УДК 551.24

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ТЫРКАНДИНСКОЙ ШЕАР ЗОНЫ (ЯКУТИЯ)

¹Мельников А.И., ²Смелов А.П., ¹Имаев В.С., ²Тимофеев В.Ф., ²Кравченко А.А.

¹*Институт земной коры СО РАН, 664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 128, e-mail: mel@crust.irk.ru*

²*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677000 Якутск, пр. Ленина, 39 e-mail: freshrock@yandex.ru*

Деформации в Тыркандинской структуре, ранее выделенной как зона тектонического меланжа [1], происходили механизмом сдвигового течения горных пород и ее нужно относить к типичным зонам высоких деформаций (шеар зонам) [3]. Надвиговые смещения в ней преобладали только на самых ранних этапах формирования. На поздних этапах эволюции, вплоть до современного времени, более существенную роль играли сдвиговые смещения блоков, которые контролировали ее развитие, в том числе и сейсмичность этого региона.

Ключевые слова: шеар зона, складки течения, линейность, милониты, деформации, ротация зерен, кинематика смещений

INTERNAL STRUCTURE TYRKANDINSKY SHEAR ZONES (YAKUTIA)

¹Alexandr I. Mel'nikov, ²Alexandr P. Smelov, ¹Valeriy S. Imaev, ²Viktor F. Timofeev, ²Alexandr A. Kravtchenko

¹*Institute of the Earth Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, 128 Lermontova Str., e-mail: mel@crust.irk.ru*

²*Institute of geology of diamond and precious metals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 677000 Yakutsk, Lenin's avenue, 39, e-mail: freshrock@yandex.ru*

А – Положение швар зоны на карте террейнов Алдано-Станового щита [4]. Батомгский (ЕВТ) и Учурский (ЕUC) террейны образуют Восточно-Алданский супертеррейн, а Нимнырский (ANM) и Сутамский (AST) террейны – Центрально-Алданский супертеррейн. Условные обозначения: 1-4 – террейны: 1 – гранит-зеленокаменный Батомгский; 2 – тоналит-трондьемитогнейсовый Тындинский; 3 – гранулит-ортогнейсовый Нимнырский; 4 – гранулит-парагнейсовые Сутамский и Учурский; 5 – швар зоны Тыркандинская (tr) и Амгинская (am); 6 – разломы.

Б – Строение швар зоны [3]. Условные обозначения: 1 – чехол Сибирской платформы; 2 – мезозойские сиениты, сиенит-порфиры, граносиениты; 3 – сшивающие раннепротерозойские чарнокиты, граниты и граносиениты; 4 – раннепротерозойские анортозиты; 5 – гнейсограниты; 6 – гиперстеновые, гиперстен-диопсидовые, гиперстен-диопсид-амфиболовые плагиогнейсы с прослоями и линзами двупироксен-амфиболовых кристаллических сланцев, известково-силикатных и диопсидовых пород; 7 – гранат-биотитовые плагиогнейсы с прослоями известково-силикатных пород, кварцитов и высокоглиноземистых гнейсов (холболохская толща); 8 – биотитовые, гранат-биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, диопсидовые, известково-силикатные породы, кальцифиры (кюриканская толща); 9 – террейны Нимнырский (ANM), Сутамский (AST), Учурский (EUC); 10 – надвиги; 11 – разломы.

В – Строение северной части швар зоны. 1 – сшивающие гранитоиды нерасчлененные; 2 – холболохская толща; 3 – холболохская Б толща (большее чем в 2 количество кристаллических сланцев [1]); 4 – кюриканская толща; 5 – иджекская толща; 6 – сеймская толща; 7 – ортогнейсовый комплекс; 8 – окружающие террейны.

Г – Тектоническое несогласие в скальных выходах биотит-гранатовых гнейсов холболохской толщи. Пунктиром выделено положение сланцеватости. Шарниры мелких складок течения с правым рисунком полого погружаются на СВ аз. пад. 10°, угол 15°, а линейность на ЮВ аз. пад. 160°, угол 25-35°. Сланцеватость аз. пад. 110-115°, угол 45-55°. В её строении участвуют тектонические пластины, сложенные различными ассоциациями гнейсов обоих террейнов [4]. Ранее, согласно [1], были выделены следующие ниже по убыванию возраста ассоциации: 1) эндербито-, чарнокито- и гранитогнейсов (ортогнейсовый интракрустальный комплекс); 2) гиперстеновых гнейсов и плагиогнейсов, гиперстен-диопсидовых и гиперстен-диопсид-амфиболовых плагиогнейсов, среди которых встречаются прослои и линзы двупироксен-рогообманковых кристаллических сланцев, известково-силикатных и диопсидовых пород, линзы и прослои гранат-биотитовых и гранат-гиперстен-биотитовых плагиогнейсов и гнейсов (иджекская толща); 3) биотитовых, гранат-биотитовых, амфибол-биотитовых, высокоглиноземистых гнейсов, кристаллических сланцев, диопсидовых, известково-силикатных пород, кальцифиров (кюриканская толща); 4) гранат-биотитовых плагиогнейсов с прослоями известково-силикатных пород, кварцитов, высокоглиноземистых гнейсов (холболохская толща) [2] (Рис. 1Б), наиболее крупные пластины, которых полого погружаются в восточном направлении [4] и ограничены узкими зонами бластомилонитов. В субдолготной ветви они насыщены телами гранитоидов [4].

Разрез от района устья р. Джелтулы до устья р. Улунчи сложен преимущественно гранитогнейсами и разнообразными мигматитами с редкими пластами гранат-биотитовых гнейсов и разорванными мигматизацией телами меланократовых пород. Сланцеватость, полосчатость разнообразна: от четко

выраженной до слабой, теневой. Линейность разных типов (бугорчатость, минеральная линейность, шарниры мелких складок течения, длинные оси будин), обычно ориентирована по падению сланцеватости или под небольшим углом (Рис. 13). В мигматитах иногда наблюдаются реликты мелких, межслоевых (интрафолиальных), изоклинальных складок течения первой генерации формирование которых, вероятно, связано с ранним гранулитовым метаморфизмом. Вторая генерация мелких складок течения связана с мигматизацией раннего субстрата и наблюдается чаще вблизи разорванных тел меланократовых пород. Сланцеватость и линейность показывают широкое рассеяние по дуге большого круга (Рис. 2). В этих складках деформации подвергается уже и лейкосома мигматитов. В пределах этого участка разреза наблюдаются мелкие, непротяженные, узкие, хаотично ориентированные зоны сдвигового течения горных пород (шеаринга) с правой или левосторонней кинематикой смещения. Иногда фиксируются и взбросовые движения. Довольно редко встречаются участки с видимым S/C строением с такой же кинематикой. Зерна граната в гнейсах, хотя нередко и вытянуты по простиранию пластов, но, как правило, не деформированы. Мелкие зоны милонитов (от 10 до 30 см) наблюдаются также очень редко. Такое расположение зон шеаринга, обычно, характерно для районов развития купольной тектоники в высокометаморфизованных комплексах (Шарыжалгайский выступ, Анабарский щит, Восточно-Антарктическая платформа и др.). В целом, для этой толщи характерно внутрислойное перемещение вещества горных пород, в пределах границ пластов.

Рис. 2. Сводная диаграмма ориентировок сланцеватости (крестики) и линейности, шарниров мелких складок (треугольники) на участке р. Улунчи – р. Джелтула

Разрез ниже устья р. Улунчи более пестрый. Сланцеватость, как правило, четкая, параллельно границам пластов, за исключением сильно деформированных участков. Мелкая складчатость течения развита в виде узких (до 100 м) зон (струй). Возможно, эти струи маркируют границы разных пластин, совмещенных в этой толще. Об этом же свидетельствует и широкое азимутальное и угловое рассеивание ориентировок сланцеватости, линейности и шарниров мелких складок, при общем северо-западном простирании сланцеватости (Рис. 3).

Рис. 3. Сводная диаграмма ориентировок сланцеватости (крестики) и линейности, шарниров мелких складок (треугольники) на участке р. Улунчи – р. Бол. Ыллымах

Ранние складки изоклинальные, внутрислойные и встречаются редко, только в виде реликтов, хотя иногда и образуют отдельные струи в общем матриксе породы. Амплитуда этих складок небольшая (первые десятки сантиметров). В биотит-гранатовых гнейсах зерна граната и их агрегатов, как правило, деформированы (Рис. 4). Среди порфирокласт преобладают дельта (δ) объекты с отчетливо выраженными крыльями и комплексные объекты с несколькими положениями крыльев. Вращение зерен граната отчетливо фиксируют левосторонние смещения в процессе деформации механизмом сдвигового течения горных пород (шеаринга). Размеры порфирокласт варьируют от первых миллиметров до нескольких сантиметров. Породы, в целом тонко разлинзованы с образованием отчетливо выраженных C/S строений. Ранняя сланцеватость S часто расположена косо к более поздней C – сланцеватости. Крупные порфирокласты граната, как правило, развиваются в пределах более меланократовых полос или вблизи контактов неосомы и меланосомы. Общая ориентировка C – сланцеватости аз. пад. 70° , угол 70° . Правосторонние и взбросовые смещения более ранние и встречаются значительно реже.

Рис. 4. Деформация порфирокласт граната в гнейсах. Отчетливо видны дельта объекты (нижнее фото) и комплексные объекты с разным положением крыльев (верхние фото). Положение крыльев указывает на вращение порфирокласт против часовой стрелки и левостороннее смещение при деформации

Зоны сдвигового течения с бластомилонитами и милонитами встречаются также редко и, как правило, параллельны общему простиранию толщи. Зоны с четко выраженными S/C строениями наблюдаются довольно часто и, обычно, имеют левостороннюю сдвиговую кинематику, хотя в зонах интенсивного течения и бластеза нередки и дифференцированные (в обе стороны) смещения. Отчетливо фиксируется минимум две системы мигматизации: ранняя, преимущественно послойная и поздняя, более крупнозернистая артеритового типа, иногда с хаотически развитыми гнездами лейкосомы в породах.

Коренные, скальные обнажения северной части вдоль левого борта р. Тимптон ниже устья р. Ыллымах сложены биотитовыми, биотит-амфиболовыми с гиперстеном мигматизированными гнейсами. Сланцеватость аз. пад. $148-150^\circ$, угол $50-55^\circ$. Шарниры мелких изоклинальных складок погружаются на ЮВ аз. пад. 170° , угол 40° , ориентировка линейности совпадает с погружением шарниров складок. Далее по течению биотитовые с прослоями биотит-амфиболовых и биотит-гранатовых гнейсы Сланцеватость аз. пад. от 175° до 185° , угол $50-65^\circ$. В нижней части обнажения сланцеватость варьирует от 195° до 205° , угол от 60° до 70° . На плоскостях трещин аз. пад. 135° , угол 20° часто наблюдаются штрихи скольжения аз. пад. 160° , угол 15° (правый сдвиг). На диаграмме отмечается широкое рассеивание сланцеватости, при более концентрированном погружении (преимущественно пологом) линейных элементов строения (Рис. 5).

Рис. 5. Сводная диаграмма ориентировок сланцеватости (крестики) и линейности, шарниров мелких складок (треугольники) на участке р. Ыллымах – р. Алдан.

В правом борту р. Тимптон ниже устья руч. Тумул обнажены биотит-гранатовые и гранатовые гранулиты. Их сланцеватость варьирует в двух направлениях: от аз. пад. 60° до 85° , угол $85-87^\circ$ и аз. пад. 240° , угол $80-87^\circ$. Иногда наблюдаются мелкие складки волочения левого рисунка с погружением шарниров по падению сланцеватости. Ниже по течению левый борт р. Тимптон сложен сильно мигматизированными биотитовыми и биотит-амфиболовыми гнейсами с прослоями биотит-гранатовых гнейсов мощностью до 3 м. Их сланцеватость четко выражена и имеет ориентировку аз. пад. 85° , угол 60° . В 300 м вниз по течению обнажена толща мигматизированных биотит-гиперстеновых гнейсов с маломощными прослоями биотит-гранатовых гнейсов и кальцифиров. Общая сланцеватость аз. пад. 80° , угол 85° , хотя иногда встречаются и ее противоположные падения. Породы смяты в две системы складок. Ранние мелкие изоклинальные складки течения с амплитудой до 0.6-0.8 м. Их шарниры круто погружаются на СЗ аз. пад. 305° , угол 80° . Эти складки деформируются более поздними открытыми складками с видимой амплитудой 0.3-0.4 м и шарнирами, погружающимися на ЮЗ аз. пад. 245° , угол 80° . Ниже по течению р. Тимптон в его правом борту обнажены сильно мигматизированные биотит-амфиболовые с мелким гранатом гнейсы. Сланцеватость аз. пад. $60-80^\circ$, угол $70-80^\circ$. Послойные или косо секущие инъекции пегматитов рассланцованы по системе аз. пад. 240° , угол 85° . Минеральная линейность, длинные оси будин и шарниры мелких складок погружаются на ЮВ аз. пад. 160° , угол 45° . По редким и мелким shear бендам здесь диагностируется левый сдвиг.

В правом борту р. Тимптон ниже устья р. Кюрюкян расположен массив интенсивно рассланцованных диоритов и гранодиоритов (Рис. 34). Сланцеватость варьирует от аз. пад. 250° до 325° , угол $45-75^\circ$. Часто наблюдаются молодые зеркала скольжения по системе трещин аз. пад. 225° , 85° со штрихами скольжения аз. пад. 145° , угол 10° (правый сдвиг по правилу Гофера). Ниже по течению сланцеватость в гранодиоритах аз. пад. 245° , угол 65° , линейность по амфиболу аз. пад. 165° , угол 05° . Мелкие зонки катаклазитов

шириной от 0.5 до 3-5 см развиты через 10-15 см и ориентированы аз. пад. 235°, угол 80°.

В левом борту р. Тимптон у его устья коренные выходы гранодиоритов. Сланцеватость аз. пад. 60°, угол 80-85°. Часто наблюдаются зоны милонитов мощностью 10-15 см аз. пад. 65°, угол 75°.

В коренных обнажениях левого борта р. Алдан против устья р. Тимптон обнажены интенсивно рассланцованные гранодиориты. Сланцеватость аз. пад. 35-55°, угол 80-85°. Выше по течению наблюдается чередование рассланцованных диоритов с зонами милонитов, бласто- и ультрамилонитов.

В целом, структурную последовательность деформаций центрального и северного отрезков Тыркандинской шеар зоны можно представить, как следующую:

1. Ранний метаморфизм с формированием мелких интрафолиальных, изоклиналильных складок течения.
2. Первичная, локальная мигматизация с формированием мелких изоклиналильных складок течения, деформирующих первичную лейкосому.
3. Массовая мигматизация толщи с развитием мелких, хаотично ориентированных шеар зон с надвиговой, взбросовой или правосторонней кинематикой.
4. Третья генерация мелких изоклиналильных складок течения. Развитие шеар зон с бластомилонитами и милонитами с левосдвиговой кинематикой смещений, в том числе и по Тыркандинскому разлому, движения по которому, вероятно и спровоцировали формирование более мелких шеар зон и S/C строений в его крыльях. Локально формирование S/C строений с преимущественно левосдвиговой кинематикой. Деформация зерен граната и их ротация, преимущественно с левосторонней сдвиговой компонентой смещения.

5. Формирование простых открытых складок изгиба с варьирующей амплитудой.
6. Активные сдвиговые смещения, связанные с сейсмическими событиями в этом регионе.

Список литературы

1. Дук В.Л., Кицул В.И., Петров А. Ф. и др. Ранний докембрий Южной Якутии (ред. Добрецов Н.Л.). - М.: Наука, 1986, 276 с.
2. Дук В.Л., Салье М.Е., Байкова В.С. Структурно-метаморфическая эволюция и флогопитоносность гранулитов Алдана. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. 227 с.
3. Мельников А.И., Никитин В.М. Зоны сдвигового течения горных пород (shear zone). Учебное пособие. - Иркутск-Нерюнгри: Изд-во Технического института (ф) СВФГУ, 2010. – 142 с.
4. Смелов А.П., Зедгенизов А.Н., Тимофеев В.Ф. Алдано-Становой щит // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). - М.: Наука / Интерпериодика, 2001. С. 81-104.