причем формировавшейся в условиях левосдвигового тектогенеза.

В ограниченных сдвиговыми зонами блоках коры сформированы структуры, локализирующие тела гранитоидов и рассеянную рудную минерализацию, генетически связанную с гранитоидами (см. рис. 1). Поперечное к сдвигам положение этих структур отвечает ориентировке структур растяжения, сформированных в результате активно-

сти сдвигов в режиме транстенсии. Обладая декомпрессионными характеристиками, структуры растяжения были благоприятны для генерации магм, происходившей в результате декомпрессионного плавления осадочных пород, возможно, с участием высокотемпературных глубинных флюидов, поступавших по сдвиговым зонам, которые, согласно глубинному сейсмозондированию, характеризуются как глубинные структуры, пересекающие континентальную кору на глубинах от 20 до 30–40 км и проникающие в верхнюю мантию (Уткин, 1987).

Таким образом, в процессе развития системы глубинных сдвигов создавались структурно-динамические условия, обеспечившие не только вертикальное продвижение магм и высокотемпературных флюидных потоков с нижних уровней континентальной коры и подкоровых, но и формирование верхнекоровых, благоприятных для магмогенерации структур растяжения. Сосдвиговое декомпрессионное локальное растяжение коры было многократным, что определило наличие не менее трех этапов верхнекорового интрузивного магматизма (см. рис. 1) с формированием интрузивных комплексов разного состава (Олейников и др., 1979): венюковский (сеноманские граниты, гранодиориты, диориты); прибрежный (маастрихт-датские габбро, габбродиориты, диориты, граниты); обзорный (палеоценовые граниты, гранит-порфиры, кварцевые порфиры, дацитовые порфиры). Разный состав – свидетельство миграции магм с разных уровней коры и подкоровых и/или является следствием формирования магм в длительно функционирующих очагах (процессы дифференциации магм, ассимиляции, контаминации). Наиболее низкий уровень длительно функционирующих коровых магматических очагов проявлен в формировании тел альб-сеноманских гранитоидов (татибинская серия), вскрытых эрозией к западу от рассматриваемой площади и контролируемых протяженными узкими антиклиналями СВ простирания. Косая ориентировка магмолокализирующих складок к системе левых сдвигов – свидетельство их формирования в условиях сдвигового тектогенеза на раннем пликативном этапе его развития, предшествующем поздне меловому-кайнозойскому деструктивному этапу (Уткин, 1987, 2005; и др.).

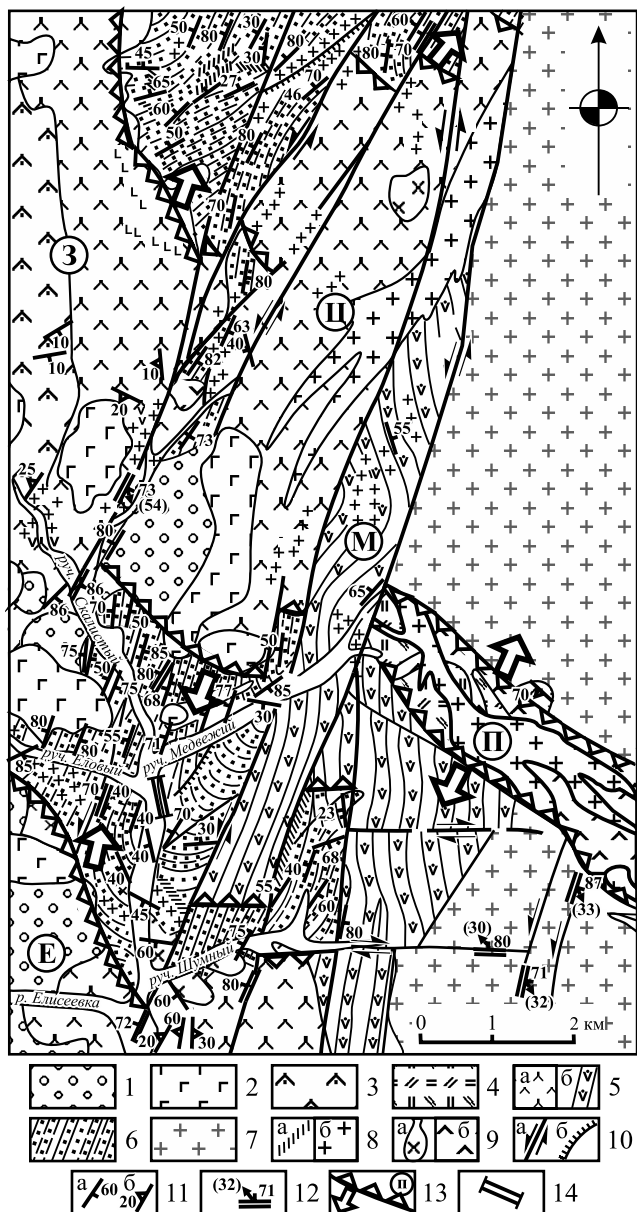
Представляют интерес строение и последовательность структурирования сдвиговых зон. Из всех установленных сдвиговых зон наиболее детально изучена Скалистая, прежде всего на участке, где она с СЗ ограничивает Венюковский массив сеноманских гранитоидов (см. рис. 1). Здесь Скалистая сдвиговая зона при ширине до 5 км состоит из пяти главных сквозных сместителей, которые, падая круто (70–80°), пересекают раннемеловое (апт-ранний альб) складчатое основание на узкие (1–2 км) блоки (рис. 2). Блоки, в свою очередь, интенсивно дислоцированы с развитием теснобли-

женных сдвигов, параллельных северо-восточным главным сдвигам (рис. 3), и сопровождаются исключительно интенсивным складкообразованием (рис. 4), в том числе складками с крутыми шарнирами (см. рис. 3), характерными для сдвигового тектогенеза. Сдвиговые смещения по разломам ССВ простирания подтверждаются доминирующей здесь пологой и горизонтальной тектонической штриховкой, ориентированной в этом же направлении (см. диаграмму на рис. 3).

Перечисленные структурно-кинематические характеристики относятся к первому допоздне меловому этапу развития Скалистой сдвиговой зоны. На втором этапе ограниченные сквозными сдвигами блоки сдвиговой зоны, главным образом в позднем мелу, начали растягиваться с формированием поперечных к сдвигам структур растяжения, которые по морфологическим характеристикам и пространственно-временной совокупности проявления тектоники и вулканизма отвечают особенностям развития вулканотектонических структур растяжения (ВТСР), природа которых как синсдвиговых структур растяжения проявлена и в Центральном Сихотэ-Алине (Уткин, 2005).

По морфологическим характеристикам, как и по пространственному соотношению со сдвигами, ВТСР идентичны сосдвиговым структурам растяжения, контролирующим охарактеризованный ранее интрузивный магматизм, но являются не внутрикоровыми, а открытыми, проявленными на земной поверхности (см. рис. 2). Развитие в ВТСР многочисленных субинтрузивных тел (даек, штоков и пр.) и многообъемного вулканизма – прямое свидетельство тектономагматической активизации ВТСР в режиме неоднократного длительного растяжения, начавшегося в среднем-позднем альбе и продолжавшегося в позднем мелу-кайнозое (см. рис. 2). Механизм поэтапного раскрытия ВТСР как следствие сосдвигового растяжения обнаруживается в строении нижних (корневых) уровней ВТСР, например Поперечной (см. рис. 1, 2), последовательное формирование которой происходило после “интрузивного” (сеноман) этапа растяжения коры.

В результате сдвиговой активизации Скалистой и Бурматовской сдвиговых зон в режиме транстенсии (см. рис. 1) в ограниченном ими блоке коры в сеномане в синсдвиговой структуре верхнекорового растяжения сформировался Венюковский гранитоидный массив. В туроне-кампане (время формирования вулканических приморской серии) блок вновь подвергся синсдвиговому растяжению с формированием Поперечной ВТСР, которая рассекла Венюковский гранитоидный массив, по-видимому вскрыв его остаточный магматический очаг. Многоэтапность раскрытия Поперечной ВТСР проявилась в последовательном формировании экструзивных тел (см. рис. 2), вытянутых в северо-западном направлении, в целом параллельно границам ВТСР. Такая



**Рис. 2.** Строение и формирование вулканотектонических структур растяжения в условиях транстензии сдвигов (сдвиг с растяжением). Карта составлена по материалам геологической съемки (Олейников и др., 1979) и структурных исследований (Уткин и др., 1980). Местоположение – см. рис. 1.

1 – коллювиально-деллювиальные отложения (Q); 2–4 – верхний СФК (K<sub>2</sub>–N<sub>1</sub>): Pg<sub>3</sub>–N<sub>1</sub> базальты, конгломераты, алевролиты, песчаники (2), игнимбриты, агломератовые туфы кислого состава, туфоконгломераты, туффиты (фрагменты богопольской свиты, K<sub>2</sub>m<sub>2</sub>–Pg<sub>1</sub>d<sub>1</sub>) (3), липариты, фельзиты флюидальные (фрагменты приморской серии, K<sub>2</sub>t–K<sub>2</sub>km) (4); 5 – переходный СФК (K<sub>1</sub>al<sub>2-3</sub>): песчаники, алевролиты, конгломераты, туфы и туфоконгломераты с мощными горизонтами лав андезитов, дацитов (а), лавы гиалокластитов и туфы андезибазальтов, глыбовые осадочные брекчии (б); 6 – нижний СФК (K<sub>1</sub>a–K<sub>1</sub>al<sub>1</sub>): флишoids, переслаивание песчаников и алевролитов; 7 – сеноманские граниты, слагающие Венюковский массив; 8, 9 – интрузивно-

экструзивные тела, сформированные в позднем мелу–кайнозое: 8 – дайки липаритов, липаритовых порфиров (а), гранит-порфиров (б), 9 – штоки и дайки диоритов и диоритовых порфиров (а), дацитовых порфиров, андезитовых порфиров (б); 10 – сдвиги (а), надвиги (б); 11 – элементы залегания слоистости (а) и флюидальности (б); 12 – ориентировка тектонических сместителей с углом падения (цифра), при наличии штрихов скольжения показаны направление (стрелка) и угол их погружения (цифра в скобках); 13 – синдвиговые ВТСР: 3 – Западная, Е – Елисеевская, М – Медвежья, П – Поперечная, Ц – Центральная; раскрытие ВТСР с формированием депрессионных просадок началось в среднем-позднем альбе и многократно активизировалось в позднем мелу и кайнозое (стрелки – направления синдвиговых растяжений); 14 – участок детально документированной цокольной террасы руч. Скалистый (см. рис. 3).

**Fig. 2.** Arrangement, infrastructure, and formation of volcano-tectonic extension structures (VTES) under of the strike-slip faults' transtension (strike slip with extension). The map is based on geological mapping data (Oleinikov et al., 1979) and structural studies (Utkin et al., 1980). Location – see Fig. 1.

1 – colluvial-and-deluvial sediments (Q); 2–4 – upper SFA (K<sub>2</sub>–N<sub>1</sub>): Pg<sub>3</sub>–N<sub>1</sub> basalts, conglomerates, siltstones, and sandstones (2), ignimbrites, acid agglomerate tuffs, tuff conglomerates, and tuffites (fragments of the Bogopol' suite, K<sub>2</sub>m<sub>2</sub>–Pg<sub>1</sub>d<sub>1</sub>) (3), liparites, fluidic felsites (fragments of the Primorye series, K<sub>2</sub>t–K<sub>2</sub>km) (4); 5 – transitional SFA (K<sub>1</sub>al<sub>2-3</sub>): sandstones, siltstones, conglomerates, tuffs and tuffoconglomerates with largethickness marking inlayers of andesite and dacite lavas (a), hyaloclastic lavas and tuffs of andesite basalts, blocky sedimentary breccias (б); 6 – lower SFA (K<sub>1</sub>a–K<sub>1</sub>al<sub>1</sub>): flyschoids, interbedded sandstones and siltstones; 7 – Cenomanian granites of the Venyukovka massif; 8, 9 – intrusive-and-extrusive bodies formed during Late Cretaceous to Cenozoic: 8 – dykes of liparites and liparitic porphyrites (a), and granite porphyries (б), 9 – stocks and dykes of diorite and diorite porphyrites (a), and dacite porphyries, andesitic porphyrites (б); 10 – strike-slip faults (a), thrusts (б); 11 – strata (a) and fluidity (б) dip directions; 12 – dip direction of tectonic slipper at an angle (digits in brackets), tectonic striation (when there is) is shown by a direction (arrow) and an angle of its inclination (digits in brackets); 13 – strike-slip related VTESes: 3 – Zapadnaya, E – Eliseevskaya, M – Medvezhiy, П – Poperechnaya, Ц – Tsentral'naya; the VTESes' opening with formation of depressional subsidences began in the Middle-to-Late Albian time and was repeatedly reactivated during the Late Cretaceous and Cenozoic time; 14 – section of the well-documented ground terrace of the Skalistyi Creek (see Fig. 3).

ориентировка экструзивных тел свидетельствует о поперечном к этому направлению раскрытии структуры в результате растяжений, генерированных активизацией Скалистой и Бурматовской сдвиговых зон. Разный состав последовательно поступавших магм можно объяснить двумя главными причинами: во-первых, глубинными сдвигами последовательно могли вскрываться магматические очаги разных уровней коры (включая и подкоровые) и, следовательно, с магмами разного состава; во-вторых, возможно, многократно вскрывался длительно функционирующий остаточный магматический очаг Веню-

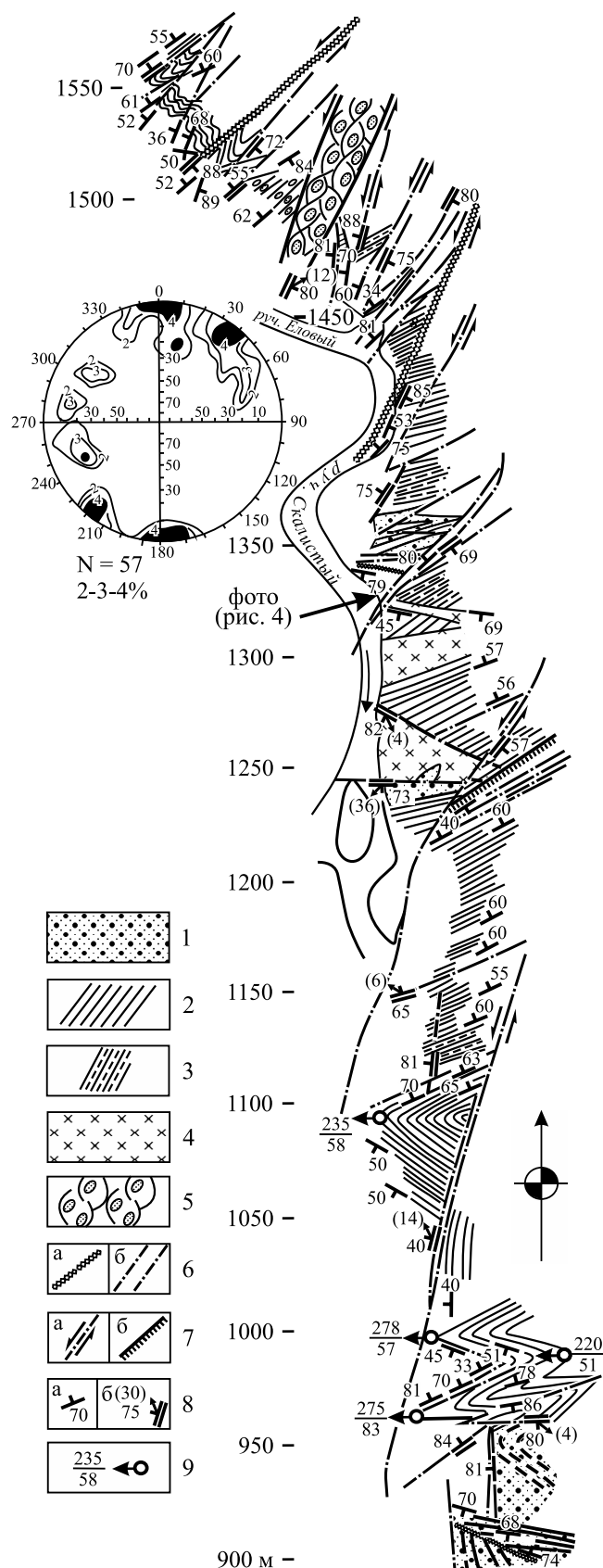


Рис. 3. Детально изученный фрагмент строения Скалистого сдвиговой зоны. Левый борт долины

ручья Скалистого ниже устья кл. Медвежьего. Местоположение – см. рис. 2.

1 – песчаники грубозернистые, гравелистые; 2 – песчаники среднезернистые слоистые; 3 – алевролиты слоистые; 4 – диориты; 5 – зоны будинажа; 6 – зоны дробления (а), разрывы различного порядка (б); 7 – сдвиги (а), надвиги и взбросы (б); 8 – элементы залегания слоистости (а) и плоскостей сместителей (б), стрелкой указано направление и угол погружения тектонических штрихов (цифра в скобках); 9 – азимут (числитель) и угол (знаменатель) погружения шарниров складок. Диаграмма массовых замеров погружения тектонических штрихов (сетка Вульфа, верхняя полусфера).

**Fig. 3.** A studied-in-detail structural fragment of the Skalistyi strike-slip fault zone. The left side of the Skalistyi Creek valley below the Medvezhiy Creek mouth. Location – see Fig. 2.

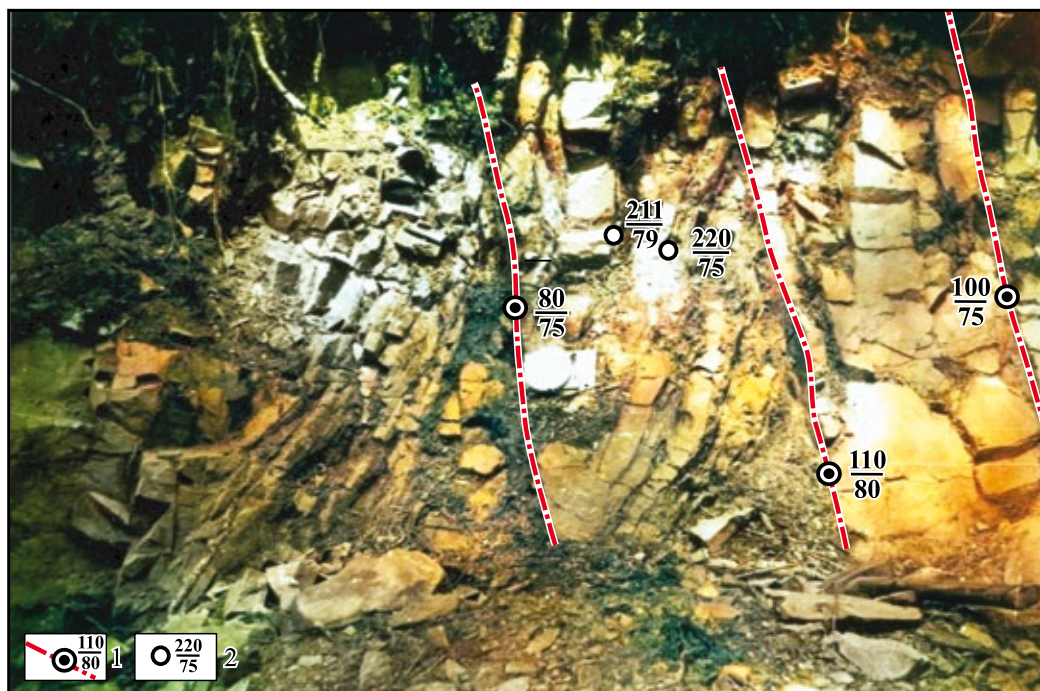
1 – coarse-grained and gravelled sandstones; 2 – layered medium-grained sandstones; 3 – layered siltstones; 4 – diorites; 5 – boudinage zones; 6 – crushing zones (a), faults of various ranks (b); 7 – strike-slip faults (a), thrusts and upthrusts (b); 8 – dip directions of bedding (a) and slip planes (b), arrow shows direction and angle of a plunge tectonic striae (digits in brackets); 9 – azimuth (numerator) and angle (denominator) of fold hinge plunging. Diagram for mass measurements of tectonic striae orientation (Wulff net, upper hemisphere).

ковского интрузива с поэтапной инъекцией дифференциатов магм разного состава.

Рассмотренная ВТСР вскрыта достаточно глубоким эрозионным срезом, включающим не только всю мощность, по-видимому, обширного вулканического покрова, но и верхний уровень Венюковского гранитоидного массива, сформированного в сеномане и локализованного в раннемеловом СФК. По существу, здесь эрозией вскрыт магнеподводящий канал Поперечной ВТСР, без которого нельзя представить процессы инъекции и извержения магм. Для более полной оценки строения и условий раскрытия магнеподводящих каналов, пересекающих раннемеловой СФК и обеспечивающих поставку магматических продуктов при формировании позднемелового–кайнозойского вулканического чехла (верхний СФК), рассмотрен корневой уровень эрозионного среза Бурматовской ВТСР, детально изученный в пределах одноименного месторождения (рис. 5).

Бурматовское золотосеребряное месторождение размещено в пределах одноименной сдвиговой зоны к востоку от Венюковского гранитоидного массива (см. рис. 1). Частные магнеподводящие каналы представлены позднемеловыми дайками и штоками преимущественно липарит-порфиров (аналогами турон-кампанской приморской серии) мощностью от 1 м и меньше – до 1 км, которые, падая субвертикально, пересекают раннемеловой складчатый комплекс (основание вулканического позднемелового чехла) (см. рис. 5). Дайки, тесно группируясь, отражают строение магнеподводя-





**Рис. 4.** Система сдвигов и синсдвиговые дислокации аптских слоистых осадочных отложений (светлое – песчаники, темно-серое – алевролиты, в большинстве меланжированные). Место фотографии – см. рис. 3.

1 – сдвиги и элементы их ориентировки (числитель – азимут падения сместителя, знаменатель – угол падения); 2 – элементы залегания слоев (числитель – азимут падения, знаменатель – угол падения).

**Fig. 4.** Strike-slip fault system and strike-slip related dislocations of the Aptian layered sedimentary deposits (light color – sandstones, dark gray color – mostly melange siltstones). Photo location – see Fig. 3.

1 – strike-slip faults and their dip directions (numerator – dip azimuth, denominator – dip angle); 2 – dip directions of bedding planes (numerator – dip azimuth, denominator – dip angle).

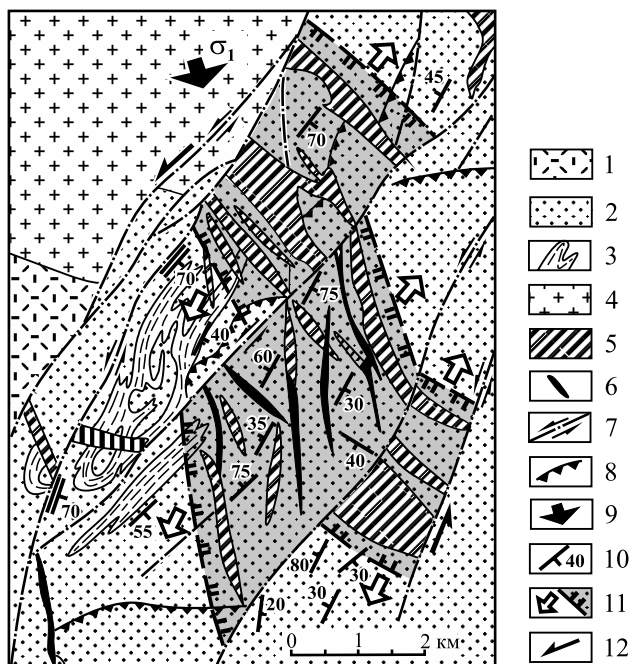
щей структуры растяжения шириной до 3.5 км, кося ориентировка которой (СЗ 300–340°) по отношению к сдвигам (СВ 25–30°) указывает на ее формирование в условиях левосдвигового тектогенеза, проявленного в туроне–кампане. Следует ожидать, что следствие сосдвигового растяжения коры – не только раскрытие системы магмоподводящих каналов, но и депрессионная просадка охваченных этим растяжением площадей с широким проявлением сбросовой тектоники. Данный комплекс синхронных тектоники и магматизма отражает главные особенности строения и развития ВТСР. Бурматовская ВТСР характеризуется признаками длительного развития. Сформированные здесь рудные жилы секут дайки и ориентированы, как и дайки, в ССЗ направлении, что свидетельствует о наследованном постдайковом импульсе раскрытия структур растяжения, которые достаточно изучены, например, на Глиняном золотосеребряном месторождении (рис. 6).

Глиняное месторождение расположено в Бурматовской сдвиговой зоне, южнее одноименного месторождения (см. рис. 1), но сформировано не в раннемеловом складчатом фундаменте, а на более

высоком уровне, в позднемеловом вулканическом чехле. Частные рудные тела, тесно группируясь, отражают строение структур растяжения шириной до 2 км (см. рис. 6), ориентировка которых на ССЗ, косо к сдвиговой зоне, указывает на раскрытие рудолокализирующих разрывов растяжения в условиях, идентичных позднемеловой левосдвиговой активизации Бурматовской зоны сдвигов, которая продолжала функционировать и на поствулканическом, кайнозойском, этапе развития. Кайнозойская левосдвиговая активизация разломов северо-восточного простирания проявлена и изучена, например, на Ягодном месторождении.

Ягодное месторождение сформировано в пределах Единкинской сдвиговой зоны (см. рис. 1). Рудные тела (разрывы растяжения) образуют кулисные эшелоны, инфраструктура которых соответствует строению потенциальных (зачаточных) левых сдвигов (рис. 7). Потенциальные сдвиги, играющие роль рудолокализирующих структур, как известно, могли формироваться и над активными сдвигами, в том числе глубинными, выступающими в качестве каналов для вертикальной миграции рудонесущих флюидов.





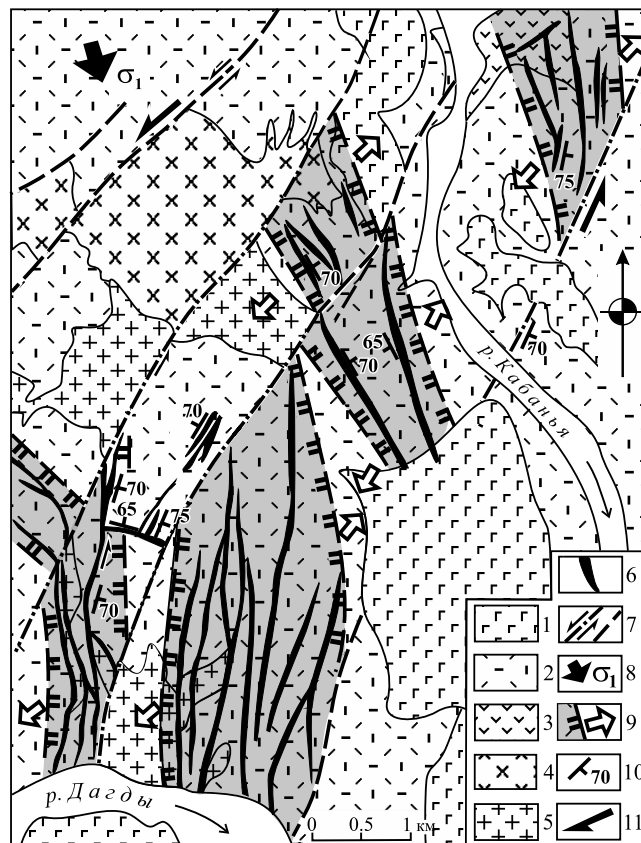
**Рис. 5.** Строение Бурматовской вулканотектонической структуры растяжения и синсдвиговый механизм раскрытия магмоподводящих каналов ее нижнего (корневого) уровня. Местоположение – см. рис. 1.

1 – поздне меловые вулканы кислого состава (аналоги приморской серии); 2 – апт-альбское складчатое основание вулканического чехла (преимущественно терригенные отложения); 3 – ядра антиклиналей, сложенные алевролитами; 4 – граниты (сеноман); 5 – дайки липарит-порфиров (аналоги турон-компанских кислых вулканитов приморской серии); 6 – рудные тела; 7 – сдвиги; 8 – надвиги; 9 – направление регионально-го сжатия; 10 – элементы ориентировки слоев и разрывов; 11 – границы магмоподводящих структур растяжения (корневые уровни ВТСР); 12 – направление смещений вдоль Бурматовской сдвиговой зоны.

**Fig. 5.** Arrangement of the Burmatovskiy volcano-tectonic extension structure and mechanism of strike-slip related opening of magma-feeding channels for its lower (root) level. Location – see Fig. 1.

1 – Late Cretaceous acidic volcanics (analogue of the Primorye series); 2 – Aptian-Albian folded basement of the volcanic cover (mainly terrigenous deposits); 3 – anticlines cores with siltstones; 4 – Cenomanian granites; 5 – lipite-porphyry dykes (analogues of the Turonian-Campanian acidic volcanics of the Primorye series); 6 – ore bodies; 7 – strike-slip faults; 8 – thrusts; 9 – direction of the regional compression; 10 – dip directions of bedding and faults; 11 – margins of the magma-feeding extension structures (at the root levels of the VTES); 12 – displacement directions alongwith the Burmatovskiy strike-slip fault zone.

Обобщая характеристики структур раннемеловых, поздне меловых и кайнозойских образований, их пространственно-временные и генетические соотношения, можно сделать вывод о последова-



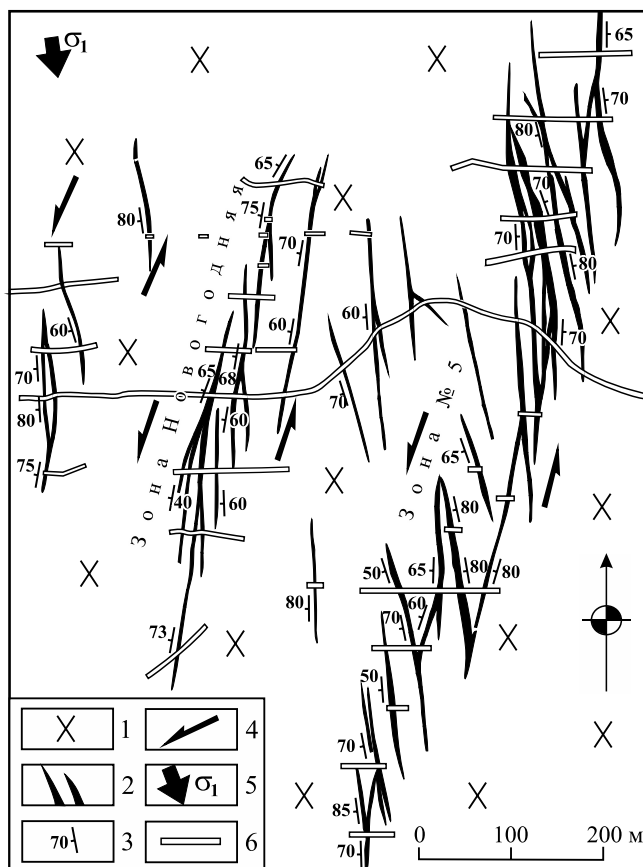
**Рис. 6.** Строение Глиняного золотосеребряного месторождения и синсдвиговые условия формирования его рудоносных структур растяжения (РСР). Местоположение – см. рис. 1.

1 – базальты ( $Pg_3-N_1$ ); 2, 3 –  $K_2$  вулканы, преимущественно кислого (2) и среднего (3) составов; 4, 5 –  $K_2$  гранодиориты, граниты, гранодиоритпорфиры, диоритовые порфиры (4) и дацитовые порфиры (5); 6 – жилы и минерализованные зоны; 7 – сдвиги (штриховая линия – предполагаемые); 8 – направление регионально-го сжатия; 9 – границы соседних РСР, локализу-ющих рудные тела; 10 – элементы ориентировки жил и минерализованных зон; 11 – направление смещений по Бурматовской сдвиговой зоне.

**Fig. 6.** Infrastructure of the Glinyanoie gold-silver deposit and strike-slip related conditions of formation of its ore-bearing extension structures (OBES). Location – see Fig. 1.

1 – basalts ( $Pg_3-N_1$ ); 2, 3 –  $K_2$  volcanics, mainly acidic (2) and medium (3) compositions; 4, 5 –  $K_2$  granodiorites, granites, granodiorite porphyries, and diorite porphyries (4) as well as dacitic porphyries (5); 6 – veins and mineralization zones; 7 – strike-slip faults (dashed line – their assumed segments); 8 – direction of the regional compression; 9 – margins of the OBES with ore bodies; 10 – dip directions of veins and mineralization zones; 11 – displacement direction alongwith the Burmatovskiy strike-slip fault zone.

тельности сдвигового тектогенеза – от формирования в раннем мелу синсдвиговой складчатой систе-



**Рис. 7.** Строение и динамические условия формирования рудолокализирующих потенциальных (зачаточных) сдвигов Ягодного месторождения. Местоположение – см. рис. 1.

1 – гранодиориты (даный – прибрежный комплекс); 2, 3 – рудные тела (2) и элементы их ориентировки (3); 4 – направление смещений с формированием потенциальных сдвигов; 5 – направление регионального сжатия; 6 – разведочные каналы.

**Fig. 7.** Infrastructure of the Yagodnoe deposit and dynamic conditions of formation of its potential (embryonal) ore-controlling strike-slip faults. Location – see Fig. 1.

1 – granodiorites (Pg,d Pribrezhnyi complex); 2, 3 – ore bodies (2) and their dip directions (3); 4 – displacement directions at synchroinal formation of potential strikeslip faults; 5 – direction of the regional compression; 6 – exploratory ditches.

мы к синсдвиговым структурам растяжения, обеспечившим в позднем мелу–кайнозойе структурно-кинематические условия проявления магматизма с формированием ВСАВПП. Структурно-кинематических признаков проявлений магматизма и рудогенеза в условиях субдукционного тектогенеза не обнаружено.

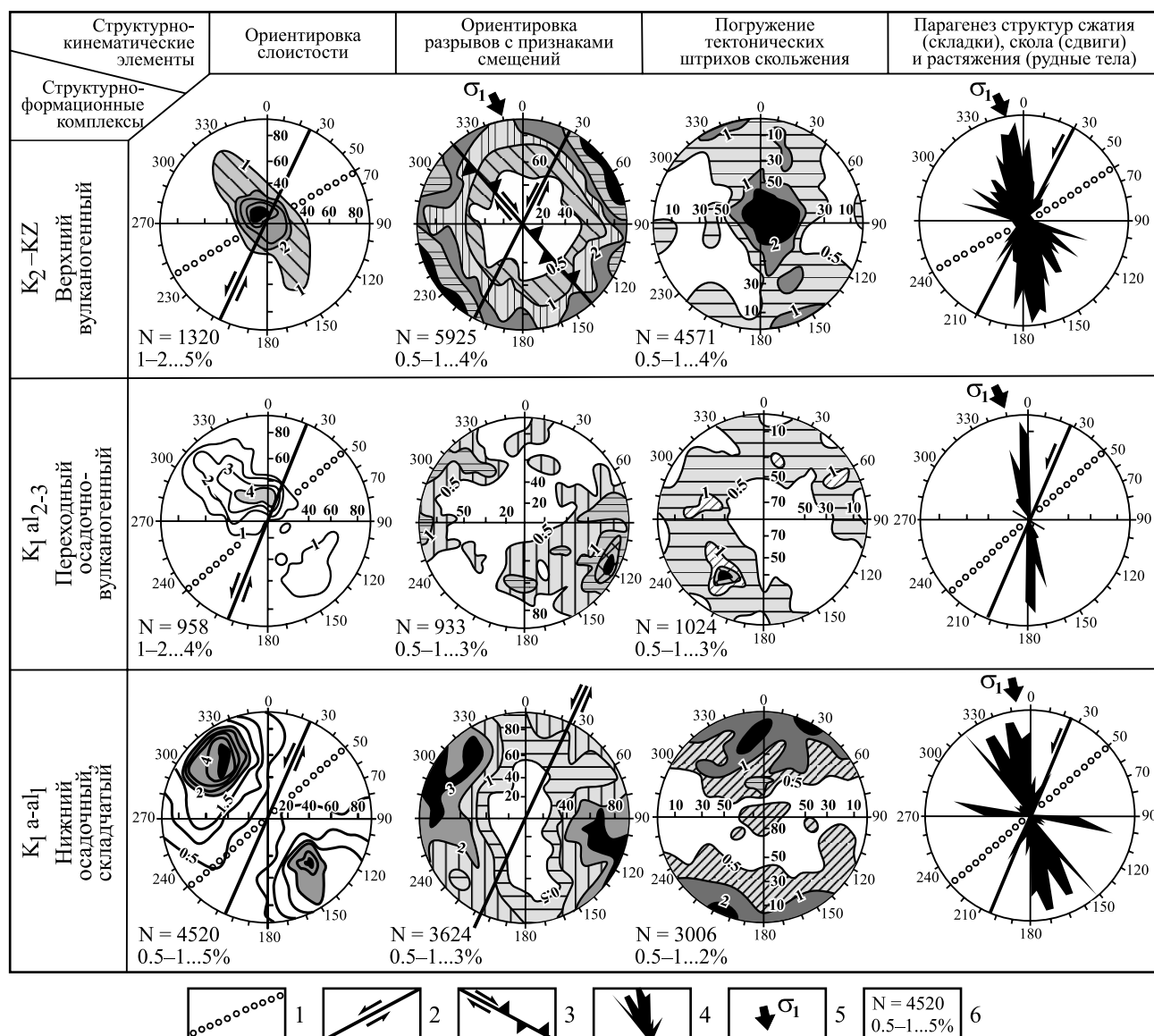
Позднемеловой-кайнозойский вулканический чехол последовательно перекрывал сдвиги, сформированные в раннем мелу и продолжавшие функ-

ционировать в позднем мелу–кайнозойе, что должно проявиться в соответствующих дислокациях образований вулканического чехла. Для подтверждения этих событий проведены массовые замеры и статистический анализ разрозненных структурных и кинематических элементов, установленных во всех структурно-формационных комплексах – от раннемеловых до позднемеловых-кайнозойских. Важное значение приобретает корреляция особенностей тектонических дислокаций, проявленных на разных уровнях коры.

В целях обнаружения генетической связи дислокаций верхнего вулканического СФК ( $K_2$ – $KZ$ ) с активностью северо-восточной системы левых сдвигов, рассекающих нижний осадочный СФК ( $K_1a$ – $al$ ), по специально разработанной методике (Уткин, 1980) проведены массовые замеры и корреляция структурно-кинематических элементов, отражающих складчатые и разрывные дислокационные характеристики этих СФК (рис. 8).

Массовые замеры слоистости отразили наличие в нижнем СФК складчатой системы со складками с крутыми крыльями и простиранием СВ  $50^\circ$  (см. рис. 8, здесь и далее указана доминирующая ориентировка складок и разрывов). Система складок ориентирована под углом около  $25^\circ$  по отношению к системе сдвигов, ориентированных СВ  $25^\circ$ . Косая ориентировка складок к сдвигам свидетельствует о формировании складчатой системы в условиях левосдвигового тектогенеза. В верхнем СФК при общем пологом залегании слоев наблюдается проявление зачаточной складчатой системы, явно наследующей СВ направление складок нижнего СФК и ориентированной так же косо к системе сдвигов нижнего СФК. Эти структурные соотношения позволяют сделать вывод, что и в позднем мелу левые сдвиги были активны, обеспечивая начало формирования складчатой системы в перекрывающих их вулканитах.

Анализ массовых замеров разрывов рассматривался совместно с их тектонической штриховкой скольжения (см. рис. 8). По этим признакам в нижнем СФК доминируют крутые разрывы с простиранием СВ  $25^\circ$  и пологие тектонические штрихи, ориентированные в направлении ССВ, что полностью соответствует и простиранию, и сдвиговым характеристикам установленных здесь региональных сдвиговых зон (см. рис. 1, 2). В верхнем СФК крутые разрывы этого направления также проявлены, но здесь развиты преимущественно крутые разрывы СЗ простирания, которые, согласно ССЗ ориентировке пологой тектонической штриховки в вулканитах, являются сдвигами. Однако в верхнем СФК господствует крутая, сбросовая штриховка (см. рис. 8), подтверждая широкое проявление депрессионных просадок, компенсированных позднемеловыми-кайнозойскими вулканитами. Зависимость и закономерности структуриро-



**Рис. 8.** Статистический анализ и корреляция массовых замеров структурно-кинематических элементов разновозрастных структурно-формационных комплексов (сетка Вульфа, верхняя полусфера).

1 – доминирующее простирание складчатых структур (структур сжатия); 2 – доминирующие простирания сдвигов (структур скола); 3 – сдвиги, трансформированные в сбросы; 4 – суммарные по месторождениям розы простирания рудных тел (структур растяжения); 5 – направление главного (регионального) сжатия; 6 – количество замеров (N) и изолинии их плотности (%).

**Fig. 8.** Statistical analysis and correlation of mass measurements for structural-and-kinematic elements in structural-formation complexes of different ages (Wulff net, upper hemisphere).

1 – dominant strike of fold structures (compression structures); 2 – dominant strikes of conjugated sinistral and dextral faults (shear structures); 3 – strike-slip faults transformed into normal faults; 4 – total roses of the ore bodies (extension structures) strikes for the considered mineal deposits; 5 – direction of the main (regional) compression; 6 – amount of the measurements (N) and isolines of their density (%).

вания верхнего комплекса от сдвиговой активности разломов нижнего комплекса обнаруживаются путем корреляции структурно-кинематических элементов этих последовательно формировавшихся комплексов с использованием известных разработок и экспериментов, направленных на решение

проблем вертикальной миграции сдвиговых дислокаций в расслоенной литосфере (Ridel, 1929; Ярошевский, 1981; Уткин, 1987; и др.).

В первую очередь рассмотрены соотношения ориентировок сдвигов верхнего и нижнего СФК. С этой целью из всей массы разрывов с разнообраз-

ными признаками смещений выбраны только крутопадающие (круче  $70^\circ$ ) разрывы с проявленной на их плоскостях тектонической штриховкой, углы погружения которой не превышали  $30^\circ$ . Таким образом, в анализ вовлечены разрывы с доминирующей сдвиговой составляющей и не осложненные наложенными сбросами. Построенные по этим выборкам розы-диаграммы показали, что сдвиги верхнего СФК ориентированы косо по отношению к сдвигам нижнего СФК (рис. 9а) и отвечают известным в литературе сколам (сдвигам) Риделя, механизм фор-

мирования которых отражен, например, в эксперименте (рис. 9б). Эшелонированное развитие сколов Риделя отвечает инфраструктуре первичного этапа развития сдвига фундамента в перекрывающем его чехле, что и определило понятие зачаточного (потенциального) сдвига (Воронов, 1968; Уткин, 1980; и др.). Дальнейшая активизация сдвиговых смещений обеспечивает трансформацию сколов Риделя в структуры растяжения, раскрытие которых сопровождалось сбросовыми смещениями, наложенными на первичные сдвиговые. Раскрытие трещин скола (сдвига) находит подтверждение в локализации в этих структурах даек и рудных тел. Рудо-локализирующие структуры растяжения ориентированы в направлении ССЗ, отражая направление латерального сжатия (см. рис. 8), которое, судя по неизменной ССЗ ориентировке рудных жил во всех СФК, было идентичным на протяжении мела-кайнозоя, что согласуется с региональными условиями структурирования рудных месторождений, установленных в Сихотэ-Алине (Уткин, 1980). На результаты этих исследований следует обратить особое внимание, так как изучение структур и геодинамических условий формирования рудных месторождений отличается повышенной детальностью и, следовательно, достоверностью. Изучены десятки месторождений, сосредоточенных в Кавалеровском, Дальнегорском, Арминском, Комсомольском рудных районах Приморского и Хабаровского краев (Уткин, 1980, 1989; Митрохин, 1991; Неволин, 1995), и все они формировались в условиях сдвигового тектогенеза. Признаков структурирования рудных месторождений в условиях субдукционного режима развития окраины Азии не обнаружено.

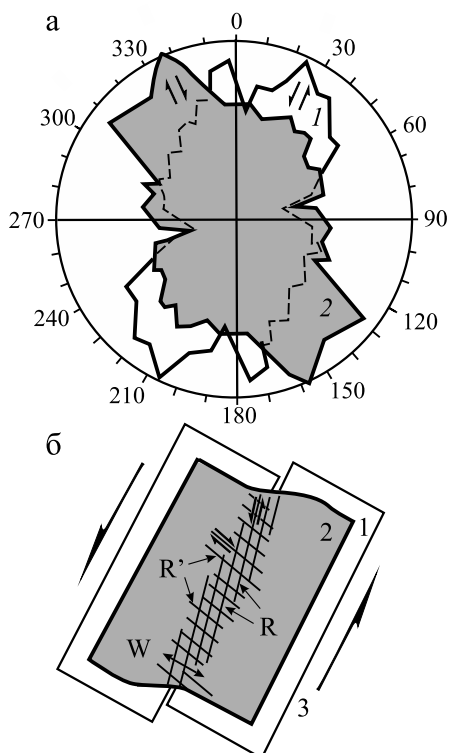
## ВЫВОДЫ

Результаты исследований подтвердили представления о формировании Восточно-Сихотэ-Алинского и в целом Восточно-Азиатского вулканоплутонического пояса в условиях активности окраинно-континентальной системы глубинных сдвигов (Уткин, 1978, 1987). Длительность развития и региональная кинематическая стабильность сдвигов проявились в их весьма внушительных параметрах: протяженность – до 1000 км и более, амплитуды левых смещений – от десятков до сотен километров; рассекая континентальную кору, сдвиги проникают в мантию, что характеризует мезозойский этап развития Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода как глубинный сдвиговый тектогенез, в региональном масштабе – левосдвиговый (Уткин, 2019).

Исследования подтверждают развитие сдвигового тектогенеза в два этапа:

- 1) складчато-сдвиговый (орогенный),
- 2) деструктивно-сдвиговый (рифтогенный).

1. Складчато-сдвиговый (орогенный) этап характеризуется тесной ассоциацией складчатости



**Рис. 9.** Доминирующие простирания сдвигов вулканогенного чехла и складчатого основания (а) и их соотнесение с результатами эксперимента В. Риделя (Ridel, 1929) (б): розы простираний сдвигов основания (1) и вулканогенного чехла (2).

1 – жесткая пластина; 2 – пластичный материал (глина); 3 – направление смещений жесткого основания (левый сдвиг); R – сколы Риделя (синтетические сдвиги); R' – сопряженные сколы Риделя (антитетические сдвиги); W – ширина сдвиговой зоны.

**Fig. 9.** Dominant strikes of the regional sinistral and dextral faults for the volcanic cover and the fold basement (a) and their correlation with the experimental results of W. Ridel (1929) (b): strike rose-diagrams for the strike-slip faults of the basement (1) and the cover (2).

1 – rigid (brittle) plate; 2 – ductile material (clay); 3 – slip directions within the rigid (brittle) basement (sinistral shearing); R – Ridel shears (synthetic strike-slip faults); R' – conjugated Ridel shears (antithetic strike-slip faults); W – width of the shearing zone.

со сдвигами. На рассмотренной площади в соседвиговую складчатость вовлечены апт-раннеальбские осадочные отложения, а в региональном масштабе складчатостью были охвачены мезозойские стратифицированные образования от триаса до позднего мела. Складчатая система ориентирована повсеместно косо к системе транзитных сдвигов, согласуясь с результатами экспериментов (Рязанов, 1973; Ярошевский, 1981; и др.), в соответствии с которыми в закономерную ориентированную к сдвигам складчатость вовлекаются образования, перекрывающие активные сдвиги. Сдвиги консолидированного жесткого фундамента, продвигаясь к земной поверхности, к позднему мелу рассекли складчатый комплекс на относительно узкие блоки, что создало структурно-динамические обстановки развития сдвигов в режиме трансенсии (сдвиг с растяжением).

2. *Деструктивно-сдвиговый (рифтогенный) этап* начался в среднем-позднем альбе и наиболее активно проявился в позднем мелу и кайнозое. Ограниченные сдвигами блоки коры вовлекались в соседвиговое растяжение с формированием поперечных к сдвигам разноглубинных структур растяжения, которые выполняли прежде всего функцию магмоподводящих каналов. Частные структуры растяжения контролировали дайковый магматизм и рудолокализацию. Более масштабные совокупности структур растяжения, охватывая значительные площади и развиваясь длительно, обуславливали два синхронно протекавших процесса. С одной стороны, растяжение приводило к широкому развитию сбросовой тектоники с формированием депрессионных провалов, с другой, растяжение формировало магмоподводящие каналы с инъекцией и извержением огромных объемов вулканических продуктов, которые компенсировали депрессию. Эта синхронная совокупность проявлений тектоники и вулканизма является главной характеристикой вулканотектонических структур растяжения, которые, формируясь вдоль активных транзитных сдвигов, образуют вулканические пояса.

Обращает на себя внимание то, что развитие ВТСР как соседвиговых структур растяжения не отличается от формирования в позднем мелу–кайнозое эпиконтинентальных осадочных бассейнов, соседвиговая природа которых установлена (Уткин, 1987; Уткин и др., 2016). Все эти структуры рассеянной деструкции континентальной коры отражают сдвиговый тектогенез развития нависающего края Азиатского континента. Важно заметить, что раскрытие структур растяжения повсеместно происходило в результате латеральных смещений блоков коры по северо-восточным сдвигам, встречным и косовстречным по отношению к ССЗ направлению субдукции океанических плит (Уткин, 2019). Эти кинематические характеристики подтверждают определяющую роль сдвигового тектогенеза в формировании вулканоплутонических поясов – в

противовес представлениям об их субдукционной природе.

### Благодарности

Авторы благодарят О.М. Молибог, Т.И. Карпенко и Ю.Н. Шеховцеву за подготовку компьютерной версии статьи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буртман В.С., Лукьянов А.В., Пейве А.В., Руженцев С.В., Суворов А.И., Трифонов В.Г., Коптев В.В., Щерба И.Г. (1963) Горизонтальное перемещение по разломам и некоторые методы их изучения. *Разломы и горизонтальные движения земной коры*. М.: Наука, 29-43.
- Воронов П.С. (1968) Очерки о закономерностях морфологии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 123 с.
- Вулканические пояса Востока Азии: Геология и металлогения (1984) (Под ред. А.Д. Щеглова). М.: Наука, 504 с.
- Иванов Б.А. (1961) Центральный Сихотэ-Алинский разлом. *Докл. АН СССР*, **138**(4), 900-903.
- Иванов Б.А. (1972) Центральный Сихотэ-Алинский разлом. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 115 с.
- Лукьянов А.В. (1965) Структурные проявления горизонтальных движений земной коры. М.: Наука, 211 с.
- Митрохин А.Н. (1991) Геодинамика формирования разрывных рудоконтролирующих структур Придородного и Октябрьского месторождений (Комсомольский район). Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 235 с.
- Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. (1987) Геология Приморского края. Ч. III. Основные черты тектоники и истории развития. Препринт. Владивосток: ДВО АН СССР, 60 с.
- Неволин П.Л. (1995) Геодинамика формирования структур месторождений Кавалеровского района. Владивосток: Дальнаука, 132 с.
- Олейников А.В., Высочин В.Н., Коваленко С.В., Кутубзаде Т.К., Старченко А.С. (1979) Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Венюковки, Кабаньей, Килоу. Владивосток: Приморгеология, 301 с.
- Рязанов Г.В. (1973) Морфология и генезис складок Непской зоны (южная часть Сибирской платформы). Новосибирск: Наука, 90 с.
- Уткин В.П. (1976) Сдвиговые зоны Центрального Сихотэ-Алиня. *Докл. АН СССР*, **229**(4), 955-958.
- Уткин В.П. (1978) Восточно-Азиатская глобальная сдвиговая зона, вулканический пояс и окраинные моря. *Докл. АН СССР*, **240**(2), 400-403.
- Уткин В.П. (1980) Сдвиговые дислокации и методика их изучения. М.: Наука, 144 с.
- Уткин В.П. (1987) Сдвиговые дислокации и их роль в проявлениях магматизма и рудообразования Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода. Дис. ... докт. геол.-мин. наук. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 451 с.
- Уткин В.П. (1989) Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 166 с.
- Уткин В.П. (2005) Строение, геохронология и структурно-динамические условия вертикального развития Восточно-Сихотэ-Алинского магмо-металло-

генического пояса. Докл. АН, **404**(5), 659-663.

- Уткин В.П. (2019) Сдвиговый тектогенез и структурообразующее течение коровых масс Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода. *Литосфера*, **19**(5), 780-799. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-780-799>.
- Уткин В.П., Митрохин А.Н., Неволин П.Л. (2016) Сдвиговый континентальный рифтогенез восточной окраины Азии. *Литосфера*, (4), 5-29.
- Уткин В.П., Сорокин Б.К., Юшманов Ю.П., Олейников А.В., Жуковская А.В. (1980) Геолого-структурные условия золотосеребряного оруденения в южной части Самаргинского рудного района. Владивосток: Приморгеология, 268 с.
- Ярошевский В.Т. (1981) Тектоника разрывов и складок. М.: Недра, 245 с.
- Ridel W. (1929) Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Cent. Miner., Geol. Paleontol. Bull.*, **1**, 78-97.
- Burtman V.S., Luk'yanov A.V., Peive A.V., Ruzhentsev S.V., Suvorov A.I., Trifonov V.G., Koptev V.V., Shcherba I.G. (1963) Horizontal movement along faults, and some methods of their study. *Razlomy i gorizontallye dvizheniya zemnoi kory* [Faults and horizontal movements of the Earth's crust]. Moscow, Nauka Publ., 29-43. (In Russian)
- Ivanov B.A. (1961) Central Sikhote-Alin fault (strike-slip fault). *Dokl. AN SSSR*, **138**(4), 900-903. (In Russian)
- Ivanov B.A. (1972) *Tsentral'nyi Sihote-Alinskii razlom* [Central Sikhote-Alin fault]. Vladivostok, Dal'nevostochnoe Knizhnoe Izd. Publ., 115 p. (In Russian)
- Luk'yanov A.V. (1965) *Strukturnye proyavleniya gorizontallykh dvizhenii zemnoi kory* [Structural manifestations of horizontal crustal movements]. Moscow, Nauka Publ., 211 p. (In Russian)
- Mitrokhin A.N. (1991) *Geodinamika formirovaniya razryvnykh rudokontroliruyushchikh struktur Pridorozhnogo i Oktyabr'skogo mestorozhdenii (Komsomol'skii raion)*. Dis. ... kand. geol.-min. nauk [Geodynamics of formation of fault ore-controlling structures for the Pridorozhnoe and Oktyabr'skoe ore deposits (the Komsomol'sk mineral district). Cand. geol. and min. sci. diss.]. Vladivostok, DVGI DVO AN SSSR, 235 p. (In Russian)
- Nazarenko L.F., Bazhanov V.A. (1987) *Geologiya Primorskogo kraia. Ch. III. Osnovnye cherty tektoniki i istorii razvitiya* [Geology of the Primor'e Territory. Part III. The main features of the tectonics and history of formation]. Vladivostok, Far Eastern Branch Academy of Sciences of the USSR, 60 p. (In Russian)
- Nevolin P.L. (1995) *Geodinamika formirovaniya struktur mestorozhdenii Kavalerovskogo raiona* [Geodynamics of formation of the ore deposits' structures for Kavalerovo mineral district]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 132 p. (In Russian)
- Oleynikov A.V., Vysochin V.N., Kovalenko S.V., Kutubzade T.K., Starchenko A.S. (1979) *Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye basseinov rek Venyukovki, Kaban'ei i Kilou* [Geological structure and mineral resources of the river basins of Venyukovka, Kaban'ya, and Kilou]. Vladivostok, Primorgeologiya Publ., 301 p. (In Russian)
- Ridel W. (1929) Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Cent. Miner., Geol. Paleontol. Bull.*, **1**, 78-97.
- Ryazanov G.V. (1973) *Morfologiya i genesis skladok Nepskoi zony (yuzhnaya chast' Sibirskoi platformy)* [Morphology and genesis of folds of the Nepa zone (the southern part of the Siberian platform)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 90 p. (In Russian)
- Utkin V.P. (1976) Shear Zones of the Central Sikhote-Alin. *Dokl. AN SSSR*, **229**(4), 955-958. (In Russian)
- Utkin V.P. (1978) East Asian global strike-slip fault zone, the volcanic belt and marginal seas. *Dokl. AN SSSR*, **240**(2), 400-403. (In Russian)
- Utkin V.P. (1980) *Sdvigovye dislokatsii i metodika ikh izucheniya* (Strike-slip related dislocations and methods of their study). Moscow, Nauka Publ., 144 p. (In Russian)
- Utkin V.P. (1987) *Sdvigovye dislokatsii i ikh rol' v proyavleniyakh magmatizma i rudoobrazovaniya Aziatsko-Tikhookeanskoi zony perekhoda*. Dis. dokt. geol.-min. nauk [Strike-slip related dislocations and their role in occurrences of magmatism and ore formation of the Asia-Pacific transition zone. Diss. dokt. geol. and min. sci.]. Vladivostok, DVGI DVO AN SSSR, 451 p. (In Russian)
- Utkin V.P. (1989) *Sdvigovye dislokatsii, magmatizm i rudoobrazovanie* (Strike-slip dislocation, magmatism and ore formation). Moscow, Nauka Publ., 166 p. (In Russian)
- Utkin V.P. (2005) Structure, geochronology and structural and dynamic conditions of the vertical development of the Eastern Sikhote-Alin magmatic-metallogenic belt. *Dokl. Akad. Nauk*, **404**(5), 659-663. (In Russian)
- Utkin V.P. (2019) Strike-slip related tectogenesis and structure-forming flow of crustal masses of the Asia-Pacific transition zone. *Litosfera*, **19**(5), 780-799. (In Russian). <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-780-799>.
- Utkin V.P., Mitrokhin A.N., Nevolin P.L. (2016) Strike-slip related continental rifting of the eastern margin of Asia. *Litosfera*, (4), 5-29. (In Russian)
- Utkin V.P., Sorokin B.K., Yushmanov Yu.P., Oleynikov A.V., Zhukovskaya A.V. (1980) *Geologo-strukturnye usloviya zoloto-serebryanogo orudeneniya v yuzhnoi chasti Samarginskogo rudnogo raiona* [Geological and structural conditions of gold-silver mineralization within the southern part of the Samarga ore district]. Vladivostok, Primorgeologiya, 268 p. (In Russian)
- Voronov P.S. (1968) *Ocherki o zakonomernostyakh morfologii global'nogo rel'efa Zemli* [Essays on the morphology of the global patterns of Earth's topography]. Leningrad, Nauka Publ., 123 p. (In Russian)
- Vulkanicheskie poyasa Vostoka Azii: Geologiya i metallogeniya* [Volcanic belts of eastern Asia: Geology and metallogeny]. (1984) (Ed. A.D. Sheglov). Moscow, Nauka Publ., 504 p. (In Russian)
- Yaroshevskii V.T. (1981) *Tektonika razryvov i skladok* [Tectonics of faults and folds]. Moscow, Nedra Publ., 245 p. (In Russian)