

УДК 550.93+551.243(470.5)

DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-2-242-249

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст деформаций пород в Баженовской шовной зоне (восточная окраина Среднего Урала)

© 2019 г. В. Н. Смирнов¹, К. С. Иванов¹, А. В. Травин^{2,3}

¹Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15, e-mail: smirnov@igg.uran.ru

²Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

³Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск, просп. К. Маркса, 20

Поступила в редакцию 01.06.2018 г., принята к печати 17.08.2018 г.

Объект исследований. В статье изложены данные о характере деформаций и результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования слюды из проб сланцев и бластомилонитов, отобранных на протяжении около 100 км по простиранию Баженовской шовной зоны, которая отделяет Восточную зону Среднего Урала, погружающуюся под чехол Западно-Сибирской плиты, от геологических структур открытой части Урала. **Методы.** Характер деформаций пород изучался в процессе прямых геологических наблюдений, возраст деформаций определен $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методом датирования слюды. **Результаты.** Выделено несколько этапов деформаций. Главная фаза, которая привела к образованию полосы бластомилонитов и в разной степени рассланцованных пород шириной местами более 10 км, предположительно имела левосдвиговый характер. Верхний возрастной предел этого этапа определяется временем внедрения субщелочных пород петуховского комплекса (280 млн лет), прорывающих полосу тектонизированных пород. Следующим типом деформаций были левосторонние сбросо-сдвиги субмеридионального простирания и субвертикального падения, которые фиксируются маломощными (обычно около 10 см, редко до 0.5 м) зонами интенсивно деформированных пород, секущими сланцеватость предыдущего этапа под острым углом. Завершающий этап деформаций был представлен пологими сбросами. Плоскости смещений этого типа фиксируются зеркалами скольжения и маломощными корочками хлорита. При очевидной полихронности процессов деформаций, установленной в пределах Баженовской шовной зоны в результате геологических наблюдений, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастные данные фиксируют только одно событие, среднее значение которого по 5 анализам имеет величину около 251 млн лет. Очевидно, что этот возраст следует отождествлять с наиболее поздними геологическими процессами, протекавшими при температурах, достаточных для полной перезагрузки К-Аг изотопной системы изучаемых пород, каковыми являются деформации, обусловленные дислокациями сбросо-сдвигового характера. **Выводы.** Датированные в настоящей работе сбросо-сдвиговые дислокации Баженовской зоны протекали приблизительно через 25 млн лет после завершения тектонической активности в зоне Серовско-Маукского разлома, расположенного к западу от Баженовской зоны. При этом они практически точно совпадают по времени с формированием грабенов меридионального простирания в фундаменте Западно-Сибирской плиты, происходившим около 250 млн лет назад, что подтверждает высказанный ранее вывод о близком характере геологического развития восточной окраины Урала и фундамента прилегающей к ней части Западно-Сибирской плиты.

Ключевые слова: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование, Урал, Западно-Сибирская плита, дислокационный метаморфизм

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of rock deformations across the Bazhenov suture zone (eastern border of the Middle Urals)

Vladimir N. Smirnov¹, Kiril S. Ivanov¹, Aleksei V. Travin^{2,3}

¹A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg 620016, Russia, e-mail: smirnov@igg.uran.ru

²Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of RAS, 3 Akad. Koptug st., Novosibirsk 630090, Russia

³Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marks st., Novosibirsk 630073, Russia

Received 01.06.2018, accepted 17.08.2018

Research subject. This article presents data on the nature of rock deformations in the Bazhenov suture zone. The data was obtained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of mica samples from schists and blastomylonites, which were collected across an area extending approximately for 100 km along the Bazhenov suture. This suture separates the Eastern zone of the Middle Urals dipped under the cover of the West Siberian plate from exposed geologic structures of the Urals. **Methods.** The character of the deformations was studied by means of direct geological observation. The age of the deformations was determined by

Для цитирования: Смирнов В.Н., Иванов К.С., Травин А.В. (2019) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст деформаций пород в Баженовской шовной зоне (восточная окраина Среднего Урала). *Литосфера*, 19(2), 242–249. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-2-242-249

For citation: Smirnov V.N., Ivanov K.S., Travin A.V. (2019) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of rock deformations across the Bazhenov suture zone (eastern border of the Middle Urals). *Litosfera*, 19(2), 242–249. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-2-242-249

mica dating using the ⁴⁰Ar/³⁹Ar method. *Results.* The deformations were found to have occurred in several phases. The initial phase, which led to the formation of a band of blastomylonites and rocks showing a varying degree of schistosity with a width of over 10 km in particular areas, is likely to have had the character of left-lateral fault. The upper age limit of this deformation phase is determined by the intrusion of the subalkaline rocks of the Petukhovskii complex (280 Ma), which had not been affected by any deformation processes. The subsequent type of deformations had been left-lateral strike-slip faults of submeridional strike and subvertical dip, which were represented by low-thickness (usually about 10 cm, rarely up to 0.5 m) zones of intensely deformed rocks cutting the schistosity of the previous phase at an acute angle. The final phase of the deformations is shown to be a sloping fault. The dislocation planes of this type were represented by slickensides and chlorite incrustations. Despite the apparent polychronicity of the deformation processes, which were established within the Bazhenov suture zone by our geological observations, ⁴⁰Ar/³⁹Ar age dating identified only one event. The average value of five conducted tests was about 251 Ma. Apparently, this age should be associated with the most recent geological processes having occurred at temperatures sufficient to fully overload the K-Ar isotopic system of the studied rocks, such as the deformations caused by strike-slip dislocations. *Conclusions.* The strike-slip fault dislocations dated in this work occurred approximately 25 Ma after the completion of the tectonic activity in the Serov-Mauk fault zone, which is located to the west of the Bazhenov zone. In addition, the time of these dislocations very nearly coincides with that of the formation of the grabens of meridional strike at the base of the West Siberian plate, which took place about 250 Ma ago. This supports a previously made conclusion on the similar character of the geological development of the eastern border part of the Urals and the adjoining basement of the West Siberian plate.

Keywords: ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating, Urals, West Siberian plate, dislocation metamorphism

Acknowledgements

The work was supported by the Russian science Foundation (project No. 16-17-10201).

Возникновение Уральского подвижного пояса является результатом косо́й коллизии Русской платформы и Казахстанского континента [Иванов, 1998; Пучков, 2010; и др.], в процессе которой сформировалась современная структура восточного склона Урала, представляющая собой агломерат сегментов коры (террейнов), разделенных крупными разрывными нарушениями, которые трассируются поясами протрузий ультрамафитов, зонами дробления, расщепления, бластомилонитизации и меланжа [Смирнов и др., 2003; и др.]. Позднепалеозойский возраст континентальной коллизии установлен достаточно надежно на основе анализа комплекса геологических данных, однако точная датировка разных этапов развития коллизионных и постколлизионных процессов, различающихся преобладающим типом тектонических движений, пока изучена очень слабо в связи с недостатком надежных данных. В настоящей работе изложены результаты ⁴⁰Ar/³⁹Ar датирования процессов деформаций пород из зоны одного из наиболее крупных разрывных нарушений этого типа, которое отделяет Восточную зону Среднего Урала, погружающуюся под осадочный чехол Западно-Сибирской плиты, от расположенных к западу от нее структур открытой части подвижного пояса.

Несмотря на значительную протяженность и важную роль рассматриваемого разрывного нарушения в тектонической структуре региона, характер и возраст связанных с ним деформаций до настоящего времени практически не изучались. В опубликованной литературе встречаются лишь краткие указания на наличие здесь сдвиговой зоны [Плюснин, 1971] или системы разломов [Геологическая карта..., 1997]. При этом на геологических картах последних редакций эта зона как единая региональная структура не показана, хотя отра-

жены многочисленные разрывные нарушения, входящие в ее состав [Государственная геологическая карта..., 2011; и др.]. Общепринятого названия рассматриваемое разрывное нарушение (или система разрывных нарушений) не имеет. По мнению авторов настоящей работы, было бы целесообразно выделить его в качестве Баженовской шовной зоны.

На современном эрозионном срезе описываемое разрывное нарушение прослеживается в виде полосы катаклазитов, бластомилонитов, сланцев и в разной степени расщепленных пород шириной в несколько (местами более 10) километров (рис. 1). Степень деформаций пород очень сильно варьирует, часто на относительно небольшом (первые метры и десятки сантиметров) расстоянии (рис. 2). В некоторых случаях наблюдаются признаки нескольких этапов деформаций, выражающиеся в наличии зон интенсивно деформированных разновидностей, в которых ориентировка чешуек темноватого минерала не совпадает с их ориентировкой в преобладающей части пород (рис. 3).

К.П. Плюснин [1971] пришел к выводу о том, что преобладающим типом тектонических движений в зонах аналогичных разрывных нарушений меридионального простирания были левосдвиговые смещения значительной амплитуды. Позднее на наличие системы крупных разрывных нарушений левосдвигового характера указывали многие исследователи [Bankwitz, Ivanov, 1997; Иванов, 1998; Bankwitz et al., 1998; Иванов и др., 2000; Серавкин и др., 2001; Петров и др., 2010; Тевелев, 2012; и др.]. Выполненные нами геологические наблюдения показали, что в пределах рассматриваемой шовной зоны проявилось несколько типов деформаций. Главная фаза, обусловившая образование наблюдаемой полосы сланцев и бластомилонитов, была связана с относительно ранними эпизодами коллизи-

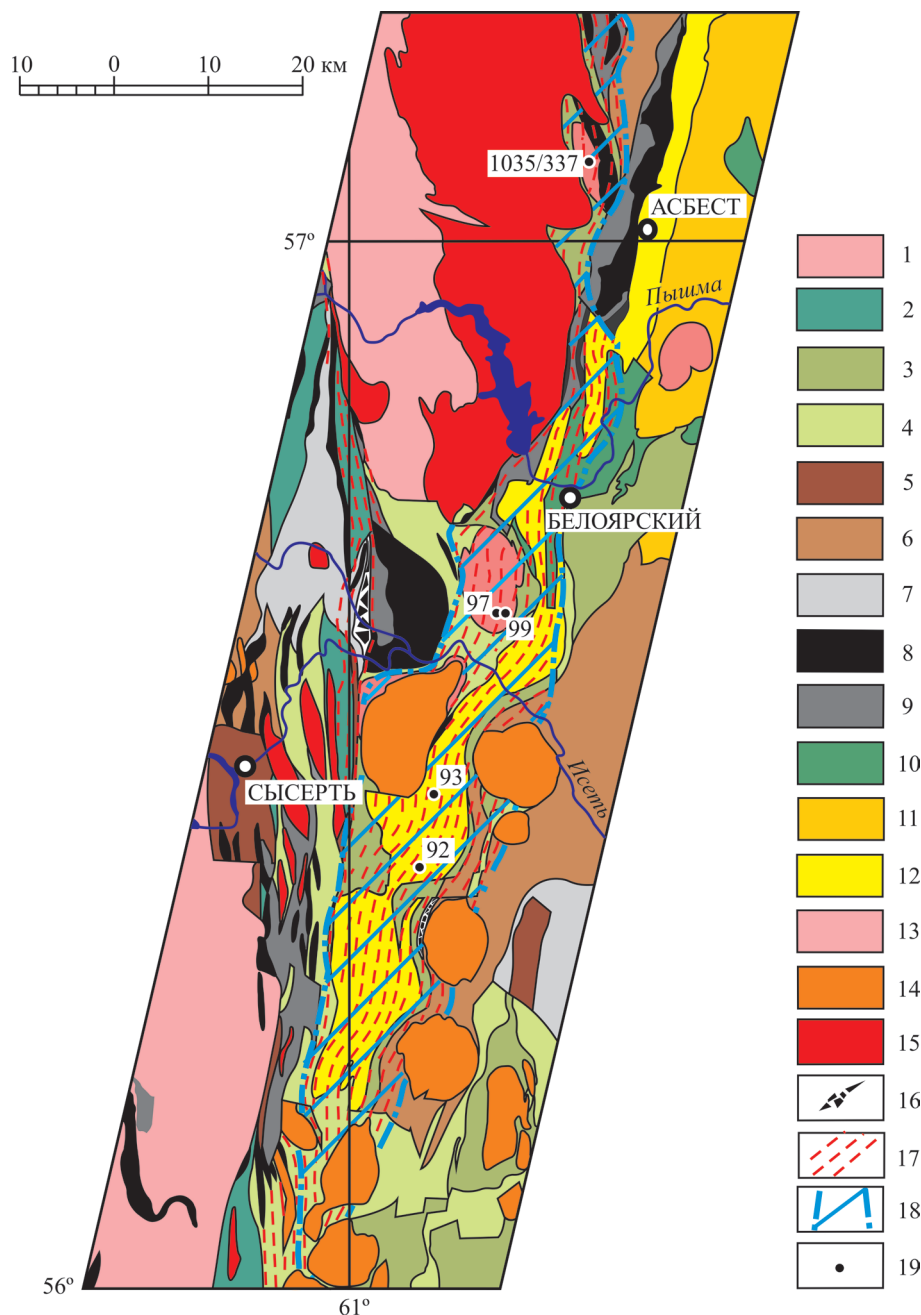


Рис. 1. Схема геологического строения изученной части Баженовской шовной зоны с точками отбора проб для $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования (составлена на основе [Государственной геологической карты..., 2011] с изменениями и уточнениями авторов).

1 – докембрийские глубоко метаморфизованные толщи Мурзинско-Адуйского и Сысертско-Ильменогорского блоков (шумихинский комплекс, черновская свита, адуйский комплекс, алабашская серия); 2 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы позднеордовикского возраста (новоберезовская толща); 3 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы позднеордовикско-раннесилурийского возраста (белоярская и межевская толщи); 4 – силурийские осадочные толщи (колютинская свита); 5 – раннедевонская терригенно-карбонатная толща; 6 – девонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи (медведевская, терригенно-вулканогенная, рудянская и маминская); 7 – раннекаменноугольные осадочные и осадочно-вулканогенные толщи (арамильская и бекленищевская свиты); 8–9 – породы офиолитовой ассоциации (8 – ультрамафиты, 9 – габбро), 10–11 – раннесилурийский рефтинский plutonicкий комплекс (10 – габбро и диориты, 11 – кварцевые диориты и тоналиты); 12 – трондjemиты (с резко подчиненным количеством диоритов) позднесилурийского аверинского комплекса; 13 – гранитоиды предположительно девонского возраста (Брусянский, Хомутинский и Лесозаводский массивы); 14 – породы коллизионных субщелочных массивов (петуховский и зверевский монцодиорит-гранитные и юго-коневский гранит-лейкогранитный комплексы); 15 – коллизионные гранитоиды нормальной щелочности (Каменский гранодиорит-гранитный, Мурзинский и Адуйский гранитные массивы); 16 – тектонический меланж; 17 – зоны рассланцевания и бластомилонитизации; 18 – контуры Баженовской шовной зоны; 19 – точки отбора проб для $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования.

Fig. 1. Scheme of geological structure of the researched part of Bazhenov sutural zone with sampling sites (on the base of [Gosudarstvennaya geologicheskaya karta..., 2011] with changes and more precisions of authors).

1 – Precambrian strong metamorphosed stratas of Murzinka-Adui and Sysert-Ilmenyorskii bloks (Shumikhinskiy complex, Chernovskaya Formation, Aduiskii complex, Alabashskaya series); 2 – Late Ordovician volcanogenic and volcano-sedimentary rocks (Novoberiozovskaya strata); 3 – Late Ordovician and Early Silurian volcanogenic and volcano-sedimentary rocks (Beloyarskaya and Mezhevskaya strata); 4 – Silurian sedimentary strata (Kolutinskaya Formation); 5 – Early Devonian terrigene-carbonaceous strata; 6 – Devonian volcanogenic and volcano-sedimentary strata (Medvedevskaya, terrigene-volcanogenic, Rudyanskaya and Maminskaya); 7 – Early Carboniferous sedimentary and volcano-sedimentary strata (Aramil'skaya and Beklenishevskaya formations); 8–9 – the rocks of ophiolite association (8 – ultramafites, 9 – gabbro); 10–11 – Early Silurian Reftinskii plutonic complex (10 – gabbros and diorites, 11 – quartz diorites and tonalities); 12 – trondhjemites (with insignificant quantity of diorites) of Late Silurian Averinskii complex; 13 – granitoid supposed Devonian age (Brusyanskii, Khomutinskii, Lesozavodskii massifs); 14 – the rocks of collision subalkaline massifs (Petukhovskii and Zverevskii monzodiorite-granite and Yugo-Knevskii granite-leucogranite complexes); 15 – collision granitoids of normal alkaline (Kamenskii granodiorite-granite, Murzinskii and Aduiskii granite complexes); 16 – tectonic mélange; 17 – zones of schistosity and blastomylonitization; 18 – contour of Bazhenov sutural zone; 19 – sampling sites.

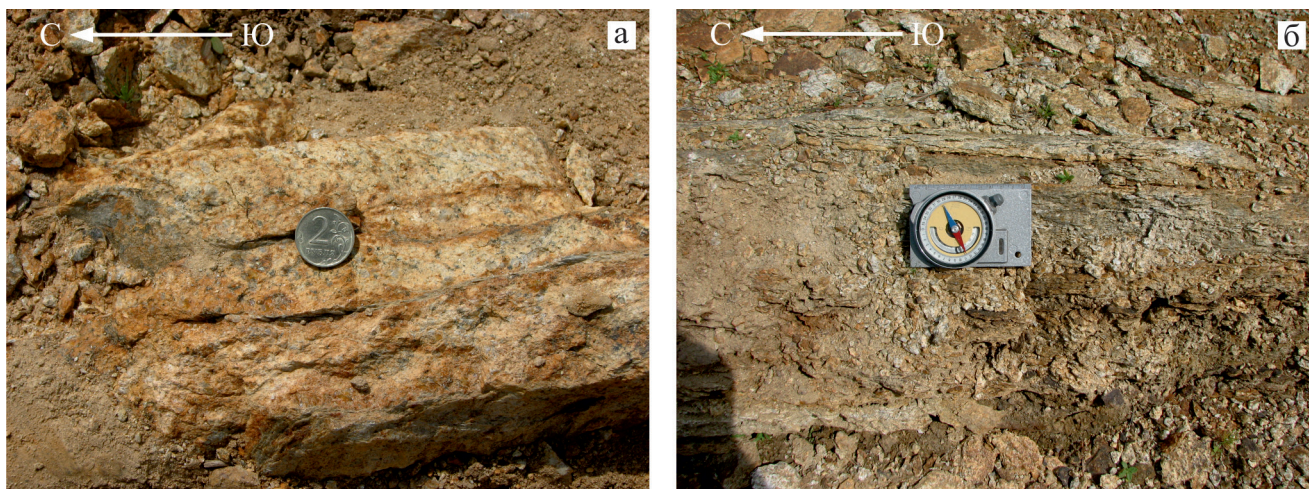


Рис. 2. Грубо рассланцованные (а) и тонко рассланцованные (б) трондьемиты аверинского комплекса. Щебеночный карьер на южной окраине с. Абрамовское.

Fig. 2. Coarsely schistose (a) and thin chistose (б) trondhjemites of Averinskii complex. Quarry near south outskirts of v. Abramovskoie.

онных процессов. Сланцы и рассланцованные породы прорываются незатронутыми деформациями телами субщелочных гранитов и монцодиорит-гранитными массивами петуховского комплекса возрастом около 280 млн лет [Смирнов и др., 2004], что определяет верхний возрастной рубеж процессов рассланцевания. Надежных данных о характере тектонических движений на протяжении этого этапа формирования рассматриваемой зоны авторам получить не удалось. Предполагается, что эти деформации были обусловлены широко проявившимися в пределах восточного сектора Урала левосдвиговыми смещениями, на которые указывали упомянутые выше авторы.

Следующим типом деформаций, наблюдавшимся в пределах рассматриваемой зоны, были левосторонние сбросо-сдвиги субмеридионального простирания и субвертикального падения, которые фиксируются маломощными (обычно около 10 см, редко до 0.5 м) зонами бластомилонитов и сланцев. Лучше всего такие зоны видны в каменолом-

нях на северо-восточной окраине с. Бол. Брусяны и на небольшом удалении от нее. В заброшенной каменоломне на северо-восточной окраине с. Бол. Брусяны (левый берег р. Брусянка) жилы практически неметаморфизованных субщелочных калиево-натриевых лейкогранитов, секущие преобладающую гнейсовидную разновидность малокалиевых гранитоидов Брусянского массива, разбиты на блоки размером около 10 см, которые перемещены относительно друг друга по плоскостям субмеридионального простирания и субвертикального падения на расстояние в десятки сантиметров, иногда до 0.5 м [Иванов и др., 2000]. Многочисленные зонки интенсивно рассланцованных пород мощностью около 10 см, образование которых предположительно было обусловлено этими же деформациями сбросо-сдвигового характера, наблюдаются в другой каменоломне, расположенной на удалении в несколько сотен метров к северо-востоку от окраины села. Преобладающим типом пород, вскрытых каменоломней, являются обычные для Брусянского



Рис. 3. Следы двух этапов деформаций в гранитоидах Брусянского массива. Каменоломня вблизи северо-восточной окраины с. Бол. Брусяны.

Fig. 3. Signs of two deformation stages in granitoids Brusiany massif. Quarry near north-east outskirts of v. Bolshie Brusiany.

массива малокалиевые граниты, характеризующиеся отчетливо выраженной гнейсовидностью. Наблюдаемая гнейсовидность обусловлена субпараллельной ориентировкой чешуек и агрегатов чешуй биотита, возникшей в результате одного из наиболее ранних эпизодов деформаций. Азимут падения гнейсовидности – 290° , угол падения – 80° . Зонки интенсивно деформированных пород секут гнейсовидность преобладающей разновидности гранитоидов под острым углом (см. рис. 3). Сланцеватость пород внутри таких зон, обусловленная ориентировкой чешуек слюды параллельно их границам, имеет близкое к меридиональному простирание (около 350°) и вертикальное падение. Наблюдаемая внутри этих зон линейность, создаваемая ориентировкой агрегатов зерен биотита, имеет падение 15° к северу.

Завершающий этап деформаций был представлен пологими сбросами. Многочисленные плоскости сбросов с зеркалами скольжения и корочками хлорита наблюдаются в каменоломнях, расположенных северо-восточнее окраины с. Бол. Брусяны. Азимут падения плоскости сброса – 82° , угол падения – 42° . Азимут падения линейности, отмеченной в плоскости сброса, – 230° , угол падения – 42° .

Для определения возраста процессов деформаций авторами проведено $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование слюд из 5 проб, отобранных на протяжении около 100 км по простиранию этой зоны из сланцев и blastsмилонитов, различающихся по составу и времени образования исходных для них пород.

Проба 92 отобрана в южной части изученного отрезка Баженовской шовной зоны в щебеночном

карьере на южной окраине с. Абрамовское. Координаты: $56^\circ 21.984'$ с.ш и $61^\circ 01.197'$ в.д. Материал пробы представлен мусковит-кварц-альбитовыми сланцами (бластомилонитами), возникшими в результате преобразования позднесилурийских трондjemитов аверинского комплекса. Характер залегания этих пород иллюстрирует рис. 2б.

Место отбора пробы 93, представленной деформированными и перекристаллизованными биотитовыми трондjemитами этого же комплекса, – придорожный карьер на левом берегу р. Кошкaриxa. Координаты точки отбора: $56^\circ 21.984'$ с.ш и $61^\circ 01.197'$ в.д.

Пробы 97 и 99 характеризуют две в разной степени деформированные разновидности предположительно среднедевонских малокалиевых гранитов Брусянского массива. Обе пробы отобраны в каменоломне, расположенной на небольшом удалении к северо-востоку от окраины с. Бол. Брусяны. Координаты места отбора: $56^\circ 38.720'$ с.ш и $61^\circ 15.162'$ в.д. Проба 99 представлена преобладающими в этой каменоломне гнейсовидными гранитами. Проба 97 была взята из малоомощной (около 10 см в поперечнике) зоны максимально дислоцированных пород, секущей преобладающую гнейсовидность под острым углом (см. рис. 3).

Проба 1035/337 занимает крайнее северное положение (см. рис. 1). Она представлена сильно деформированными и перекристаллизованными монцодиоритами Лесозаводского массива предположительно средне- и позднедевонского возраста, состоящими из биотита, амфибола, плагиоклаза и кварца. В результате процессов динамометаморфизма порода полностью утратила первичный облик и характеризуется типичной метаморфической лепидогранобластовой структурой, метаморфогенной полосчатостью и гнейсовидностью.

Из приведенной выше краткой характеристики отобранных проб очевидно, что степень преобразований изучаемых пород достаточно высока. В процессе динамометаморфизма они подверглись практически полной перекристаллизации с образованием лепидогранобластовых структур, гнейсовидных и сланцеватых текстур. Петрографическое изучение пород показало, что входящие в их состав слюды являются новообразованными минералами, возникшими в процессе дислокационного метаморфизма, что определяет возможность использования их для оценки времени деформаций. При проведении изотопно-геохронологических исследований из всех отобранных проб были выделены мономинеральные фракции слюд (4 монофракции биотита и 1 – мусковита).

Исследования проводились по методике, описанной в работе А.В. Травина с соавторами [2009]. Минеральные фракции для исследований были завернуты в алюминиевую фольгу и запаены после дегазации в кварцевых ампулах. Облучение прово-

дилось в кадмированном канале исследовательского реактора ФТИ ТПУ (г. Томск). В качестве мониторов использовались навески стандартных образцов биотита МСА-11 и LP-6. Нейтронный градиент не превышал 0.5% на размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Выделенные газы очищались с помощью двух последовательных ZrAl-SAES-геттеров. Измерения изотопного состава аргона проводились на масс-спектрометре Micromass 5400. Холостой опыт установки ступенчатого прогрева по ^{40}Ar не превышал $n10^{-10}$ нсм³.

Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования изученных слюд приведены на рис. 4. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастные спектры слюд из всех 5 образцов, отобранных в разных частях Баженовской шовной зоны, характеризуются наличием хорошо выраженных плато, соответствующих преобладающей части выделенного ^{39}Ar (от 80 до 100 %). Полученные $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрасты совпадают в пределах погрешности определения, среднее значение по 5 выполненным анализам имеет величину около 251 млн лет.

Таким образом, при очевидной полихронности процессов деформаций, установленной в пределах Баженовской шовной зоны в результате геологических наблюдений, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастные данные фиксируют только одно событие. Очевидно, что его следует отождествлять с наиболее поздними геологическими процессами, протекавшими при температурах, достаточных для полной перезагрузки К-Аг изотопной системы изучаемых пород. В пределах рассматриваемой части Баженовской зоны этим событием являются деформации, обусловленные дислокациями сбросо-сдвигового характера. Минеральный состав бластомилонитов и сланцев в зонах смещений (калиевый полевой шпат, биотит, кварц и плагиоклаз) свидетельствует о том, что их образование происходило в достаточно высокотемпературных условиях. Пологие сбросы, следующие за сбросо-сдвиговыми дислокациями и завершающие тектоническую активность Баженовской зоны, сопровождались формированием хлорита по плоскостям смещений, что указывает на значительно более низкие температуры этого процесса, по всей вероятности не оказавшие существенного влияния на К-Аг изотопную систему слюд.

Полученные данные свидетельствуют о том, что разрывные нарушения, которые разделяют крупные фрагменты коры (террейны), являющиеся главными элементами современной тектонической структуры восточного склона Урала, заметно различаются по времени образования. Ранее было показано, что тектоническая активность в зоне Серовско-Маукского разлома, расположенного к западу от описываемой в настоящей работе Баженовской шовной зоны, завершается дислокациями сбросового характера 278–276 млн лет на-

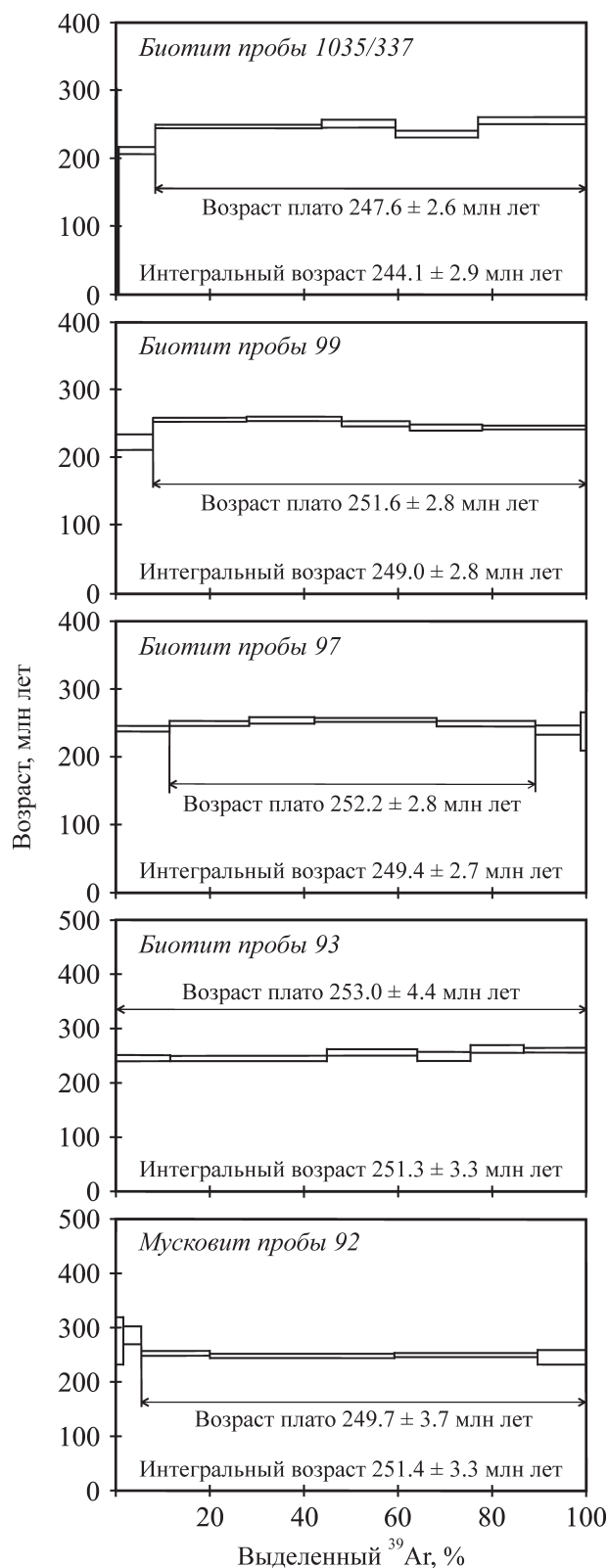


Рис. 4. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастные спектры слюд из сланцев и бластомилонитов Баженовской шовной зоны.

Fig. 4. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra of the micas from the schists and blastomylonites of Bazhenov suture zone.

зад [Смирнов и др., 2015], т. е. приблизительно на 25 млн лет раньше, чем в Баженовской зоне. При этом датированные в настоящей работе сбросо-сдвиговые дислокации Баженовской зоны практически точно совпадают по времени с формированием грабенов меридионального простирания в фундаменте Западно-Сибирской плиты, происходившим около 250 млн лет назад [Сараев и др., 2011; Иванов, Ерохин, 2014; Reichow et al., 2002; и др.].

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают высказанный ранее вывод о близком характере геологического развития восточной окраины Урала и фундамента примыкающей к ней части Западно-Сибирской плиты [Малютин и др., 1977; Иванов и др., 2003, 2016; Ivanov et al., 2013; и др.].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-10201).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (новая серия). Лист О-40, (41) Екатеринбург. Объяснительная записка. (1997) СПб.: Роскомнедра, ВСЕГЕИ, Уралгеолком, УГСЭ, 252 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист О-41 Екатеринбург. Объяснительная записка. (2011) СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 492 с.
- Иванов К.С. (1998) Основные черты геологической истории (1.6–0.2 млрд лет) и строения Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 253 с.
- Иванов К.С., Ерохин Ю.В. (2014) Палеогеодинамика формирования системы триасовых грабенов Западной Сибири. *Докл. АН*, **458**(4), 442–445.
- Иванов К.С., Смирнов В.Н., Ерохин Ю.В. (2000) Тектоника и магматизм коллизионной стадии (на примере Среднего Урала). Путеводитель геологических экскурсий Международной научной конференции “Коллизионная стадия развития подвижных поясов (тектоника, магматизм, седиментогенез, метаморфизм, металлогения)”. VI Чтения А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: УрО РАН, 2000, 133 с.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В., Пономарев В.С. (2016) Геологическое строение фундамента Приуральской части Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 302 с.
- Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Кормильцев В.В., Погромская О.Э., Ронкин Ю.Л., Ерохин Ю.В. (2003) Строение и природа области сочленения Урала и Западной Сибири. *Докл. АН*, **458**(5), 647–651.
- Малютин Н.Б., Смирнов Е.П., Дегтева М.Н. (1977) Геологическое строение складчатого фундамента в Среднем Зауралье. М.: Недра, 223 с.
- Петров Г.А., Свяжина И.А., Рыбалка А.В. (2010) Особенности формирования позднепалеозойского орогена на Среднем Урале. *Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя: материалы XLIII Тектонического совещания. Т. 2.* М.: ГЕОС, 139–143.
- Плюснин К.П. (1971) Методика изучения тектонических структур складчатых поясов (на примере Урала). Пермь: Изд-во УПУ, 217 с.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Сараев С.В., Батурина Т.П., Травин А.В. (2011) Петрология, седиментология, геохимия и абсолютный возраст осадочно-вулканогенных отложений триаса на юго-западе Западно-Сибирской геосинеклизы (Курганская область). *Геология и геофизика*, **52**(8), 1107–1128.
- Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. (2001) Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 318 с.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Богатов В.И. (2004) Результаты Rb-Sr-датирования субщелочных гранитов Газетинского массива (Средний Урал). *Литосфера*, (1), 65–69.
- Смирнов В.Н., Иванов К.С., Травин А.В. (2015) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст деформаций гранитоидов Верхисетского батолита как показатель времени коллизионных процессов в восточном секторе Урала. *Литосфера*, (5), 99–104.
- Смирнов В.Н., Ферштатер Г.Б., Иванов К.С. (2003) Схема тектоно-магматического районирования территории восточного склона Среднего Урала. *Литосфера*, (2), 45–56.
- Тевелев А.В. (2012) Особенности кинематики шовных зон Южного Урала как причина формирования конвергентной структуры Восточно-Уральской мегазоны. *Вестн. Московского ун-та. Сер. 4. Геология*, (3), 17–26.
- Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. (2009) Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье). *Геохимия*, **11**, 1181–1199.
- Bankwitz P., Bankwitz E., Ivanov K.S. (1998) Schertekto-gen Südrural. *Freiberger Forschungshefte*, **C470**, 1–19.
- Bankwitz P., Ivanov K.S. (1997) The shear belt of the eastern Urals – evidence for oblique collision of the South Urals. *Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала. Тезисы докладов VI Уральского петрографического совещания. Ч. 1.* Екатеринбург: УрО РАН, 54–58.
- Ivanov K.S., Puchkov V.N., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Pogromskaya O.E. (2013) Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement: main features of geology and development. *J. Asian Earth Sci. Geol. Evol. Asia*, **72**, 12–24.
- Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V., Pringle M.S., Al’Mukhamedov A.I., Medvedev A., Kirda N. (2002) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dates from the West Siberian Basin: Siberian flood basalt province doubled. *Science*, **296**, 1846–1849.

REFERENCES

- Bankwitz P., Bankwitz E., Ivanov K.S. (1998) Schertekto-gen Südrural. *Freiberger Forschungshefte*, **C470**, 1–19.

- Bankwitz P., Ivanov K.S. (1997) The shear belt of the eastern Urals – evidence for oblique collision of the South Urals. *Magmatizm, metamorfizm i glubinnoe stroenie Urala. Tezisy dokladov VI Ural'skogo petrograficheskogo soveshchaniya. Chast' 1* [Magmatism, metamorphism and deep structure of the Urals. Abstracts VI Ural Petrographic Meeting. Pt 1]. Ekaterinburg, UB RAS, 54–58.
- Geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (novaya seria). List O-40, (41). Ekaterinburg Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (new series). Sheet O-40, (41) Ekaterinburg. Explanatory note]. (1997) St.Petersburg, Roskomnedra, VSEGEI, 252 p. (In Russian).
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Ural'skaya. List O-41 Ekaterinburg. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Urals Series Sheet O-41 Ekaterinburg. Explanatory note]. (2011) St.Petersburg, kartfabrika VSEGEI Publ., 492 p. (In Russian)
- Ivanov K.S. (1998) *Osnovnye cherty geologicheskoi istorii (1.6–0.2 mld let) i stroenie Urala* [The main features of the geological history (1.6–0.2 Ga) and the structure of the Urals]. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 253 p. (In Russian)
- Ivanov K.S., Erokhin Yu.V. (2014) Paleogeodynamics of the formation of the Triassic graben system in Western Siberia. *Dokl. Akad.Nauk*, **458**(4), 442–445. (In Russian)
- Ivanov K.S., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Ponomarev V.S. (2016) *Geologicheskoe stroenie fundamenta Priural'skoi chasti Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo megabasseina* [Geological structure of the basement of the Priural'sky part of the West Siberian petroleum megabasin. Geological structure of the basement of the Near-Uralian part of the West Siberian petroleum megabasin]. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 302 p. (In Russian)
- Ivanov K.S., Fedorov Yu. N., Koroteev V.A., Pecherkin M.F., Kormil'tzev V.V., Pogromskaya O.E., Ronkin Yu.L., Erokhin Yu.V. (2003) The structure and nature of the junction of the Urals and Western Siberia. *Dokl. Akad. Nauk*, **458**(5), 647–651. (In Russian)
- Ivanov K.S., Puchkov V.N., Fedorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Pogromskaya O.E. (2013) Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement: main features of geology and development. *J. Asian Earth Sci. Geol. Evol. Asia*, **72**, 12–24.
- Ivanov K.S., Smirnov V.N., Erokhin Yu.V. (2000) *Tektonika i magmatizm kollizionnoi stadii (na primere Srednego Urala). Putevoditel' geologicheskikh ekskursii Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "Kollizionnaya stadiya razvitiya podvizhnykh poyasov (tektonika, magmatizm, sedimentogenez, metamorfizm, metallogeniya). VI Chteniya A.N. Zavarizkogo* [Tectonics and magmatism of the collision stage (on the example of the Middle Urals). Guidebook of geological excursions of the International Scientific Conference "Collision stage of development of mobile belts (tectonics, magmatism, sedimentogenesis, metamorphism, metallogeny)". VI Readings A.N. Zavaritsky]. Ekaterinburg, UB RAS, 2000, 133 p. (In Russian)
- Malyutin N.B., Smirnov E.P., Degteva M.N. (1977) *Geologicheskoe stroenie skladchatogo fundamenta v Srednem Zaural'e* [Geological structure of the folded basement in the Middle Trans-Urals]. Moscow, Nedra Publ., 223 p. (In Russian)
- Petrov G.A., Sviyazhina I.A., Rybalka A.V. (2010) Features of the formation of the Late Paleozoic orogen in the Middle Urals. *Tektonika i geodinamika skladchatykh poyasov i platform fanerozoia: materialy XLIII Tektonicheskogo soveshchaniya. T. 2* [Tectonics and geodynamics of folded belts and platforms of the Phanerozoic: materials of the XLIII Tectonic meeting. V. 2]. Moscow, GEOS Publ., 139–143. (In Russian)
- Plusnin K.P. (1971) *Metodika izucheniya tektonicheskikh struktur skladchatykh poyasov (na primere Urala)* [Methods of studying the tectonic structures of the folded belts (on the example of the Urals)]. Perm, UPU Publ., 217 p. (In Russian)
- Puchkov V.N. (2010) *Geologiya Urala i Priuraliya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and Cisurals (current issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 280 p. (In Russian)
- Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V., Pringle M.S., Al'Mukhamedov A.I., Medvedev A., Kirda N. (2002) 40Ar/39Ar dates from the West Siberian Basin: Siberian flood basalt province doubled. *Science*, **296**, 1846–1849.
- Saraev S.V., Baturina T.P., Travin A.V. (2011) Petrology, sedimentology, geochemistry and absolute age of sedimentary-volcanogenic deposits of the Triassic in the south-west of the West-Siberian geosyncline (Kurgan region). *Geol. Geofiz.*, **52**(8), 1107–1128. (In Russian)
- Seravkin I.B., Znamenskii C.E., Kosarev A.M. (2001) *Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya* [Breaking-off tectonics and ore-bearing of the Bashkir Trans-Urals]. Ufa, Poligrafkombinat Publ., 318 p. (In Russian)
- Smirnov V.N., Fershtater G.B., Ivanov K.S. (2003) Scheme of tectonic-magmatic zoning of the eastern slope of the Middle Urals. *Litosfera*, (2), 45–56. (In Russian)
- Smirnov V.N., Ivanov K.S., Bogatov V.I. (2004) Results of Rb-Sr-dating of sub-alkaline granites of the Gazetinsky massif (Middle Urals). *Litosfera*, (1), 65–69. (In Russian)
- Smirnov V.N., Ivanov K.S., Travin A.V. (2015) ⁴⁰Ar/³⁹Ar age of granitoid deformations of the Verkhisetskii batholith as an indicator of the time of collision processes in the eastern sector of the Urals. *Litosfera*, (5), 99–104. (In Russian)
- Tevelev A.V. (2012) Features of the kinematics of the suture zones of the Southern Urals as the reason for the formation of the convergent structure of the East Ural megazone. *Vestn. Moscow Univ. Ser. 4. Geol.*, (3), 17–26. (In Russian)
- Travin A.V., Yudin D.S., Vladimirov A.G., Khromykh S.V., Volkova N.I., Mehonoshin A.G., Kolotilina T.B. (2009) Thermochronology of the Chernorudskaya granulite zone (Olkhon region, Western Cisbaikalian). *Geokhimiya*, **11**, 1181–1199. (In Russian).