

КРАТКИЕ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.93

ВОЗРАСТ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ОЛЬХОНСКОМ РЕГИОНЕ  
(Западное Прибайкалье) ПО ДАННЫМ  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ДАТИРОВАНИЯ

В.П. Сухоруков, А.В. Травин, В.С. Федоровский\*, Д.С. Юдин

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН,  
630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

\* Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

Приводятся новые данные о возрасте сдвиговых деформаций в Ольхонском регионе (Западное Прибайкалье). Ольхонская коллизионная система характеризуется сложной складчатой структурой, в которой выделяются три последовательные структуры парагенезиса: покровный, купольный и сдвиговый. Сдвиговые деформации проявляются на заключительных стадиях формирования региона и определяют его генеральную структуру. Авторами впервые предпринята попытка оценить возраст деформаций  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом по минералам, имеющим признаки синсдвигового происхождения. На основании проведенных исследований сделан вывод о возрасте этапа сдвиговых деформаций, равном 445—434 млн лет, и о его значительной оторванности во времени от пика метаморфизма гранулитовой фации, определенного как 480—500 млн лет. Кроме этого, полученные данные позволяют говорить о наличии термального события, приведшего к частичному переуравновешиванию изотопной системы, происходившего не раньше 415 млн лет назад.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирование, сдвиговые деформации, Западное Прибайкалье.

THE AGE OF SHEAR DEFORMATIONS IN THE OL'KHON REGION, WESTERN CISBAIKALIA  
(from results of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating)

V.P. Sukhorukov, A.V. Travin, V.S. Fedorovsky, and D.S. Yudin

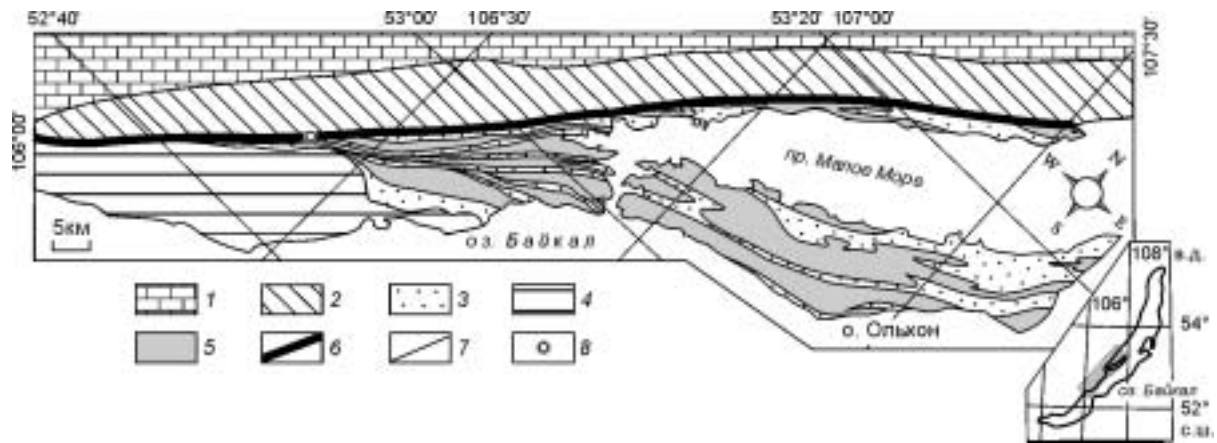
New data on the age of shear deformations in the Ol'khon region (western Cisbaikalia) are reported. The Ol'khon collisional system has an intricate folded structure with three successively formed parageneses: nappe, domal, and shear. Shear deformations appeared at the final stages of the formation of this region and determined its general structure. The age of the deformations has been first estimated by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of minerals with indications of shearing genesis. It has been established that the shearing took place 445—434 myr ago, i.e., much later than the peak of metamorphism of granulite facies (480—500 myr ago). The data obtained also suggest the existence of a thermal event (no earlier than 415 myr ago), which led to a partial re-equilibration of the isotopic system.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating, shear deformations, western Cisbaikalia

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В Ольхонском регионе (Западное Прибайкалье) выделена коллизионная система раннепалеозойского возраста [1]. Ее формирование связывается с двумя последовательными событиями. Первое — столкновение и обдукция островодужных комплексов на континентальное основание, второе — столкновение этого сложного террейна с Сибирской континентальной плитой. Коллизионные эпизоды сопровождались формированием трех последовательных структурных парагенезисов: покровного, купольного (столкновение „дуга—террейн“) и сдвигового (столкновение „террейн—континент“) [2]. Во время завершающего сдвигового этапа деформаций формируются крупные складчатые структуры с субвертикальными шарнирами и многочисленные blastomylonitовые зоны, которые пересекают все без исключения структуры более раннего генезиса. Сдвиговая деформация привела к разбиению тела террейна на большое число пластин (литонов) и определила генеральную структуру региона, картируемую в современном срезе (рис. 1).

Возраст пика метаморфизма, с максимумом которого совпадают по времени этапы покровного и купольного тектогенезов, составляет, по данным U-Pb цирконометрии, от  $485 \pm 5$  [3] до  $505 \pm 5$  млн лет [4]. Близкий возраст метаморфизма установлен для гранулитовых комплексов смежных территорий: слюдянского ( $481 \pm 5$  млн лет [5]) и китойкинского ( $473 \pm 3$  млн лет [6]). Для полноценной реконструкции геологической истории Ольхонского террейна требуется определение продолжительности и возраста



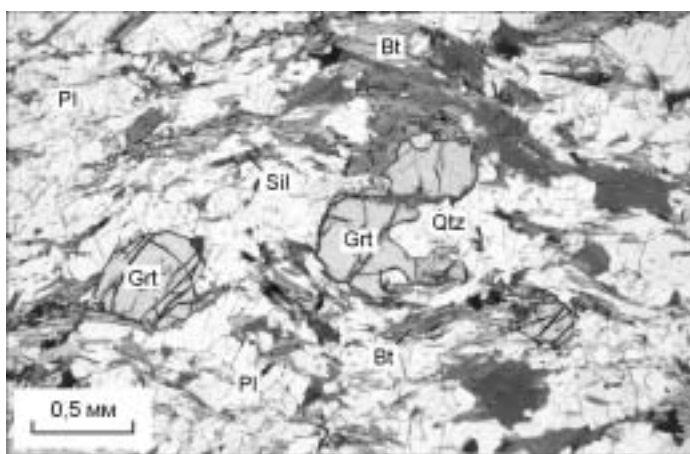
**Рис. 1. Схема тектоники Ольхонского региона [2].**

1, 2 — Сибирская материковая плита: 1 — рифейско-палеозойский слабдеформированный осадочный чехол, 2 — фундамент плиты, раннедокембрийские метаморфические породы сарминской серии; 3—5 — Ольхонский террейн, раннепалеозойская коллизионная система: 3 — раннепалеозойские окраинно-морские и островодужные аллохтоны с участием дифференцированной толлитовой серии, 4 — раннепалеозойские островодужные аллохтоны с участием шошонитовой серии, 5 — раннепалеозойские гнейсово-купольные зоны; 6 — граница Ольхонского террейна и Сибирской континентальной плиты; 7 — границы крупных сдвиговых пластин (бластомилонитовые швы); 8 — точка отбора проб.

завершающих этапов его формирования, по всей видимости, связанных с его коллизией с Сибирской континентальной плитой.

Одной из крупнейших структур, сформированных в результате сдвиговых деформаций, является бластомилонитовый шов, отделяющий Ольхонский террейн от фундамента Сибирской платформы. Бластомилонитовый шов прослежен более чем на 100 км, его ширина в плане колеблется от ~750 м до 2—2,5 км [7]. С юго-восточной стороны к коллизионному шву примыкают высокометаморфизованные образования Ольхонского террейна (гранулитовая фация метаморфизма), а с северо-западной — слабо-метаморфизованные палеопротерозойские породы фундамента Сибирской плиты (эпидот-амфиболитовая фация метаморфизма). Коллизионный шов имеет сложное строение: он представляет собой специфический меланж, в составе которого выделяются матрикс и обломки (включения). Матрикс на всем протяжении шва представлен милонитами и бластомилонитами по породам докембрия и палеозоя, а включения образованы линзовидными телами только палеозойских высокотемпературных метаморфитов. Достаточно уверенно можно предполагать, что линзы (обломки, включения) гранулитов в составе коллизионного шва представляют собой оторванные в глубинных условиях коры и переработанные в процессе коллизионного торошения части гранулитов Ольхонского террейна [8].

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод интенсивно используется при геохронологических исследованиях динамометаморфических комплексов. Это связано с тем, что он свободен от ограничений изохронного датирования и является одним из наиболее эффективных в условиях существенной гетерогенности вещества и тесной ассоциации разновозрастных минералов. Для определения возраста сдвиговых деформаций был использован биотит, поскольку его  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  система наиболее чувствительна даже к относительно низкотемпературным воздействиям, а подверженность чешуй биотита деформациям легко диагностируется петрографически по ряду признаков. Для датирования завершающего этапа сдвиговых деформаций в пределах коллизионного шва нами были отобраны образцы из двух зон бластомилонитов, пересекающих включения гранулитов. Отбор проб производился в районе выхода из Приморского хребта долины р. Анга, севернее пос. Еланцы. Породы представляют собой бластомилониты и ха-



**Рис. 2. Фотография шлифа из обр. 0149.**

рактируются минеральной ассоциацией Grt + Bt + Sil + Pl + Kfs + Qtz (обозначения минералов по Р. Кретцу [9]). Роль порфиробластов выполняют кристаллы граната и плагиоклаза, биотит и силлиманит расположены в основной ткани породы, часто выполняя тени давления вокруг порфиробластов. Биотит представлен деформированными чешуями, часто образует структуры типа „mica-fish“, что свидетельствует о его синсдвиговой перекристаллизации (рис. 2).

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Навески биотита, отобранного из бластомилонитов (обр. 0149 и 0124), после откачки запаивные в кварцевую ампулу совместно с навесками биотитов МСА-11 и LP-6 в качестве мониторов, облучались в кадмированном канале научного реактора ВВР-К типа при Томском политехническом институте. Градиент нейтронного потока не превышал 0,5 % на размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по  $^{40}\text{Ar}$  (20 мин при 1200 °С) не превышал  $n \cdot 10^{-10}$  н/см<sup>3</sup>. Очистка выделенного аргона выполнялась с помощью Ti- и SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре „Noble Gas 5400“ фирмы Микромасс (Англия).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Составы биотита приведены в таблице. Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  исследования приведены на рис. 3. В возрастных спектрах биотита (обр. 0149 и 0124) после низкотемпературной лестницы вверх на фоне относительно ровного участка наблюдается провал, более четко выраженный в спектре биотита 0124. В последнем случае даже выделяется промежуточное плато из трех ступеней, соответствующее 26 %  $^{39}\text{Ar}$  с возрастом  $415 \pm 4$  млн лет. В высокотемпературной части спектра обоих биотитов выделяются промежуточные плато, соответствующие 42 и 31 %  $^{39}\text{Ar}$ , средневзвешенный возраст которых составил  $434 \pm 2$  и  $445 \pm 4$  млн лет.

Составы биотитов из бластомилонитов коллизионного шва

Компонент, мас. %	0124			0149	
	Bt1	Bt2	Bt3	Bt1	Bt2
SiO <sub>2</sub>	37,85	37,71	37,65	35,95	35,55
TiO <sub>2</sub>	3,35	3,23	3,11	2,92	3,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,37	17,73	16,42	19,45	18,18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,05	0,13	0,00	0,00
FeO	14,67	13,61	15,51	16,94	17,23
MnO	0,07	0,03	0,07	0,03	0,03
MgO	12,45	13,38	12,78	10,65	11,28
CaO	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,09	0,04	0,17	0,15
K <sub>2</sub> O	9,84	9,78	9,52	9,90	9,64
Сумма	95,78	95,63	95,26	96,02	95,10
<i>Кристаллохимические формулы</i>					
Si	2,798	2,777	2,810	2,686	2,691
Ti	0,186	0,179	0,175	0,164	0,173
Al(IV)	1,202	1,223	1,190	1,314	1,309
Al(VI)	0,311	0,316	0,254	0,399	0,312
Cr	0,006	0,003	0,007	0,000	0,000
Fe	0,907	0,838	0,986	1,059	1,091
Mn	0,004	0,002	0,005	0,002	0,002
Mg	1,372	1,469	1,422	1,186	1,273
Ca	0,002	0,001	0,003	0,001	0,000
Na	0,008	0,013	0,006	0,024	0,022
K	0,928	0,918	0,906	0,944	0,930
F = Fe/(Fe + Mg)	0,40	0,36	0,41	0,47	0,46

Примечание. Формулы минералов рассчитаны на 110. Анализы выполнены в ОИГТМ СО РАН (аналитик Е.Н. Нигматулина).

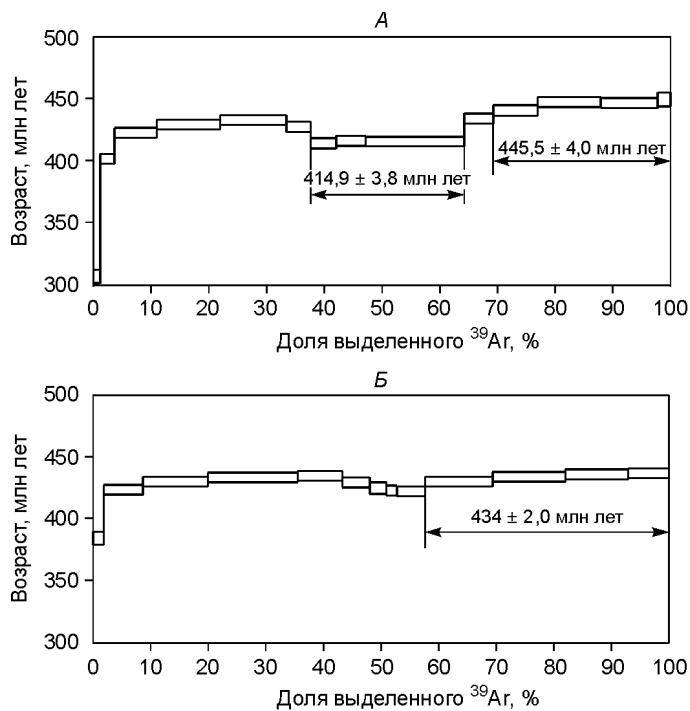


Рис. 3.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  возрастные спектры для биотита из обр. 0124 (А), из обр. 0149 (Б).

Стрелками обозначен средневзвешенный возраст промежуточных плато.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для объяснения подобной формы спектров на примере биотитов Ак-Дагской зоны деформаций Сангиленского массива [10] было выдвинуто предположение о суперпозиции аргона, выделяющегося из диффузионных доменов различного размера. При этом провал в средней части соответствует большему вкладу доменов малого размера, изотопная система которых могла быть нарушена во время поздних термических воздействий. В этом случае, основываясь на минимальных значениях возраста в спектре биотита 0124, возраст воздействия должен быть не древнее  $415 \pm 4$  млн лет. Возраст, полученный для высокотемпературных промежуточных плато обоих биотитов, примерно совпадает. Он может объясняться большим

вкладом крупных доменов и, как следствие, меньшей чувствительностью биотита к позднему термальному воздействию. Учитывая то, что температура формирования бластомилонитов, рассчитанная по составам сосуществующих биотита, граната и плагиоклаза, составила  $640\text{--}670$  °C [8], возраст высокотемпературных плато  $434\text{--}445$  млн лет является „возрастом охлаждения“ и дает минимальную оценку возраста деформаций. С другой стороны, эти значения согласуются с определенным U-Pb методом временем милонитизации гранитов приморского комплекса ( $445 \pm 10$  млн лет) [11].

Таким образом, можно сделать вывод о возрасте этапа сдвиговых деформаций, равном  $445\text{--}434$  млн лет, и о его значительной оторванности во времени от пика метаморфизма гранулитовой фации. Кроме этого, полученные данные позволяют говорить о наличии термального события, приведшего к частичному переуравновешиванию изотопной системы, происходившего не ранее 415 млн лет назад.

Авторы признательны В.В. Хлестову за ценные замечания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 02-05-64455а, 02-05-65319, 02-05-64182), совета по грантам Президента РФ для поддержки ведущих научных школ НШ 225.2003.5.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Федоровский В.С., Владимиров А.Г., Хаин Е.В. и др. Тектоника, метаморфизм и магматизм коллизионных зон каледонид Центральной Азии // Геотектоника, 1995, № 3, с. 3—22.
2. Федоровский В.С. Купольный тектогенез в коллизионной системе каледонид Западного Прибайкалья // Геотектоника, 1997, № 6, с. 56—71.
3. Бибикова Е.В., Карпенко С.Ф., Сумин Л.В. и др. U-Pb, Sm-Nd, Pb-Pb и K-Ar возраст метаморфических и магматических пород Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Геология и геохронология докембрия Сибирской платформы и ее обрамления. Л., Наука, 1990, с. 170—183.
4. Гладкочуб Д.П. Эволюция южной части Сибирского кратона в докембрии—раннем палеозое и ее связь с суперконтинентальными циклами: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2004, 36 с.
5. Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З. и др. О возрасте метаморфизма слюдянского кристаллического комплекса (Южное Прибайкалье): результаты U-Pb геохронологических исследований гранитоидов // Петрология, 1997, т. 5, № 4, с. 380—393.
6. Донская Т.В., Скляр Е.В., Гладкочуб Д.П. и др. Прибайкальский коллизионный метаморфический пояс // Докл. РАН, 2000, т. 374, № 1, с. 79—83.
7. Федоровский В.С., Лихачев А.Б., Риле Г.В. Зона столкновения типа „террейн—континент“ в Западном Прибайкалье: структура коллизионного шва // Тектоника Азии. М., ГЕОС, 1997, с. 228—232.
8. Сухоруков В.П., Федоровский В.С., Куйбида М.Л. Вещественный состав и особенности метаморфизма пород коллизионного шва системы террейн—континент в Ольхонском регионе (Западное Прибайкалье) // Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2003, с. 67—69.

9. **Kretz R.** Symbols for rock-forming minerals // Amer. Miner., 1983, v. 68, p. 277—279.
10. **Udin D., Travin A.V., Vladimirov V.G. et al.** Age spectra of biotite as indicator of deformation rate: evidence from microchemical, structural, step-heating and laser  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analyses // Geochim. Cosmochim. Acta, Special Supplement (Abstracts of the 12th Annual V.M. Goldschmidt Conference). Davos, Switzerland (August 18—23, 2002). 2002, v. 66, № 15A, A791 p.
11. **Бибикова Е.В., Кориковский С.П., Сезько А.И., Федоровский В.С.** Возраст гранитов приморского комплекса (Западное Прибайкалье) по данным U-Pb метода // Докл. АН СССР, 1981, т. 257, № 2, с. 462—466.

*Рекомендована к печати 18 июня 2004 г.  
В.С. Шацким*

*Поступила в редакцию  
18 марта 2004 г.*