

Экспедиции, полевые семинары, практики

УДК 551.248.2

DOI: 10.31431/1816-5524-2023-4-60-100-104

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КРОНОЦКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

© 2023 А.И. Кожурин^{1,2}, Т.К. Пинегина¹, Ф.И. Батанов¹, А.Л. Хомчановский¹¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия, 683023; e-mail: anivko@ya.ru²Геологический институт РАН, Москва, Россия, 109017

Поступила в редакцию 07.09.2023 г.; после доработки 28.09.2023 г.; принята в печать 25.12.2023 г.

Изучен субширотный активный разлом на Кроноцком полуострове (Камчатка). Деформации вскрытого канавой разреза голоценового почвенно-пирокластического чехла указывают на взбросовые перемещения по разломной плоскости. Относительно опущено северное крыло разлома. Свидетельства наличия горизонтальной компоненты менее определены по причине малого количества геоморфологических реперов, но в совокупности они указывают на ее левый знак. Средняя скорость сдвиговых смещений может быть оценена величиной порядка 10 мм в год. Возможными кажутся два объяснения существования поперечного дуге активного разлома: разлом как часть трансформной левосдвиговой горизонтальной флексуры, соединяющей коллизионную часть Камчатки с ее подверженной поперечному растяжению частью, и разлом как результат вращения по часовой стрелке блока Кроноцкого полуострова. Второй вариант подразумевает подвиг Тихоокеанской плиты под Камчатку под углом к ней и кажется менее вероятным.

Ключевые слова: островная дуга, Камчатка, Кроноцкий полуостров, активный разлом.

Исследования, проведенные на Кроноцком полуострове в июле–августе 2023 г., были направлены на получение данных о кинематике единственного на Камчатке активного разлома, поперечного простиранию Камчатского сегмента островной дуги (рис. 1). Наличие такого разлома выбивается из общей закономерности, состоящей в том, что простирание структур островной дуги подчиняется простиранию ее контакта с погружающейся под нее океанической плитой. В случае Камчатки, такое простирание — северо-восточное, а изученный разлом протягивается в субширотном (примерно 300°) направлении.

Рельеф и ландшафт Кроноцкого п-ова — особенные. Не удивляет существование ледников на высоких вулканах Камчатки, таких как Ключевская сопка, но на Кроноцком п-ове до сих пор есть современные ледники на высотах от 550–600 м и выше, сохранившиеся со времени позднеплейстоценового оледенения.

Так, истоки реки Большая Чажма, в районе которых выполнялись исследования, питаются карово-долинным ледником Поле Маркова (1030–545 м над уровнем моря) (рис. 1). В целом, в предгорье, на поднятых плейстоценовых морских террасах, местность — тундровая, холмисто-западинная, с отчетливыми моренными грядами, озами, камами и подпрудными моренными озерами. Сроки снеготаяния, вегетации растений и размножения птиц и насекомых здесь необычайно поздние, нередко — самые поздние на Камчатке (<https://kronoki.ru/ru/kamchatka/kamchatka-objects/375.html>).

Только дешифрирование аэрофотоснимков и материалов дистанционного зондирования часто не позволяет уверенно сказать, к какому типу могут быть отнесены вертикальные смещения по этим разломам — взбросовым или сбросовым. Для этого нужны наблюдения на местности, а в целях датирования смещенных форм рельефа и определения, является ли

вертикальная компонента движений взбросовой или сбросовой, — проходка шурфов и канав. Для выявления сдвиговой компоненты в движениях по разлому и ее знака (смещение правостороннее или левостороннее) необходимо изучить соотношение линии разлома с пересекаемыми им эрозионными врезами.

До наших работ источником сведений о разломной тектонике Кроноцкого полуострова была только публикация (Леглер, Парфенов, 1979).

Цитируемые авторы выделили несколько разломов, движения по которым привели к формированию субширотного уступа между относительно приподнятыми южными 2/3 полуострова и его опущенной северной третью, названного ими «Северным фасом». Разломы были определены как «новейшие».

Полученные во время проведения экспедиционных работ данные позволили существенно изменить существующие представления.

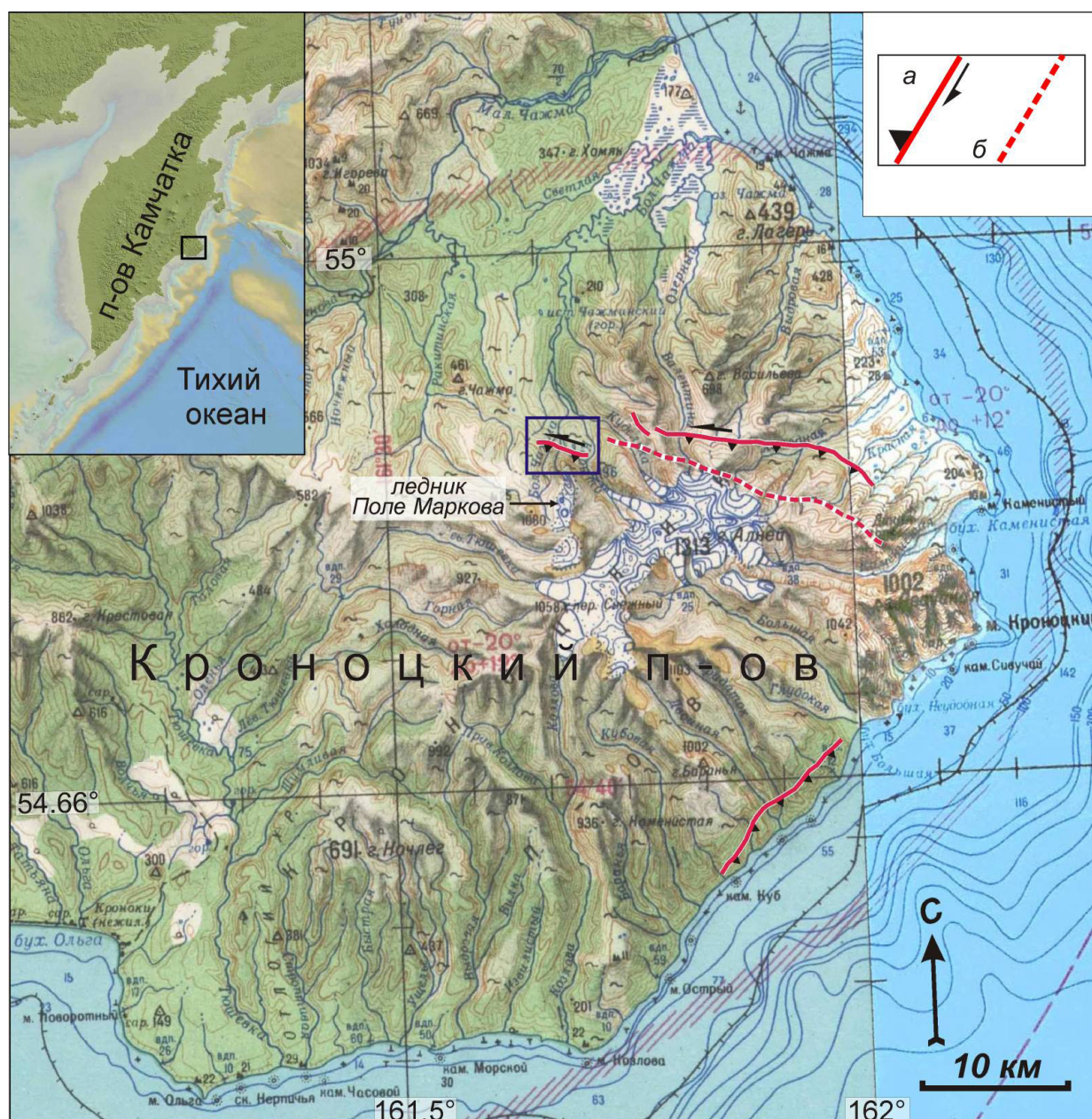


Рис. 1. Активные разломы Кроноцкого полуострова: *a* — активные разломы; *б* — разломы предполагаемые. Черные треугольники на линиях разломов обозначают наличие взбросовой составляющей движений, односторонние стрелки — горизонтальной составляющей. Прямоугольник в центре полуострова — район полевых исследований, представленный на рис. 4.

Fig. 1. Active faults of the Kronotsky Peninsula: *a* — active faults, *б* — inferred faults. Black triangles on fault lines indicate the presence of the reverse component of fault movements, unilateral arrows indicate the presence of the left-lateral component. The rectangle in the center of the peninsula is the area shown in Fig. 4.

Дешифрирование аэрофото- и космических снимков показало, что активные разломы на Кроноцком п-ове есть, но их меньше, чем на схеме, приведенной в работе (Леглер, Парфенов, 1979). Самый протяженный разлом прослежен примерно от верховий реки Большая Чажма, на западе, до почти р. Каменистой, на востоке (рис. 1). Разрыв не протягивается в виде единой непрерывной линии, а состоит из сегментов. Также был обнаружен разлом северо-восточного простирания, протягивающийся вдоль юго-восточного края полуострова.

Был изучен самый западный сегмент субширотного разлома (рис. 1). На местности линия разлома выглядит как уступ высотой в первые метры (до пяти, с учетом наклона смещенной поверхности), с относительно опущенным северным крылом (рис. 2).

Практически вся поверхность в районе полевых работ перекрыта ледниковыми и более поздними грубыми отложениями конусов выноса. Поэтому удачей было обнаружение места в подножье разломного уступа, где развит почвенно-пирокластический чехол (ППЧ) мощностью около метра. В этом месте была заложена короткая (длиной около 3 м) канава, которая позволила получить определенные данные о кинематике вертикальных движений по разлому.

ППЧ деформирован. Отчетливо видна взбросовая плоскость, полая в верхней части разреза, крутая в нижней (рис. 3). В верхней части смещена тефра вулкана Ксудач (КС1, полевое определение) с возрастом примерно в 1600 калиброванных лет назад до 1950 г. (Ponomareva et al., 2017). Смещение тефры КС1, а также горизонтов, лежащих ниже, указывает на то, что движения по плоскости — взбросовые. В верхней части канавы азимут простирания разломной плоскости — примерно 320° , отличающийся от простирания разломного уступа (300°) на 20° . Очевидно, что

обнаруженная плоскость не может быть основной, — величина смещений по ней горизонтов ППЧ очень мала, не более 10 см. Тем не менее, принимая эту плоскость как оперяющую, можно, по нашему мнению, уверенно считать, что вертикальные движения по основной плоскости являются взбросовыми.

Вопрос о том, есть ли в движениях по разлому сдвиговая составляющая, решался наблюдениями за двумя доступными геоморфологическими реперами — долинами верховьев рек Большая Чажма и ее правого притока. Смещение тальвегов обеих долин по линии разлома составляет от 80 (A_1) до 150 (A_2) м (рис. 4). Знак смещения — левый. Очевидно, что обе долины — послеледниковые. Сопоставление выявленных величин их горизонтальных смещений с продолжительностью голоцена дает значение скорости левого сдвига порядка 10 мм/год.

Полученные данные подтверждают предположение В.А. Леглера и Л.М. Парфенова (1979) о наличии левосдвиговой составляющей в движении по разломам «Северного фаса», но противоречат их заключению о сбросовой составляющей движений.

Сбросовая или взбросовая компонента движений по разлому определяет, происходят ли горизонтальные движения по разлому в условиях растяжения или сжатия. Во время полевых работ мы установили, что более вероятен второй вариант. Самым интересным в полученных данных являются свидетельства левосдвиговых движений по изученному разлому. Если наши заключения о наличии и знаке горизонтальных движений по разлому верны, то возможны два объяснения левосдвиговой кинематики разлома:

1. Разлом является элементом левосдвиговой горизонтальной флексуры, по сути — трансформной, обеспечивающей переход от коллизионных деформаций в области сочленения Алеутской

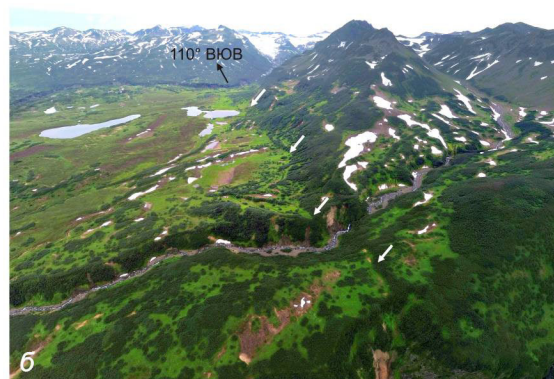
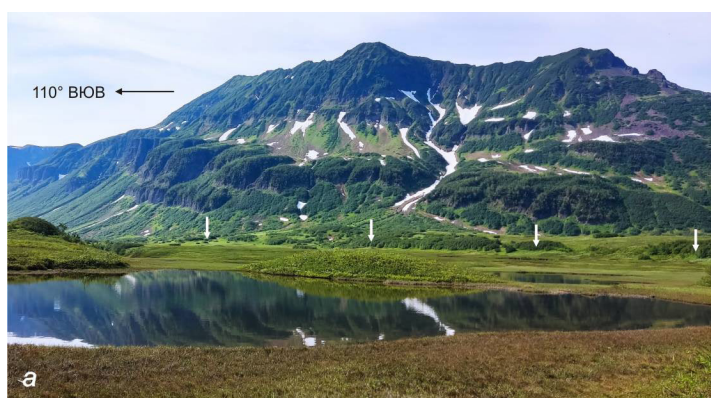


Рис. 2. Уступ активного разлома (отмечен стрелками): *а* — вид примерно на юго-восток; *б* — вид примерно на запад (съемка с беспилотного летающего аппарата).

Fig. 2. Active fault scarp (arrows): *a* — view approximately to the southeast; *b* — view approximately to the west (unmanned aerial vehicle).

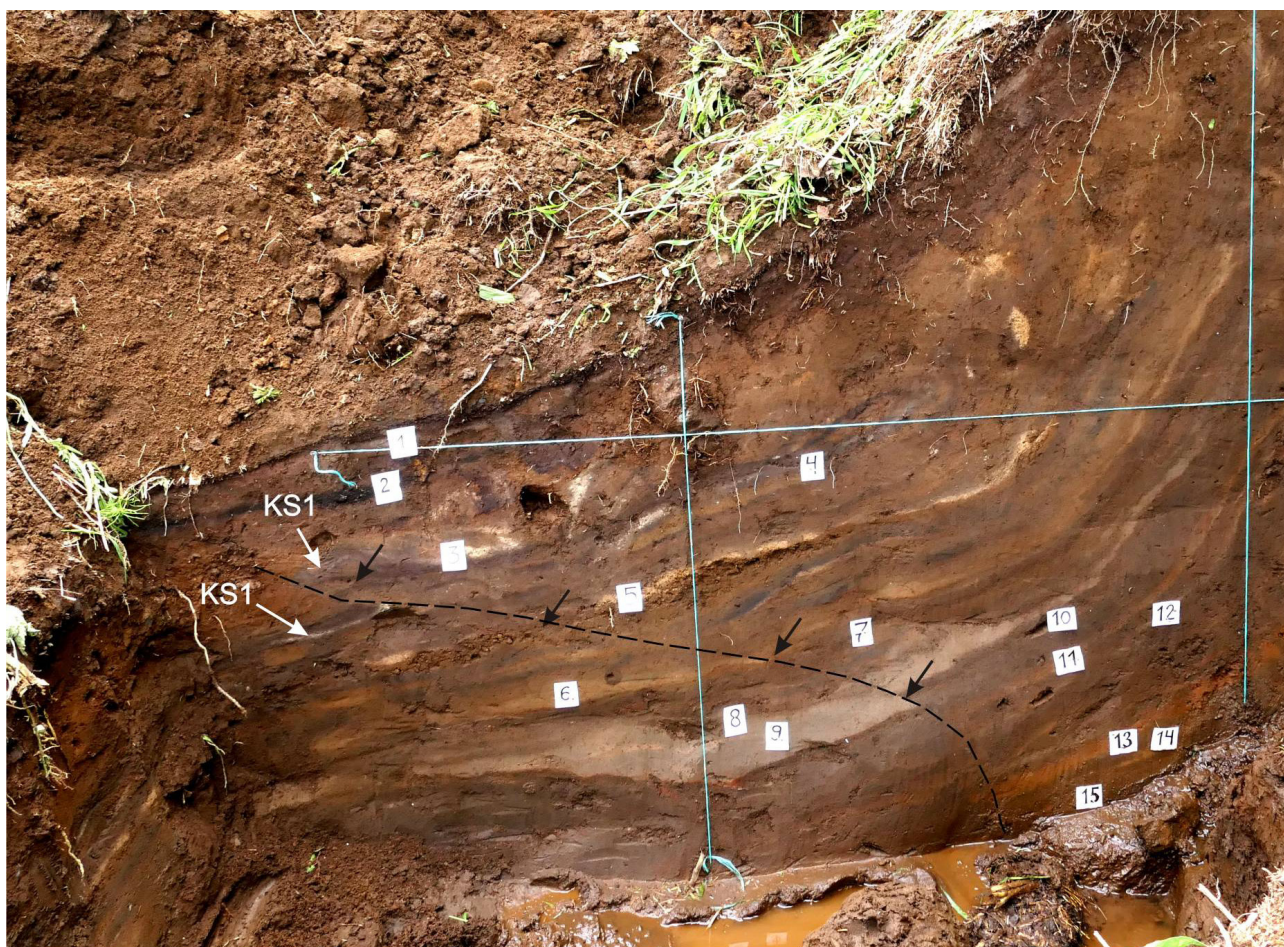


Рис. 3. Вскрытый канавой нарушенный разломом почвенно-пирокластический чехол (восточная стенка). Пунктирная черная линия — разломная плоскость. KS1 — тефра вулкана Ксудач (см. текст). Расстояние между вертикальными линиями разметки — 1 м.

Fig. 3. Fault-ruptured soil-pyroclastic cover opened by the trench (eastern wall). The dashed black line is the fault plane. The distance between vertical strings is 1 m.

дуги с Камчаткой к субдукционным (Кожурин, 2019; Кожурин и др., 2023).

2. Разлом появился в результате вращения по часовой стрелке блока Кроноцкого п-ова за счет, возможно, некоторой правосторонней составляющей движения Тихоокеанской плиты относительно Камчатки. Такому варианту противоречит практически перпендикулярное Камчатке направление поддвига под нее Тихоокеанской плиты.

Выбор между двумя вариантами требует дальнейшего анализа полученных данных. Второй вариант кажется менее вероятным, так как при общем направлении движения Тихоокеанской плиты под углом к переходной зоне континент-океан (Kozhurin, 2004) вектор движения Тихоокеанской плиты перпендикулярен Камчатке (DeMets et al., 1990).

Экспедиционные исследования проводилась за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-27-00069, <https://rscf.ru/project/22-27-00069/>.

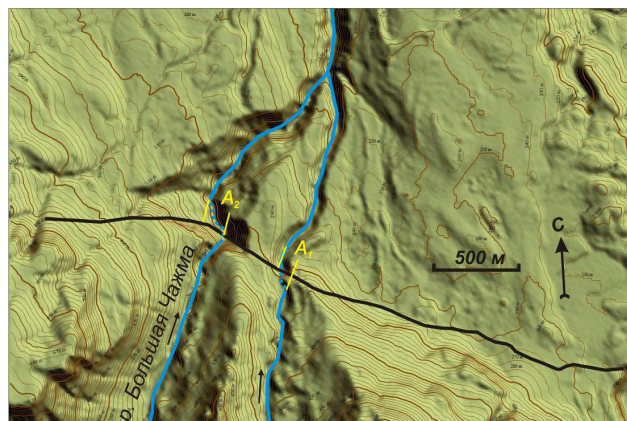


Рис. 4. Предполагаемые левосторонние смещения долин р. Большая Чажма и ее правого притока. Сплошная черная линия — активный разлом. A_1 и A_2 — накопленное левосдвиговое смещение по разлому (см. текст). Положение рисунка показано на рис. 1.

Fig. 4. Inferred left-lateral displacements of the valleys of Bol'shaya Chazhma River and its right inlet. The black line is an active fault, A_1 and A_2 are cumulative offset amplitudes (see text). See Fig. 1 for location.

Список литературы [References]

- Кожурин А.И.* Активные разломы Центральной Камчатки: параметры, сейсмический потенциал // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции 29 сентября – 5 октября 2019 г., Петропавловск-Камчатский. Ответственный редактор: Д.В. Чебров. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. С. 172–176 [*Kozhurin A.I.* Active faults of Central Kamchatka: parameters, seismic potential // Problems of complex geophysical monitoring of the Russian Far East. Proceedings of the Seventh Scientific and Technical Conference September 29 – October 5, 2019, Petropavlovsk-Kamchatsky. Editor-in-Chief: D.V. Chebrov. Obninsk: FIC EGS RAS, 2019. С. 172–176 (in Russian)].
- Кожурин А.И., Пинегина Т.К., Пономарева В.В.* Продольные сдвиги в островной дуге при нормальном поддвиге океанической плиты: пример Камчатки // Тихоокеанская геология. 2023. № 5. С. 92–104 [*Kozhurin A.I., Pinegina T.K., Ponomareva V.V.* Arc-parallel strike-slip faulting in an island arc under arc-normal subduction: the case of Kamchatka // Pacific Geology. 2023. V. 17. № 5. P. 489–500].
- Леглер В.А., Парфенов Л.М.* Системы разломов островных дуг // Тектоническое районирование и структурно-вещественная эволюция Северо-Востока Азии. М.: Наука, 1979. С. 134–156 [*Legler V.A., Parfenov L.M.* Fault systems of island arcs // Tectonic zoning and structural-material evolution of Northeast Asia. Moscow: Nauka, 1979. С. 134–156 (in Russian)].
- DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F., Stein S.* Current plate motions // Geophysical Journal International. 1990. V. 101. P. 425–478.
- Kozhurin A.I.* Active faulting at the Eurasian, North American and Pacific plates junction // Tectonophysics. 2004. V. 380. P. 273–285.
- Ponomareva V., Portnyagin M., Pendea I. Florin et al.* A full Holocene tephrochronology for the Kamchatsky Peninsula region: Applications from Kamchatka to North America // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 168. P. 101–122. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.04.031>.

EXPEDITIONARY RESEARCH ON THE KRONOTSKY PENINSULA

A.I. Kozhurin^{1,2}, T.K. Pinegina¹, F.I. Batanov¹, A.L. Khomchanovsky¹

¹*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 683023; e-mail: anivko@yandex.ru.*

²*Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 109017*

Received September 07, 2023; revised September 28, 2023; accepted December 26, 2023

The sublatitudinal active fault on the Kronotsky Peninsula (Kamchatka) has been studied. The deformations of the Holocene soil-pyroclastic cover opened by the trench indicate reverse vertical movements along the fault plane. The northern fault side is relatively downthrown. Evidence for a horizontal component is less certain because of the small number of geomorphologic references, but together they indicate that it is left-lateral. The average rate of strike-slip movements can be estimated to be of the order of 10 mm per year. Two explanations for the existence of an arc-normal active fault seem possible: the fault as part of a transform left-lateral horizontal flexure connecting the collisional part of Kamchatka with its transverse extension-prone part, and the fault as a result of clockwise rotation of the Kronotsky Peninsula block. The second option implies that the Pacific plate is being pushed under Kamchatka at an angle to it and seems less likely.

Keywords: island arc, Kamchatka, Kronotsky Peninsula, active fault.