

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

### *Общая и региональная геология, петрология и вулканология*

УДК 550.93:552.4(571.5)

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-5-15

### **Новые данные о тектонике Адыча-Тарынской зоны разломов (Восточная Якутия)**

Д.А. Васильев\*, А.В. Прокопьев\*\*

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия*

*\*juorankhay@mail.ru*

*\*\*prokopiev@diamond.ysn.ru*

**Аннотация.** В центральной части зоны регионального Адыча-Тарынского разлома (АТР), разделяющего Адыча-Эльгинский и Нерский антиклинории (Верхояно-Колымский орогенный пояс), установлены три этапа тектонических деформаций в верхнетриасовых отложениях. В первый этап образовались надвиги и складки северо-западного простирания. Деформации второго этапа представлены складками с крутыми шарнирами и ассоциирующими с ними левосторонними сдвигами. Предполагается третий этап деформаций, с которым связано образование правосторонних сдвигов. Впервые установлена не только поперечная, но продольная изменчивость интенсивности тектонических деформаций вдоль АТР: с северо-запада на юго-восток на юго-западном крыле зоны АТР она понижается, в том же направлении на северо-восточном крыле – постепенно увеличивается. Впервые установлена ориентировка осей палеонапряжений, под действием которых были сформированы тектонические структуры изученной территории. Складки и надвиги первого этапа деформаций были сформированы при субгоризонтальном сжатии северо-восточного простирания. Левые сдвиги и ассоциирующие с ними складки второго этапа были образованы при субгоризонтальной ориентировке осей сжатия субширотного направления. Последующие правосдвиговые деформации происходили при субгоризонтальном сжатии северо-западного простирания и северо-восточной ориентировке субгоризонтальных осей растяжения.

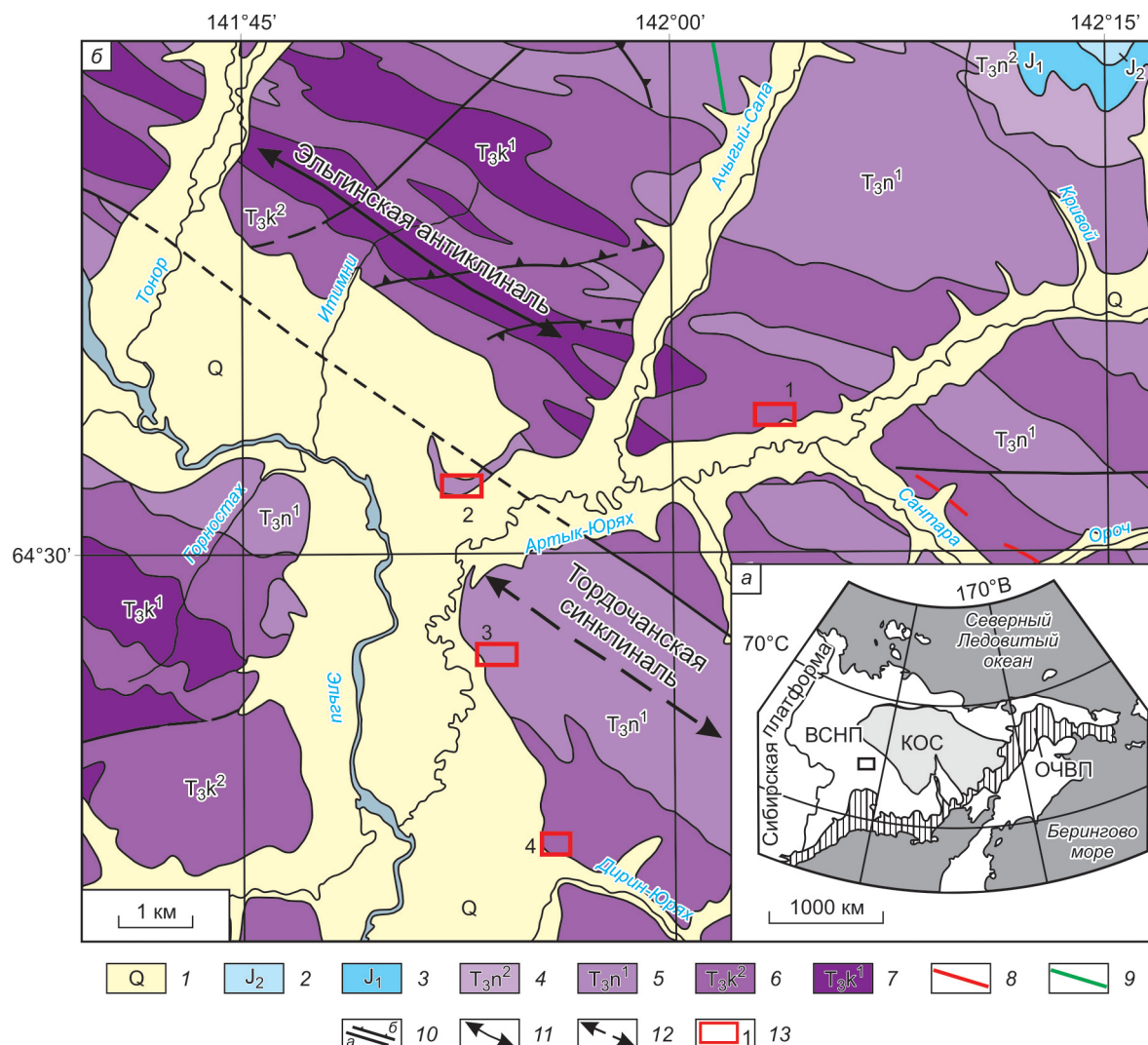
**Ключевые слова:** тектоника, структурная геология, Верхояно-Колымский орогенный пояс.

**Благодарности.** Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00945.

#### **Введение**

Изученный район находится в бассейне нижнего течения р. Эльги, левого притока р. Индигирка. Исследования проводились в крупных техногенных карьерах, расположенных вдоль автодороги «Колыма». В тектоническом отношении территория располагается в центральной части зоны влияния регионального Адыча-Тарынского разлома (АТР), в его юго-западном крыле (центральная часть Верхояно-Колымского орогенного пояса). Ранее предполагалось, что этот разлом отделяет Адыча-Эльгинский антиклинорий зоны хинтерланда Верхоянского складчато-надвигового пояса от Нерского блока (антиклинория) Кулар-Нерского террейна [1]. Однако впоследствии

Нерский блок был включен в состав зоны хинтерланда (рис. 1, а). На юго-западном крыле АТР, в Адыча-Эльгинском антиклинории, выделяется несколько генераций складчатости, кливажа и разломов. Здесь отмечено постепенное повышение интенсивности деформаций в северо-восточном направлении [1]. Считается, что северо-восточное крыло АТР деформировано более интенсивно [2]. Разлом плохо обнажен, однако хорошо дешифрируется на космо- и аэрофотоснимках, устанавливается в геологической структуре по усилению интенсивности складчатых и разрывных нарушений, положению кайнозойских впадин и т. д. Предполагается, что АТР первоначально имел преобладающую взбросовую ки-



**Рис. 1.** Местоположение изученного района (а) и геологическая карта юго-западного крыла центральной части Адыча-Тарынской зоны разломов (б).

КОС – Колыма-Омолонский супертеррейн, ВСНП – Верхоянский складчато-надвиговый пояс, ОЧВП – Охотско-Чукотский вулканический пояс.

Отложения: 1 – четвертичные, 2 – среднеюрские, 3 – нижнеюрские, 4 – верхненорийские, 5 – нижненорийские, 6 – верхнекарнийские, 7 – нижнекарнийские; 8 – дайки риолитовых порфиров предположительно позднеюрского возраста, 9 – дайки кварцево-диоритовых порфиров предположительно позднеюрского возраста, 10 – разломы (а – неустановленной кинематики, б – надвиги), 11 – оси антиклиналей, 12 – оси синклиналей, 13 – участки наблюдений и их номера. Черный прямоугольник на схеме а – местоположение изучаемого района.

**Fig. 1.** Location of the study area (а) and geological map of the east wall in the central part of the Adycha-Taryn fault zone (б).

КОС – Kolyma – Omolon superterrane, ВСНП – Verkhoyansk fold-thrust belt, ОЧВП – Okhotsk-Chukotka volcanic belt.

Deposits: 1 – Quaternary, 2 – Middle Jurassic, 3 – Lower Jurassic, 4 – Upper Norian, 5 – Lower Norian, 6 – Upper Carnian, 7 – Lower Carnian; 8 – rhyolite porphyry dikes of presumable Late Jurassic age, 9 – quartz-diorite porphyryite dikes of presumable Late Jurassic age, 10 – faults: а – unidentified kinematics, б – thrusts, 11 – axis of anticline, 12 – axis of syncline, 13 – study areas and their numbers. Black square in diagram а shows location of the study area.

нематиту, которая сменилась на левосдвиговую с элементами транспрессии и транстенсии [2]. К зоне АТР приурочена Тарынская металлогеническая зона, которая, протягиваясь в северо-западном направлении на 500 км, содержит много-

численные Au–Sb и в меньшей мере Ag и Ag–Sn полиметаллические месторождения и рудопроявления. В этой металлогенической зоне находятся такие Au–Sb-месторождения, как Сарылах и Сентачан [1].

### Методы исследования

В процессе экспедиционных исследований производились детальные описания деформационных структур (складок, разломов, кливажа, трещиноватости горных пород и проч.), сопровождавшиеся массовыми замерами ориентировок слоистости, кливажа, плоскостей разломов, трещин, штрихов на зеркалах скольжения. В дальнейшем изучение тектонических структур проводилось методами структурной геологии [3, 4] на стереографических сетках и при помощи компьютерных программ (StereoNett, QuickPlot, FaultKinWin). Тектонофизические исследования и расчет осей палеонапряжений были выполнены по методикам [5, 6]. Стратиграфические, литологические и седиментологические наблюдения проводились непосредственно на обнажениях.

### Складчатые структуры

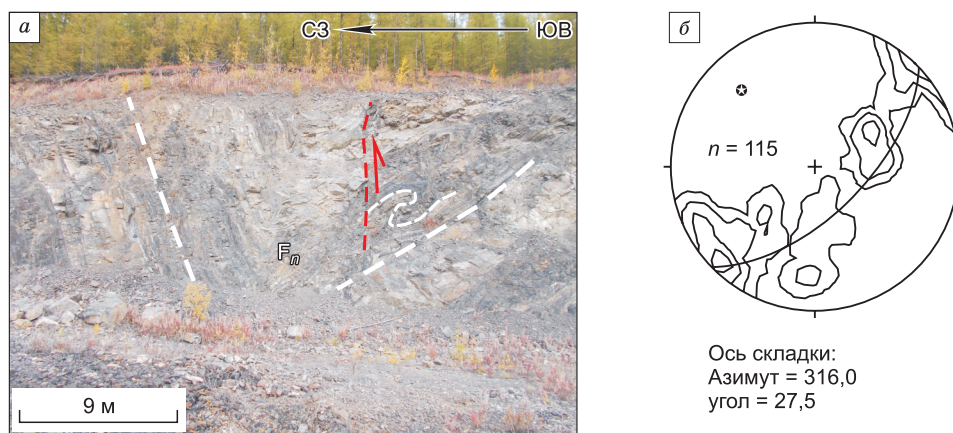
Основными складчатыми структурами изученного района являются Эльгинская антиклиналь и расположенная юго-западнее Тордочанская синклиналь северо-западного простирания. Более крупная Эльгинская антиклиналь имеет ширину 12–15 км и протяженность более 100 км. Северо-восточное крыло более пологое, угол падения меняется в широких пределах от 40 до 80°; юго-западное крыло крутое, угол падения достигает 80–90°. Залегание пород на юго-западном крыле изменяется от нормального до опрокинутого. В изученных нами обнажениях на северо-восточном крыле этой антиклинали мелких складок не обнаружено. По данным геологического картирования здесь были описаны подобные и концентрические ундулирующие складки и пологие, широкие концентрические и коробчатые складки. Местами проявлена микроскладчатость, в которую смяты пластичные глинистые толщи [8]. Тордочанская синклиналь имеет ширину 4–8 км и протяженность более 40 км. Общее с Эльгинской антиклиналью северо-восточное крыло этой складки более крутое, тогда как углы залегания пород на ее юго-западном крыле достигают 40–70°. Эти складки деформируют верхнетриасовые терригенные породы, среди которых преобладают аргиллиты и алевролиты; реже встречаются пласты мелкозернистых песчаников и конгломератов. Роль грубообломочных пород возрастает вверх по карнийско-норийскому разрезу. Свод Эльгинской антиклинали слагают породы ни-

жней толщи карния, а мульду Тордочанской синклинали – нижняя толща норийского яруса (рис. 1, б). Крылья складок сложены отложениями верхней толщи карнийского яруса. Северо-восточнее в мульде Удунинской синклинали вскрываются несогласно залегающие на верхнетриасовых толщах отложения нижней и средней юры [9].

Складчатые и разрывные деформации представлены несколькими генерациями. Складки первой генерации  $F_n$  северо-западного простирания независимо от размеров асимметричны, реже симметричны, иногда опрокинуты на северо-восток (рис. 2, а). Шарниры складок слабо наклонны или субгоризонтальны. Несмотря на то что в целом складчатость неверхгентная, встречаются антиклинали и синклинали с более крутыми северо-восточными и юго-западными крыльями соответственно. Складки линейные и ундулирующие; преобладают конические формы, хотя цилиндрические также встречаются. По форме замков и мульды складки в большинстве косые, реже прямые закрытые, иногда встречаются как открытые, так и сжатые. Складчатость концентрическая; размеры складок варьируют от первых десятков сантиметров до первых десятков метров. К этой генерации относятся Эльгинская антиклиналь и Тордочанская синклиналь. По массовым замерам ориентировки слоистости расчетная ось складчатости погружается в северо-западном (аз. пад. 316°) направлении под  $\angle 27^\circ$  (рис. 2, б). Складки первой генерации  $F_n$  часто сопровождаются непроникающим кливажем, проявленным в основном в прослоях аргиллитов и алевролитов. Его интенсивность увеличивается с уменьшением зернистости пород, достигая максимума в аргиллитах. Характерна рефракция кливажа, проявленная на границах разнокомпетентных слоев. Простирание кливажа практически параллельно простиранию складчатости.

Складки второй генерации  $F_{n+1}$  менее выражены. Их шарниры круто наклоненные (60–70°) (рис. 3). Складки прямые симметричные, реже асимметричные. Поскольку обнаруженные складки в целом прямые, то можно считать, что складчатость неверхгентная. Складки предположительно линейные, цилиндрические; ундуляция не отмечена. По форме замков и мульды преобладают прямые, реже косые открытые складки. В целом складчатость концентрическая. Размеры складок изменяются от 1–2 м до 6–7 м.



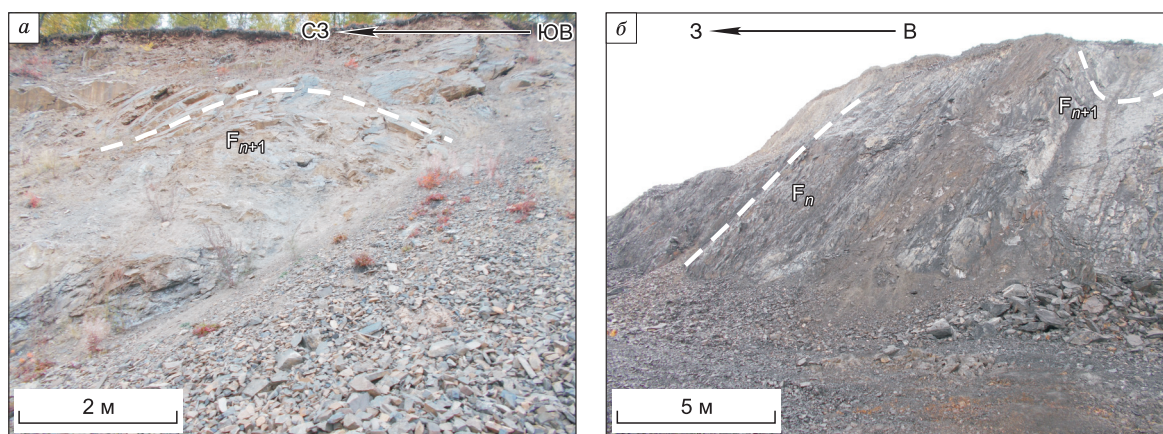


**Рис. 2.** Асимметричные складки первой генерации в центральной части Тордочанской синклинали (а) и стереограмма полюсов слоистости складок первой генерации (б).

Штриховые линии на фото (здесь и далее): белая – слоистость, красная – разломы. На стереограмме (здесь и далее) – равноугольная проекция, нижняя полусфера,  $n$  – количество замеров.

**Fig. 2.** Asymmetric folds of the first generation in the central part of the Tordochan syncline (a) and diagram of poles to bedding for the first-generation folds (b).

Dashed lines on photo (hereafter): white – bedding, red – fault. On stereogram (hereafter) – equal-angle projection, lower hemisphere,  $n$  – number of measurements.



**Рис. 3.** Симметричная складка второй генерации (а) в центральной части Тордочанской синклинали и взаимоотношение складок разной генерации (б) в юго-западной части Тордочанской синклинали.

Усл. обозн. см. на рисунке 2.

**Fig. 3.** Symmetric fold of the second generation (a) in the central part of the Tordochan syncline and relationships between folds of different generations (b) in the southwest part of the Tordochan syncline.

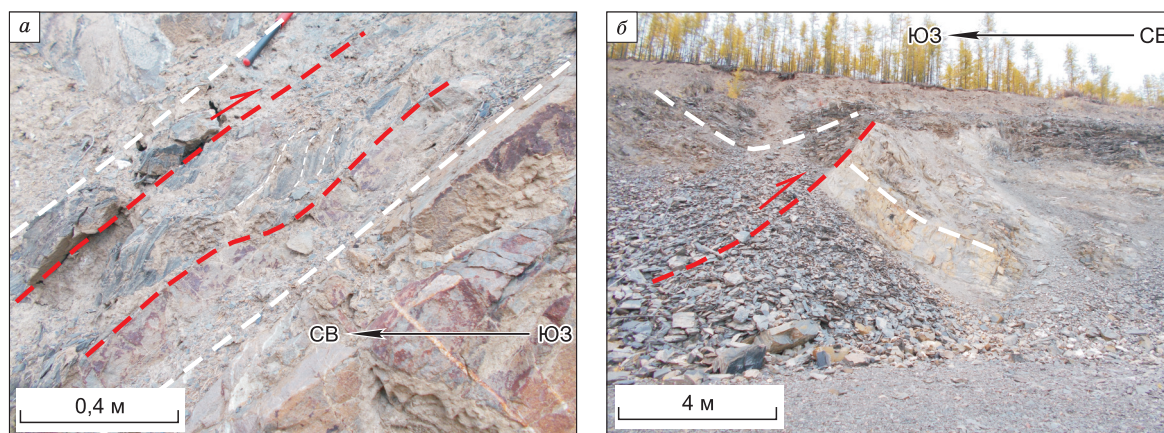
For symbols see figure 2.

### Разрывные структуры

Первая генерация разломов характеризуется преобладанием надвигов. Распространены межслоевые срывы (рис. 4, а). Простираание надвигов меняется в широких пределах, однако основными направлениями являются северо-западное и северо-восточное (рис. 5, а). Углы падения надвигов варьируют от 40 до 90° (в среднем около 60°). Надвиги, как правило, структурно и генетически связаны со складками первой гене-

рации, формируя местами небольшие взбросо-складки. Иногда наблюдается смещение складок и надвигов первой генерации крупными взбросами (рис. 4, б). Амплитуда смещения по ним изменяется от первых сантиметров до первых десятков метров.

Ко второй генерации разрывных нарушений относятся сдвиги. В изученных обнажениях среди всех типов разломов преобладают левые сдвиги. Выделяются два преобладающих направления –



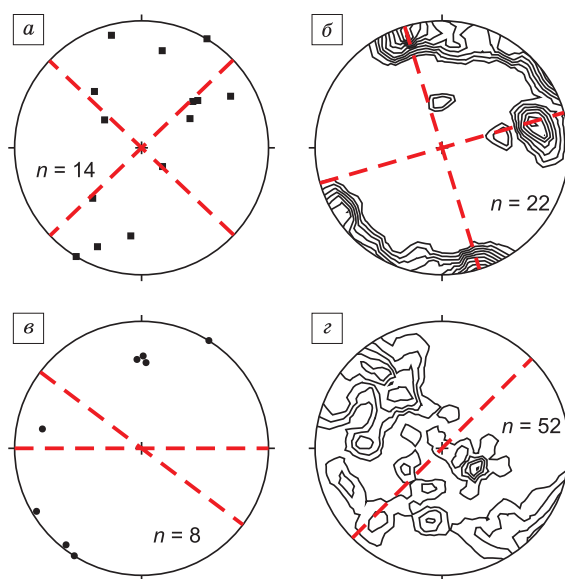
**Рис. 4.** Межслоевой надвиговый дуплекс (а) в центральной части Тордочанской синклинали и взброс, секущий складку первой генерации (б) на северо-восточном крыле Эльгинской антиклинали. Усл. обозн. см. на рисунке 2.

**Fig. 4.** Bedding-plane thrust duplex (a) in the central part of the Tordochan syncline and a thrust cutting a fold of the first generation (б) on the southeast limb of the El'gi anticline. For symbols see figure 2.

север-северо-западное и восток-северо-восточное (рис. 5, б). При этом главным направлением предполагается последнее. Углы падения этих разломов  $75-90^\circ$ , реже  $40-50^\circ$ . Правые сдвиги менее распространены. Иногда наблюдается смещение ими плоскостей левых сдвигов. Основные направления простирания правых сдвигов – северо-западное и субширотное (рис. 5, в). Их углы падения крутые – от  $68$  до  $90^\circ$ . Кроме того, встречаются комбинации сдвигов, как левых, так и правых, с другими типами разломов, прежде всего со взбросами. Смещение по сдвигам определить сложно. Однако в пределах обнажений наблюдаются сдвиги с амплитудой от десятков сантиметров до первых метров. Сбросы на территории крайне редки. Был найден только один сброс субширотного простирания с крутым углом падения, который, имея левосдвиговую составляющую, безусловно находится в структурном параганезе со сдвигом.

### Кварцевые жилы

Трещины отрыва представлены кварцевыми жилами. Они встречаются часто и имеют разные простирания, но преобладают жилы северо-восточного направления (рис. 5, г). Мощность жил до первых десятков сантиметров. Иногда встречаются жилы, смятые в асимметричные складки первой генерации. С использованием элементов залегания жил, а также наблюдений за их взаимоотношениями, были вычислены оси полей палеонапряжений в пределах четырех участков (рис. 6).

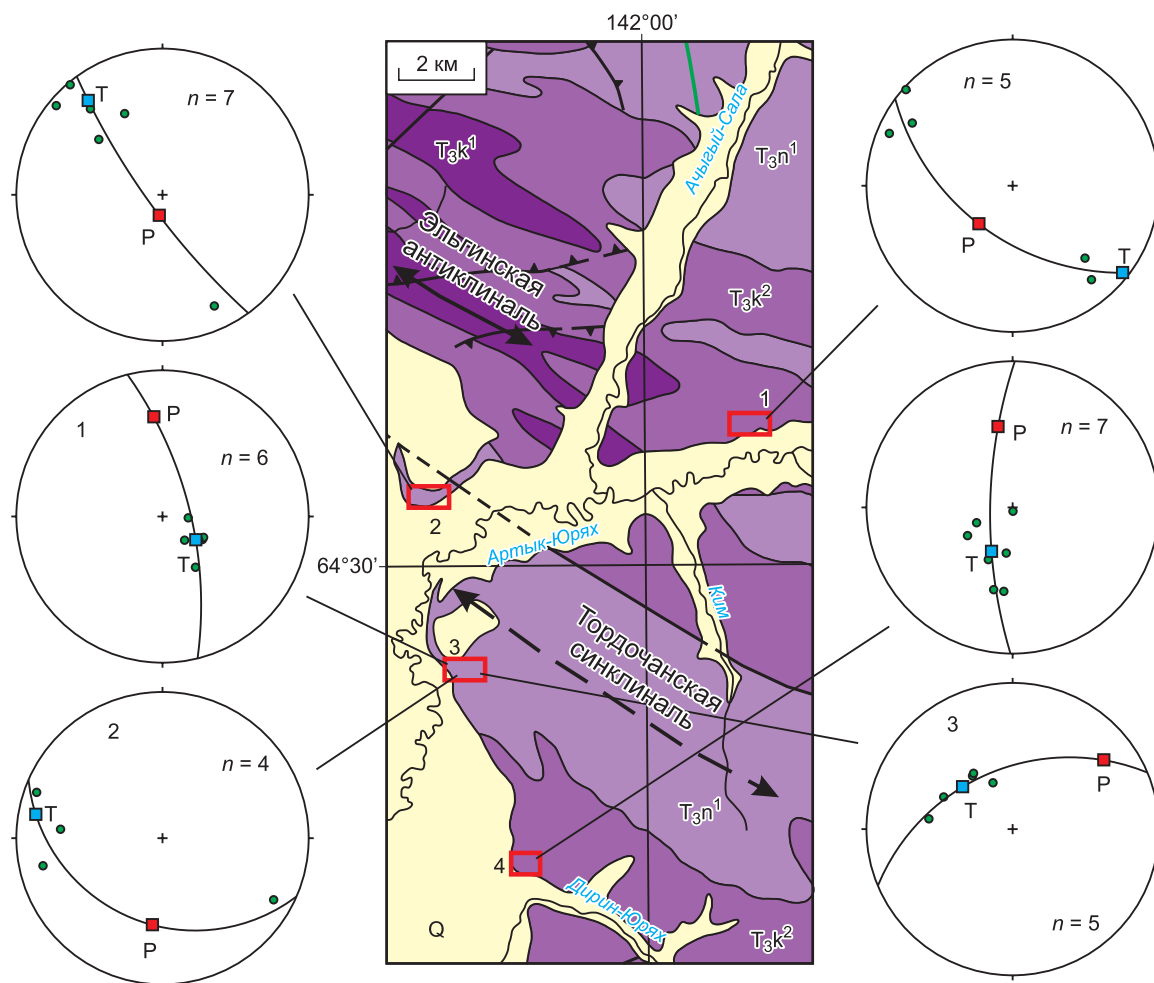


**Рис. 5.** Стереогаммы полюсов разломов. а – надвиги и взбросы, б – левые сдвиги, в – правые сдвиги, г – кварцевые жилы. Усл. обозн. см. на рисунке 2.

**Fig. 5.** Diagrams of poles to faults: а – thrusts, б – sinistral strike-slip faults, в – dextral strike-slip faults, г – quartz veins. For symbols see figure 2.

На каждом участке были определены системы сопряженных жил и построены стереогаммы с вычисленными осями палеонапряжений (табл. 1). Методика основана на представлении о том, что точка пересечения проекций больших кругов сопряженных трещин на стереографической сетке Вульфа соответствует средней (проме-





**Рис. 6.** Стереогаммы с полюсами сопряженных жил, вспомогательной дугой большого круга и вычисленными осями палеонапряжений.

T – ось растяжения, P – ось сжатия. Усл. обозн. см. на рисунке 2.

**Fig. 6.** Diagrams with poles to conjugate veins, an auxiliary great-circle path and calculated paleostress axes.

T – extension axis, P – compression axis. For symbols see Figure 2.

жуточной) оси главных нормальных напряжений [4]. П.Л. Хэнкок и Т. Кадхи [7] установили, что в сопряженной системе трещин отрыва (в данном случае жил) ось сжатия всегда ориентирована параллельно биссектрисе наименьшего угла, тогда как ось растяжения параллельна биссектрисе наибольшего угла. На изучаемой площади предполагается, как минимум, две генерации жил. Первая, по-видимому самая ранняя, генерация представлена смятыми в складки жилами. Вторая представлена жилами, сформированными при субгоризонтальном ( $\angle 2-11^\circ$ ) растяжении северо-западного (аз. пр.  $308-322^\circ$ ) простирания. Ось сжатия при этом крутонаклонна ( $\angle 51^\circ$ ) или субвертикальна ( $\angle 74^\circ$ ). Жилы, сформированные в этом поле палеонапряжений,

являются наиболее многочисленными и наблюдаются на наиболее северо-восточных участках (участки 1 и 2) (см. рис. 6). По-видимому, именно эта генерация жил связана со складками первой генерации. На участках 3 и 4 выделяется несколько систем жил, характеризующихся разноориентированными направлениями осей палеонапряжений. Разброс значений, вероятно, связан с последующими, наложенными сдвиговыми деформациями.

### Оси палеонапряжений

По замерам ориентировок штрихов на зеркалах скольжения мелких разломов и их кинематике также были рассчитаны главные оси палеонапряжений [7]. Поскольку на территории предпола-

Таблица 1

## Ориентировки осей палеонапряжений для систем сопряженных жил

Table 1

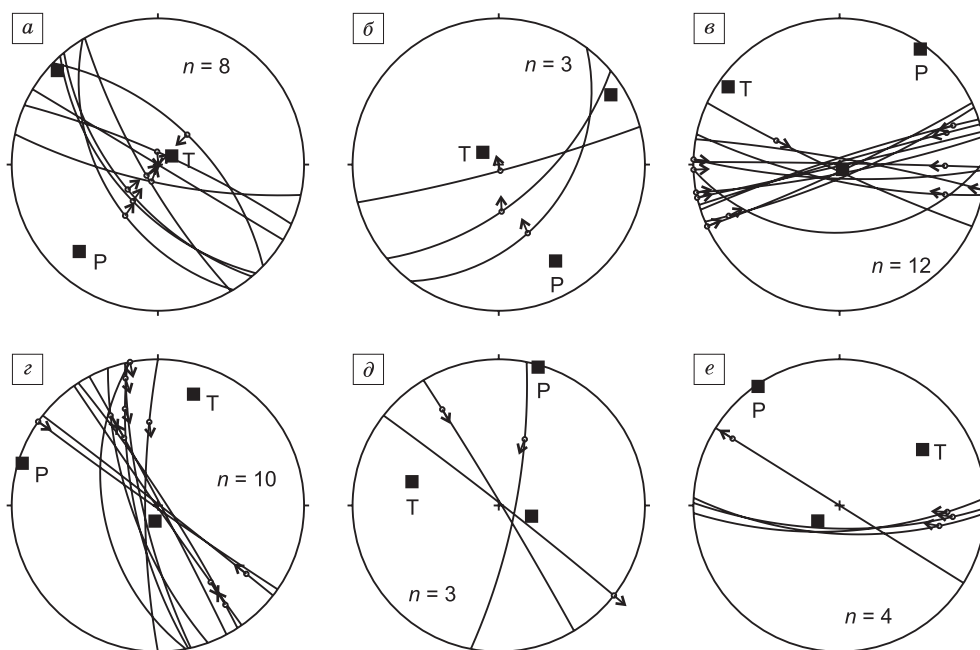
## Orientation of paleostress axes for conjugate vein systems

| Участки<br>наблюдений<br>(Areas) | Кол-во<br>замеров<br>( <i>n</i> ) | Оси палеонапряжений (paleostress axes) |      |                                     |      |                             |      |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-----------------------------|------|
|                                  |                                   | Растяжения (1)<br>(Tension)            |      | Промежуточная (2)<br>(Intermediate) |      | Сжатия (3)<br>(Compression) |      |
|                                  |                                   | Падение (Dip)                          |      |                                     |      |                             |      |
|                                  |                                   | Азимут<br>(Azimuth)                    | ∠    | Азимут<br>(Azimuth)                 | ∠    | Азимут<br>(Azimuth)         | ∠    |
| 1                                | 5                                 | 128,4                                  | 2,3  | 36,5                                | 38,4 | 221,3                       | 51,5 |
| 2                                | 7                                 | 321,7                                  | 11,3 | 54,1                                | 11,7 | 188,8                       | 73,6 |
| 3 – 1                            | 6                                 | 125,3                                  | 58,8 | 256,1                               | 21,6 | 355,0                       | 21,4 |
| 3 – 2                            | 4                                 | 280,5                                  | 7,2  | 23,5                                | 60,7 | 186,6                       | 28,2 |
| 3 – 3                            | 5                                 | 310,1                                  | 41,8 | 157,2                               | 44,9 | 52,9                        | 14,0 |
| 4                                | 7                                 | 205,5                                  | 52,9 | 90,9                                | 17,5 | 349,7                       | 31,5 |

гается проявление нескольких деформационных этапов, с которыми связаны определенные типы разломов, для каждого из них (типов разломов) на каждом из выделенных участков были вычислены отдельно главные оси палеонапряжений. В результате были рассчитаны направления осей палеонапряжений нескольких генераций разломов, показанные в табл. 2. На изучаемой площади выделены две генерации надвигов и сдвигов. Первая генерация надвигов, судя по всему основная и связанная с образованием складок первой генерации, была сформирована при субгоризонтальном ( $\angle 12^\circ$ ) сжатии северо-восточного (аз. пад.  $222^\circ$ ) простираения. Ось растяжения субвертикальная ( $\angle 77^\circ$ ) (рис. 7, а). Одновременно с этими же надвигами предположительно были сформированы как левые, так и правые сдвиги первых генераций (рис. 77, в, д). Затем сформировались левые сдвиги второй генерации при субгоризонтальном ( $\angle 1^\circ$ ) сжатии запад-северо-западного (аз. пад.  $287^\circ$ ) простираения. Ось растяжения ориентирована субгоризонтально ( $\angle 12^\circ$ ) в субдолготном (аз. пад.  $18^\circ$ ) направлении (рис. 7, з). Вероятно, с этими деформациями связано образование складок второй генерации. При смене оси сжатия на субгоризонтальное ( $\angle 0,3^\circ$ ) северо-западное (аз. пад.  $326^\circ$ ) направление образуются правые сдвиги второй генерации. Ось растяжения под острым углом ( $\angle 21^\circ$ ) падает на северо-восток (аз. пад.  $56^\circ$ ) (рис. 7, е). Образование надвигов второй генерации остается дискуссионным, вероятно, они связаны с формированием сдвигов поздних генераций (рис. 7, б). Безусловно, при этом необходи-

мо иметь в виду, что поздние деформации изменяли, смещали положение в пространстве более ранних разломов. Таким образом, положение осей палеонапряжений правых сдвигов как наиболее поздних разломов можно считать наиболее достоверным. Различия простираения осей палеонапряжений, а также полевые наблюдения предыдущих исследователей на смежных территориях позволяют предположить третий, правосдвиговый этап деформаций. Поскольку правые сдвиги встречаются довольно редко и, видимо, имеют незначительное влияние на общее тектоническое строение территории, значение осей палеонапряжений левых сдвигов также можно считать достоверным. Координаты осей палеонапряжений надвигов, предположительно, являются наименее точными.

Тектонические деформации вдоль зоны АТР в прошлом веке были изучены точно, но достаточно подробно [2, 10, 11]. Специальные структурные исследования вдоль р. Нельгесе, впадающей в р. Адыча в среднем ее течении, показали, что на обоих крыльях зоны разломов выявлены несколько этапов деформаций. С наиболее ранним этапом связано образование цилиндрических сжатых складок с увеличенными мощностями слоев в ядрах и почти вертикальными осевыми поверхностями. Наложенная деформация обусловлена надвигами и более поздними по отношению к ним сдвигами. В зонах надвигов отмечаются изоклинальные лежащие складки [10]. В верхнем течении р. Адыча наблюдается схожая ситуация. Здесь на обоих крыльях АТР вы-



**Рис. 7.** Стереогаммы дуг большого круга плоскостей разломов с вычисленными осями палеонапряжений. Стрелка показывает перемещение висячего крыла. Т – ось растяжения, Р – ось сжатия. а–е см. в тексте. Усл. обозн. см. на рисунке 2.

**Fig. 7.** Diagrams of great-circle paths of fault planes with calculated paleostress axes. Arrow shows the movement of the hanging wall. Т – extension axis, Р – compression axis. а–е see in text. For symbols see figure 2.

деляются два этапа деформаций (две генерации складок). В первый этап образовалась основная складчатость, с которой ассоциируют надвиги. Во второй этап формировались взбрососдвиги и собственно зона АТР. Со сдвигами ассоциируют мелкие складки с субвертикальными шарнирами. Зона АТР здесь выделена как Быльнинский блок, который представляет собой сложно построенную моноклинал, состоящую из серии тектонических пластин, ограниченных взбросами. В блоке в целом преобладают взбросы, которые расчленены левыми сдвигами субширотного простирания с почти вертикальными и крутыми углами падения в основном в северном направлении [11].

Детальные структурные исследования ранее проводились на обоих крыльях центрального отрезка АТР в среднем течении р. Эльги и в нижних течениях ее притоков Тобычан и Арангас, а также на правобережье нижнего течения р. Эльги. Исследователи обращали внимание на повышенную деформированность триасовых отложений северо-восточного крыла разлома по сравнению с юго-западным. На северо-восточном крыле разлома были выделены четыре генерации складок и две генерации кливажа. На юго-

западном крыле разлома, на правобережье нижнего течения р. Эльги, наблюдается упрощение складчатой структуры. Здесь также присутствует кливаж, хотя интенсивность его заметно ослабевает. Большая часть разломов также концентрируется на северо-восточном крыле АТР. Предполагается проявление двух генераций надвигов и двух генераций сдвигов. При этом если сдвиги преимущественно группируются на северо-восточном крыле АТР, то надвиги встречаются на обоих крыльях [2].

Эти данные, дополненные результатами наших исследований, позволяют утверждать, что от среднего течения р. Адыча до устья р. Эльги интенсивность деформации меняется не только вкост зоны АТР, но и вдоль. На юго-западном крыле разлома с северо-запада на юго-восток отмечается понижение интенсивности складчатости, ее упрощение. На северо-восточном крыле разлома в том же направлении наблюдается увеличение степени деформации до среднего течения р. Эльги, сменяемое далее на юго-восток (нижнее течение р. Эльги) на ее уменьшение. В самой зоне АТР, по-видимому, в северо-западном направлении повышается количество взбросов.



## Ориентировки осей палеонапряжений для разломов

Table 2

| Orientation of paleostress axes for faults                                                    |                                   |                                        |      |                                     |      |                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|------|-------------------------------------|------|-----------------------------|------|
| Кинематика разломов<br>и этапы деформаций<br>(Faults kinematics<br>and stage of deformations) | Кол-во<br>замеров<br>( <i>n</i> ) | Оси палеонапряжений (paleostress axes) |      |                                     |      |                             |      |
|                                                                                               |                                   | Растяжения (1)<br>(Tension)            |      | Промежуточная (2)<br>(Intermediate) |      | Сжатия (3)<br>(Compression) |      |
|                                                                                               |                                   | Падение (dip)                          |      |                                     |      |                             |      |
|                                                                                               |                                   | Азимут<br>(Azimuth)                    | ∠    | Азимут<br>(Azimuth)                 | ∠    | Азимут<br>(Azimuth)         | ∠    |
| Надвиг (1)<br>Thrust (1)                                                                      | 8                                 | 57,9                                   | 77,2 | 313,0                               | 3,4  | 222,3                       | 12,4 |
| Надвиг (2)<br>Thrust (2)                                                                      | 3                                 | 307,7                                  | 74,0 | 58,0                                | 5,7  | 149,5                       | 15,0 |
| Левый сдвиг (1)<br>Sinistral strike-slip (1)                                                  | 12                                | 304,9                                  | 3,8  | 148,2                               | 85,8 | 35,0                        | 1,6  |
| Левый сдвиг (2)<br>Sinistral strike-slip (2)                                                  | 10                                | 17,7                                   | 12,4 | 190,7                               | 77,5 | 287,4                       | 1,5  |
| Правый сдвиг (1)<br>Dextral strike-slip (1)                                                   | 3                                 | 285,6                                  | 26,7 | 107,6                               | 63,3 | 16,0                        | 0,8  |
| Правый сдвиг (2)<br>Dextral strike-slip (2)                                                   | 4                                 | 55,8                                   | 20,8 | 234,8                               | 69,2 | 325,7                       | 0,3  |

## Заключение

Впервые описаны тектонические структуры, вскрытые в техногенных обнажениях левобережья нижнего течения р. Эльги, которые значительно уточнили и дополнили имеющиеся данные по тектонике центральной части зоны АТР (центральная часть Верхояно-Колымского орогенного пояса). Установлены два структурных парагенезиса. Первый включает надвиги, взбросы, сдвиги и складки первой генерации. Второй – складки второй генерации и левые сдвиги. Подтверждено сделанное ранее предположение [11] о проявлении на изученной площади как минимум двух этапов деформаций. Сложная и напряженная складчатость первого этапа здесь имеет северо-западное простирание. Видимо, преобладающие надвигово-взбросовые деформации сопровождалась довольно интенсивными левосдвиговыми, а также формированием основной части кварцевых жил. Наложенные левосдвиговые деформации сопровождалась менее интенсивной складчатостью с субвертикальными шарнирами. Сделано предположение о возможном существовании третьего этапа деформаций, связанного с образованием правосторонних сдвигов. Впервые установлена не только поперечная, но и продоль-

ная изменчивость интенсивности тектонических деформаций вдоль АТР. С северо-запада на юго-восток на юго-западном крыле зоны разломов понижается интенсивность деформационных структур. В том же направлении на северо-восточном крыле наблюдается постепенное увеличение интенсивности деформаций до среднего течения р. Эльги, сменяемое ее уменьшением в юго-восточном направлении (нижнее течение р. Эльги). Предполагается, что в северо-западном направлении повышается взбросовая компонента в зоне АТР. Впервые установлена ориентировка осей палеонапряжений, под действием которых были сформированы тектонические структуры изученной территории. Структуры первого этапа деформаций, преобладающим типом разломов которого являются надвиги, были сформированы при субгоризонтальном сжатии северо-восточного простирания. Ориентировка осей палеонапряжений этого этапа наименее точная. Структуры второго, левосдвигового этапа деформаций были образованы при субгоризонтальной ориентировке осей субширотного сжатия и субдолготного растяжения. Последующие правосдвиговые деформации происходили при субгоризонтальном сжатии северо-западного простирания и северо-восточном слабонаклонном растяжении.

### Литература

1. Парфенов Л.М., Кузьмин М.И. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
2. Парфенов Л.М., Рожин С.С., Третьяков Ф.Ф. О природе Адыча-Тарынской зоны разломов (Восточное Верхоянье) // Геотектоника. 1988. № 4. С. 99–102.
3. Родыгин А.И. Азимутальные проекции в структурной геологии. Томск: Изд. ТГУ, 1992. 136 с.
4. Родыгин А.И. Методы стрейн-анализа. Учебное пособие. Издание второе, исправленное и дополненное. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2006. 168 с.
5. Marrett R., Allmendinger R. Kinematic analysis of fault-slip data // Journal of Structural Geology. 1990. Vol. 12. P. 973–986.
6. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. С. 376–535.
7. Hancock P.L., Kadhi T. Analysis of mesoscopic fractures in the Dhruma-Nisah segment of the central Arabian graben system // Journal of the Geological Society of London, 1978. Vol. 135. P. 339–347.
8. Акулов Б.И., Данилогорский Е.П. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Верхоянская серия. Лист Q-54-XXXV. Объяснительная записка. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1968. 81 с.
9. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Верхоянская. Лист Q-54-XXXIV. Объяснительная записка. М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1968. 88 с.
10. Архипов Ю.В., Парфенов Л.М. Об Адычанской зоне пологих дислокаций // Докл. АН СССР. 1980. Т. 250, № 1. С. 155–158.
11. Архипов Ю.В., Климаш В.П., Попов Л.Н., Трущелев А.М., Шапкина И.А. Геологическое строение Былыньинского блока в центральной части Адыча-Тарынского разлома (верхнее течение р. Адыча) // Геотектоника. 1981. № 4. С. 78–89.

Поступила в редакцию 26.08.2021

Принята к публикации 13.10.2021

### Об авторах

ВАСИЛЬЕВ Дмитрий Анатольевич, научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия, <http://orcid.org/0000-0003-1201-3805>, e-mail: [juorankhay@mail.ru](mailto:juorankhay@mail.ru);

ПРОКОПЬЕВ Андрей Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия, <http://orcid.org/0000-0003-0985-9535>, e-mail: [prokopiev@diamond.ysn.ru](mailto:prokopiev@diamond.ysn.ru).

### Информация для цитирования

Васильев Д.А., Прокопьев А.В. Новые данные о тектонике Адыча-Тарынской зоны разломов (Восточная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021, Т. 26, № 4. С. 5–15. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-5-15>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-5-15

## New data on the tectonics of the Adych-Taryn fault zone (Eastern Yakutia)

D.A. Vasiliev\*, A.V. Prokopiev\*\*

*Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, Yakutsk, Russia*

*\*juorankhay@mail.ru*

*\*\*prokopiev@diamond.ysn.ru*

**Abstract.** In the central part of the regional Adycha-Taryn fault (ATF) zone, separating the Adycha-Elginsky and Nersky anticlinoria (Verkhoyansk-Kolyma folded area), three stages of tectonic deformation in the Upper Triassic rocks have been established. In the first stage, thrusts and folds of the northwest strike

*formed. Deformations of the second stage are represented by folds with steep hinges and associated sinistral strike-slip faults. The third stage of deformation marked by the formation of dextral strike-slip faults is also presumed. It is established for the first time that the intensity of tectonic deformations varies both along and across the ATF. The intensity of deformations decreases from northwest to southeast on the southwest flank of the ATF zone. On its NE flank, the deformation intensity gradually increases in the same direction. The orientation of paleostress axes responsible for the formation of tectonic structures in the study area was determined for the first time. Folds and thrusts of the first deformation stage were formed under NE-directed subhorizontal compression. The formation of sinistral strike-slip faults and associated folds of the second stage was related to subhorizontal compression in sublatitudinal direction. Subsequent dextral strike-slip faults resulted from NW-directed subhorizontal compression and NE-oriented subhorizontal extension.*

**Keywords:** tectonics, structural geology, the Verkhoyansk-Kolyma orogenic belt.

**Acknowledgements.** The research was carried out with support from the Russian Foundation for Basic Research (Project № 19-05-00945).

### References

1. Parfenov L.M., Kuzmin M.I. Tectonika, geodynamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutia). Moskva: MAIK «Nauka/Interperiodica», 2001. 571 p.
2. Parfenov L.M., Rozhin S.S., Tretyakov F.F. O prirode Adycha-Tarynskoy zony razlomov (Vostochnoye Verkhoyan'ye) // Geotektonika. 1988. No. 4. P. 99–102.
3. Rodygin A.I. Azimutal'nye proektsii v strukturnoy geologii. Tomsk: Izdatel'stvo TSU, 1992. 136 p.
4. Rodygin A.I. Metody strein-analiza. Uchebnoe posobie. Izdanie vtoroe, ispravlennoe i dopolnennoe. Tomsk: Izd-vo Tomskogo Un-ta, 2006. 168 p.
5. Marrett R., Allmendinger R. Kinematic analysis of fault-slip data // Journal of Structural Geology. 1990. Vol. 12. P. 973–986.
6. Gzovskiy M.V. Osnovy tektonofiziki. Moskva: Nauka, 1975. P. 376–535.
7. Hancock P.L., Kadhi T. Analysis of mesoscopic fractures in the Dhruma-Nisah segment of the central Arabian graben system // Journal of the Geological Society of London. 1978. Vol. 135. P. 339–347.
8. Akulov B.I., Danilogorsky E.P. Geological map of the USSR on a scale of 1: 200 000. Verkhoyanskaya series. Sheet Q-54-XXXV. Explanatory note. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Literature on Geology and Subsoil Protection, 1968. 81 p.
9. Danilogorsky E.P. Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200 000. Verkhoyanskaya seriya. List Q-54-XXXV. Ob'yasnitel'naya zapiska. Moskva: Gosudarstvennoye nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo literatury po geologii i okhrane nedr, 1968. 88 p.
10. Arkhipov Yu.V., Parfenov L.M. Ob Adychanskoy zone pologikh dislokatsiy // Dokl. AN SSSR. 1980. Vol. 250, No. 1. P. 155–158.
11. Arkhipov Yu.V., Klimash V.P., Popov L.N., Trushchelev A.M., Shashkina I.A. Geologicheskoye stroeniye Bylyn'inskogo bloka v tsentral'noy chasti Adycha-Tarynskogo razloma (verkhneye techeniye r. Adycha) // Geotektonika. 1981. No. 4. P. 78–89.

### About the authors

VASILIEV, Dmitry Anatolyevich, researcher scientist, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia,

<http://orcid.org/0000-0003-1201-3805>, e-mail: [juorankhay@mail.ru](mailto:juorankhay@mail.ru);

PROKOPIEV, Andrei Vladimirovich, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), associate professor, head of the laboratory, Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, 39 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia,

<http://orcid.org/0000-0003-0985-9535>, e-mail: [prokopiev@diamond.ysn.ru](mailto:prokopiev@diamond.ysn.ru).

### Citation

Vasiliev D.A., Prokopiev A.V. New data on the tectonics of the Adych-Taryn fault zone (Eastern Yakutia) // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021, Vol. 26, No. 4. P. 5–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-5-15>