

УДК 550.93+551.243(470.5)

**СТРУКТУРНЫЕ СВЯЗИ УРАЛА И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ЕДИНЫЙ ЭТАП ФОРМИРОВАНИЯ НА ГРАНИЦЕ ПЕРМИ И ТРИАСА****В.Н. Смирнов, К.С. Иванов\***

Представлено академиком РАН В.А. Коротеевым 28.04.2018 г.

Поступило 17.05.2018 г.

<sup>40</sup>Ag–<sup>39</sup>Ag-датирование слюд из сланцев и бластомилонитов, отобранных в пределах разрывного нарушения, которое отделяет Восточную зону Среднего Урала, погружающуюся под осадочный чехол Западно-Сибирской плиты, от расположенных к западу от неё структур открытой части Урала, показало, что завершающая фаза деформаций здесь была представлена субмеридиональными левосторонними сбросо-сдвигами с возрастом 251 млн лет. Изученные деформации практически точно совпадают по времени с формированием грабенов субмеридионального простирания в фундаменте Западно-Сибирской плиты.

**Ключевые слова:** Урал, Западно-Сибирская плита, дислокационный метаморфизм, <sup>40</sup>Ag/<sup>39</sup>Ag-датирование.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-56524883294-297>

Возникновение Уральского складчатого пояса является результатом косой коллизии Русской платформы и Казахстанского континента [1], в процессе которой сформировалась современная структура восточного склона Урала, представляющая собой агломерат террейнов, разделённых крупными разрывными нарушениями. Последние трассируются поясами меланжированных серпентинитов, зонами дробления, рассланцевания, бластомилонитизации [2]. Позднепалеозойский возраст континентальной коллизии установлен достаточно надёжно на основе анализа комплекса геологических данных, однако точная датировка разных этапов развития коллизионных и постколлизионных процессов, отличающихся преобладающим типом тектонических движений, пока изучена слабо. В заключительной стадии (≈370–240 млн лет) формирования Уральского складчатого пояса выделяются следующие главные этапы: коллизии, транспрессии ограниченного пост-коллизионного растяжения региона.

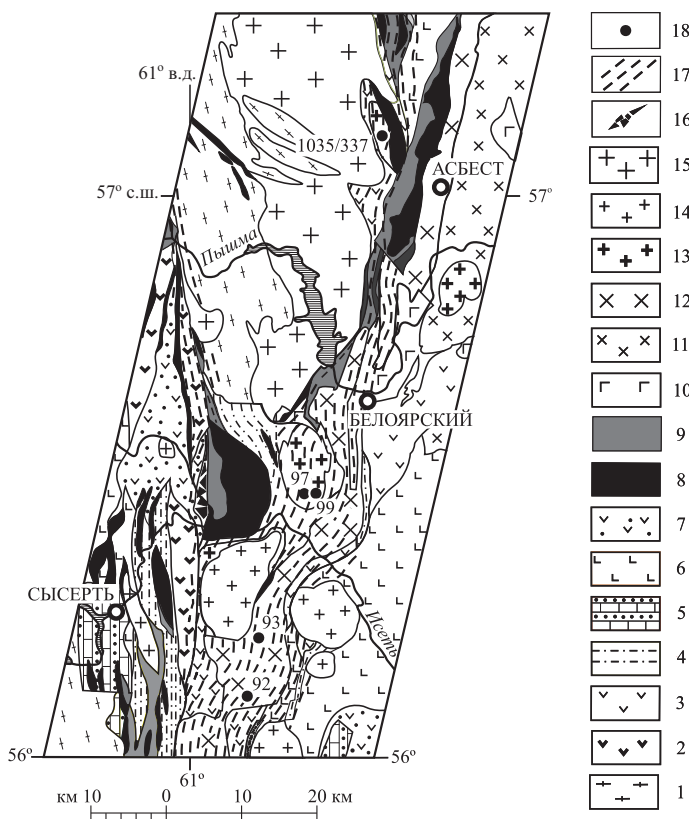
В этой работе изложены результаты <sup>40</sup>Ag–<sup>39</sup>Ag-датирования деформаций в сутуре (Баженовская шовная зона), которая отделяет Восточную зону Среднего Урала, погружающуюся под осадочный чехол Западно-Сибирской плиты, от расположенных к западу от неё структур открытой части Урала. Сутура прослеживается в виде полосы катаклазитов, бластомилонитов, сланцев и в разной степени рассланцованных пород шириной в несколько км (мес-

тами более 10), рис. 1. Степень деформаций пород сильно изменяется, часто на относительно небольшом расстоянии (первые метры и десятки сантиметров). Наблюдаются признаки нескольких этапов деформаций. Главная фаза, обусловившая образование наблюдаемой полосы сланцев и бластомилонитов, была связана с относительно ранними эпизодами коллизионных процессов. Сланцы прорываются незатронутыми деформациями телами субщелочных гранитов и монцодиорит-гранитными массивами петуховского комплекса с возрастом около 280 млн лет [3], что определяет верхний возрастной рубеж процессов рассланцевания. Предполагается, что эти деформации были обусловлены левосдвиговыми смещениями, на широкое развитие которых в пределах восточного сектора Урала указывал К.П. Плюснин [4] и позднее ещё целый ряд авторов ([1, 5–8] и др.). 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. Эти зоны можно наблюдать в каменоломнях на северо-восточной окраине села Большие Брусяны [6]. 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 зёрен биотита, имеет падение 15° к северу.

Завершающий этап деформаций был представлен пологими сбросами. Многочисленные плоскости

*Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого  
Уральского отделения Российской Академии наук,  
Екатеринбург*

*\*E-mail: ivanovks@igg.uran.ru*



**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 масштаба 1:1 000 000 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 (новоберёзовская толща); 3 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы позднеордовикско-раннесилюрийского возраста (белоярская и межевская толщи); 4 – силюрийские осадочные толщи (колютинская свита); 5 – раннедевонская терригенно-карбонатная толща; 6 – девонские вулканогенные и вулканогенно-осадочные толщи (медведёвская, терригенно-вулканогенная, рудянская и маминская); 7 – раннекаменноугольные осадочные и осадочно-вулканогенные толщи (арамильская и бекленишевская свиты); 8–9 – породы офиолитовой ассоциации (8 – ультрамафиты, 9 – габбро), 10–11 – раннесилюрийский рефтинский plutonic complex (10 – габбро и диориты, 11 – кварцевые диориты и тоналиты); 12 – трондьмиты (с резко подчинённым количеством диоритов) поздне-силюрийского аверинского комплекса; 13 – гранитоиды предположительно девонского возраста (Брус-янский, Хомутинский и Лесозаводский массивы); 14 – породы коллизионных субшелочных массивов (петуховский и зверевский монцодиорит-гранитные и юго-конёвский гранит-лейкогранитный комплексы); 15 – коллизионные гранитоиды нормальной шёлчности (каменский гранодиорит-гранитный, мурзинский и адуйский гранитные); 16 – тектонический меланж; 17 – зоны расщепления и бластомило-нитизации; 18 – точки отбора проб для  $^{40}\text{Ar}$ / $^{39}\text{Ar}$ -датирования.

сбросов с зеркалами скольжения и корочками хлорита наблюдаются в каменоломнях, расположенных северо-восточнее окраины села Большие Брусяны. Азимут падения плоскости сброса  $82^\circ$ , угол падения  $42^\circ$ . Азимут падения линейности, наблюдаемой в плоскости сброса  $230^\circ$ , угол падения  $42^\circ$ .

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

Проба 92 отобрана в щебёночном карьере на южной окраине села Абрамовское ( $56^\circ 21,984'$  с.ш. и  $61^\circ 01,197'$  в.д.). Она представлена мусковит-кварц-альбитовыми сланцами (бластомилонитами), возникшими в результате преобразования поздне-силюрийских трондьмитов аверинского комплекса.

Проба 93, представленная деформированными биотитовыми трондьмитами этого же комплекса, взята в придорожном карьере на левом берегу р. Кошкариха ( $56^\circ 21,984'$  с.ш. и  $61^\circ 01,197'$  в.д.).

Пробы 97 и 99 характеризуют две в разной степени деформированные разновидности предположительно среднедевонских малокалевых гранитов Брусянского массива. Обе пробы отобраны в каменоломне, к северо-востоку от окраины от с. Большие

Брусяны ( $56^\circ 38,720'$  с.ш. и  $61^\circ 15,162'$  в.д.). Проба 99 представлена преобладающей в этой каменоломне гнейсовидной разновидностью. Проба 97 была взята из маломощной (около 10 см в поперечнике) зоны максимально дислоцированных пород, секущей гнейсовидность преобладающей разновидности под острым углом.

Проба 1035/337 представлена сильно деформированными монцодиоритами Лесозаводского массива средне-позднедевонского возраста, состоящими из биотита, амфибола, плагиоклаза и кварца.

В процессе динамометаморфизма породы всех проб подверглись практически полной перекристаллизации с образованием лепидогранобластовых структур, гнейсовидных и сланцеватых текстур. Входящие в их состав слюды являются новообразованными минералами, возникшими в процессе дислокационного метаморфизма, что определяет возможность использования их для оценки времени дефор-

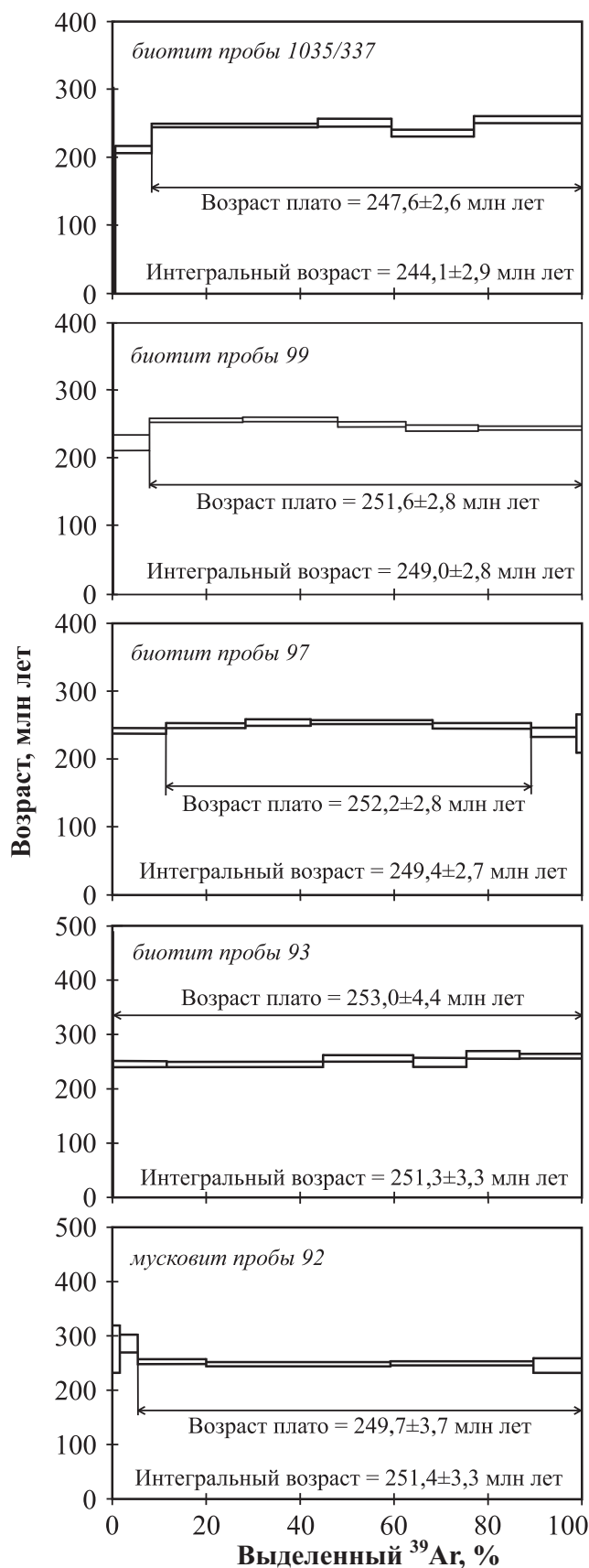


Рис. 2.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возрастные спектры слюд из сланцев и blastsмилонитов Баженовской шовной зоны.

маций. Для изотопно-геохронологических аргон–аргоновых-исследований из всех отобранных проб были выделены мономинеральные фракции слюд (4 монофракции биотита и 1 – мусковита). Изучение проводили по методике [9], облучение – в кадмированном канале исследовательского реактора ФТИ ТПУ (Томск). Измерения изотопного состава аргона проводили на масс-спектрометре “Micromass 5400”. Холостой опыт установки ступенчатого прогрева по  $^{40}\text{Ar}$  не превышал  $n \cdot 10^{-10}$  нсм<sup>3</sup>.

Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования изученных слюд приведены на рис. 2.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возрастные спектры слюд из всех 5 образцов, отобранных в разных частях шовной зоны, характеризуются наличием хорошо выраженных плато, соответствующих преобладающей части выделенного  $^{39}\text{Ar}$  (от 80 до 100%). Полученные  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возраста совпадают в пределах погрешности определения, среднее значение по 5 выполненным анализам составляет 251 млн лет.

Таким образом, при установленной геологическими методами полихронности процессов деформаций  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -возрастные данные фиксируют только одно событие. Очевидно, что его следует отождествлять с наиболее поздними геологическими процессами, протекавшими при температурах, достаточных для полной перезагрузки К–Ar-изотопной системы изучаемых пород. Здесь этим событием являются деформации, обусловленные дислокациями сбросо-сдвигового характера. Минеральный состав blastsмилонитов и сланцев в зонах смещений (калиевый полевой шпат, биотит, кварц и плагиоклаз) свидетельствует о том, что их образование происходило в достаточно высокотемпературных условиях.

Полученные данные показывают, что разрывные нарушения, которые разделяют крупные террейны, являющиеся главными элементами современной тектонической структуры восточного склона Урала, заметно отличаются по времени образования. Ранее было показано, что тектоническая активность в зоне Серовско-Маукского разлома, расположенного на расстоянии от 60 до 80 км к западу от описываемой шовной зоны, завершается дислокациями сбросового характера 278–276 млн лет назад [10]. При этом датированные в настоящей работе сбросо-сдвиговые дислокации Баженовской зоны практически точно совпадают по времени с формированием грабенов субмеридионального простирания в фундаменте Западно-Сибирской плиты, происходившим около 250 млн лет назад ([11, 12] и др.). Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают вывод о близком характере геологического строения и раз-

вития восточной окраины Урала и фундамента прилегающей к ней части Западно-Сибирской плиты ([13–15] и др.). Ранее было показано, что именно ограниченное пост-коллизийное субширотное растяжение сформировало главные черты наблюдаемой сейчас структуры Урала [1]. Она характеризуется чередованием субмеридиональных зон: синформных, выполненных неметаморфизованными вулканогенными и осадочными толщами, и антиформных, сложенных глубинными метаморфическими и интрузивными комплексами. Выведение на близповерхностный уровень мегаблоков, сложенных глубинными метаморфическими и плутоническими комплексами, происходило в результате их подъема на уровень верхней коры при разрыве и растяжении последней. Пик этого растяжения приходится примерно на границу раннего триаса и поздней перми ( $\approx 250$  млн лет); именно в это время начала формироваться на Урале система угленосных грабенов и система рифтов в Западной Сибири. Этот возрастной рубеж ( $\approx 250$  млн лет) практически повсеместно проявлен и устанавливается в метаморфических и интрузивных комплексах Урала, как время одного из последних тектоно-термальных событий.

**Благодарности.** Авторы благодарят А.В. Травина (ИГМ СО РАН) за выполненные анализы.

**Источник финансирования.** Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 16–17–10201).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов К.С. Основные черты геологической истории (1,6–0,2 млрд лет) и строения Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1998. 253 с.
2. Смирнов В.Н., Ферштатер Г.Б., Иванов К.С. // Литосфера. 2003. № 2. С. 45–56.
3. Смирнов В.Н., Иванов К.С., Богатов В.И. // Литосфера. 2004. № 1. С. 65–69.
4. Плюшин К.П. Методика изучения тектонических структур складчатых поясов (на примере Урала). Пермь: Изд-во УПУ, 1971. 217 с.
5. Bankwitz P., Bankwitz E., Ivanov K.S. // Freiburger Forschungshefte., 1998. Bd. C. 470. P. 1–19.
6. Иванов К.С., Смирнов В.Н., Ерохин Ю.В. Тектоника и магматизм коллизийной стадии (на примере Среднего Урала). Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 133 с.
7. Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. 318 с.
8. Петров Г.А., Свяжина И.А., Рыбалка А.В. // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя: материалы XLIII Тектонического совещания. Т/2. М.: Геос, 2010. С. 139–143.
9. Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. // Геохимия. 2009. № 11. С. 1181–1199.
10. Смирнов В.Н., Иванов К.С., Травин А.В. // Литосфера. 2015. № 5. С. 99–104.
11. Reichow M.K., Saunders A.D., White R.V., Pringle M.S., Al'Mukhamedov A.I., Medvedev A., Kirda N. // Science, 2002. V. 296. P. 1846–1849.
12. Иванов К.С., Ерохин Ю.В. // ДАН. 2014. Т. 458. № 4. С. 442–445.
13. Малютин Н.Б., Смирнов Е.П., Дегтева М.Н. Геологическое строение складчатого фундамента в Среднем Зауралье. М.: Недра, 1977. 223 с.
14. Иванов К.С., Федоров Ю.Н., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Кормильцев В.В., Погромская О.Э., Ронкин Ю.Л., Ерохин Ю.В. // ДАН. 2003. Т. 393. № 5. С. 647–651.
15. Ivanov K.S., Puchkov V.N., Fyodorov Yu.N., Erokhin Yu.V., Pogromskaya O.E. // J. Asian Earth Sciences. 2013. V. 72. P. 12–24.

## STRUCTURAL CONNECTIONS BETWEEN URALS AND WEST SIBERIA: THE COMMON STAGE ON THE BOUNDARY OF PERMIAN AND TRIASSIC PERIODS

V. N. Smirnov, K. S. Ivanov

Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russian Federation

Presented by Academician of the RAS V.A. Korotееv April 28, 2018

Received May 17, 2018

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -dating of the micas from the schists and blastomylonites collected from the fault which separates the Eastern zone of the Middle Urals dipped under the cover of the West Siberian plate from the open part of the geologic structures of the Urals, showed that the last phase of deformation was represented by a submeridional sinistral strike-slip faults with the age of 251 Ma. The appearance of the analyzed deformations practically exactly coincides in time with the formation of the grabens of meridional strike at the base of the West Siberian plate.

**Keywords:** Urals, West Siberian plate, dislocation metamorphism,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -dating.