

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 550.42:550.93

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ ТОЛЩ,  
ОБРАМЛЯЮЩИХ ЧУЙСКОЕ И ПРИБАЙКАЛЬСКОЕ ПОДНЯТИЯ  
(Северное и Западное Прибайкалье)

В.А. Макрыгина, З.И. Петрова, Г.П. Сандиминова, Ю.А. Пахольченко

*Институт геохимии СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1а, Россия*

Получены новые определения возраста Rb-Sr методом метабазальтов тыйской свиты Олоkitского структурно-вещественного комплекса (СВК) ( $927 \pm 10$  млн лет) и модельных возрастов по Nd для пурпольской (Патомского СВК) и анайской (Сарминского СВК) свит — 2,54 и 2,61—2,82 млрд лет соответственно. По геохимическим данным, тыйские метабазальты имеют характеристики, промежуточные между плато-базальтами и NMORB, и примитивный источник ( $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,7025\text{—}0,7032$ ) и аналогичны метабазальтам медвежьей и анайской свит, с которыми образуют единый стратиграфический уровень. Высокоглиноземистые сланцы и кварциты пурпольской и анайской свит по составу соответствуют перетолженным корам выветривания и вместе с тулуокитской свитой Олоkitского СВК представляют единый базальный уровень Патомского СВК, который обрамляет Чуйский и Прибайкальский выступы докембрийского фундамента Сибирской платформы. По литературным данным сделана сводка возрастов всех образований Северного Прибайкалья за последние 15 лет и обсуждена схема их развития.

*Геохимия, геохронология, палеорекострукции, стратиграфия.*

NEW DATA ON THE AGE OF THE STRATA FRAMING THE CHUYA AND CISBAIKALIAN UPLIFTS  
(northern and western Baikal areas)

V.A. Makrygina, Z.I. Petrova, G.P. Sandimirova, and Yu.A. Pakhol'chenko

New Rb-Sr dates have been obtained for metabasalts of the Tyua Formation of the Olokit structure-lithological complex (SLC) ( $927 \pm 10$  Ma), as well as model Nd ages for the Purpol (Patom SLC) and Anai (Sarma SLC) Formations (2.54 and 2.61—2.82 Ga, respectively). The Tyua metabasalts are intermediate in geochemical composition between flood basalts and N-MORB and were produced from a primitive source ( $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7025\text{—}0.7032$ ). They are similar to metabasalts of the Medvezhevka and Anai Formations that occur at the same stratigraphic level. High-alumina schists and quartzites of the Purpol and Anai Formations are compositionally identical to redeposited weathering crusts and, together with the Tuluoikit Formation of the Olokit SLC, form a single basal level of the Patom SLC, which frames the Chuya and Cisbaikalian uplifts of the Precambrian basement of the Siberian Platform. We have summarized data on the ages of all formations of the northern Baikal area published for the last 15 years and have considered the evolution history of these objects.

*Geochemistry, geochronology, paleoreconstructions, stratigraphy*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема возрастных соотношений структурно-вещественных комплексов Байкальской горной области и слагающих их пород далека от своего разрешения, несмотря на длительную историю исследований. Оценки возрастов разных подразделений менялись в очень широких пределах — от архея и нижнего протерозоя для пород Чуйско-Тонодско-Нечерского поднятия до нижнего протерозоя, рифея и нижнего палеозоя для пород складчатого обрамления [1—13]. Использовались все возможные методы — от геологических соотношений пород и палеонтологических меток до определений абсолютного возраста K-Ar, Rb-Sr, Pb-Pb, U-Pb и Sm-Nd изотопными методами. Поскольку практически все породы испытали несколько этапов преобразований, возраст наиболее раннего события установить очень сложно. Единственный способ — стараться увязать результаты всех определений в логически непротиворечивую последовательность развития геологических событий. В этом плане каждое новое определение возраста дополняет эту схему, что побудило нас опубликовать появившиеся данные. Еще одной задачей работы является попытка корреляции с помощью геохимических данных базальных горизонтов толщ, обрамляющих Чуйское поднятие и имеющих разные названия в различных участках региона.

© В.А. Макрыгина, З.И. Петрова, Г.П. Сандиминова, Ю.А. Пахольченко, 2005

## ГЕОЛОГИЯ И МЕТАМОРФИЗМ

Вдоль южного края Сибирской платформы с востока на запад протягиваются выступы ее фундамента: Нечерское, Тонодское, Чуйское поднятия, Прибайкальский выступ с выходами вулканитов Северо-Байкальского вулканоплутонического пояса и их интрузивной составляющей — гранитов рапакиви приморского комплекса (рис. 1, А). Горы поднятий в разной степени метаморфизованы, гранитизированы и содержат многочисленные гранитогнейсовые купола и гранитоидные вышпавки, относимые к чуйско-кодарскому и ирельскому комплексам. Наш материал касается только Чуйского поднятия и его обрамления (см. рис. 1, Б). С юго-востока и юга Чуйское поднятие перекрывается осадочными отложениями пурпольской свиты на севере, тулуокитской в Олокинской зоне и анайской в Западном Прибайкалье. Это базальный горизонт тепторгинской, олокинской и сарминской серий соответственно. Свиты представлены устойчивой ассоциацией кварцитов, гравелитов, переслаивающихся с высокоглиноземистыми сланцами. Наиболее полно эти толщи описаны в [14, 15].

В пурпольской свите породы зонально метаморфизованы от серицит-диаспор-пирофиллитовой зоны зеленосланцевой фации до хлоритоидных и дистеновых сланцев амфиболитовой ступени [14]. В тулуокитской и анайской свитах метаморфизм сланцев тоже зональный и меняется от мусковит-хлоритоидной до гранат-дистеновой зоны. Составы сланцев отвечают классическим латеритовым корам выветривания (табл. 1). На севере Чуйского поднятия отложения пурпольской свиты ложатся на гнейсы чуйской серии и выходы чуйско-кодарских гранитов. Кое-где, особенно четко на гранитах, сохранились участки непереотложенных кор выветривания, но основная часть свиты хорошо прослеживается вдоль края поднятия, фациально не меняясь, а лишь варьируя по мощности от 200 до 950 м [14]. Сланцы переслаиваются с горизонтами кварцитов, гравелитов и кварцевых конгломератов, что характерно для переотложенных кор выветривания. Пурпольская свита согласно перекрывается основными сланцами медвежьей свиты.

В Олокинской синклинали хлоритоидные сланцы перекрывают так называемую иловирскую свиту, породы которой по геологическим и геохимическим данным являются продуктами катаклаза и милонитизации гнейсов чуйской серии [16]. Более того, в контакте с катаклазитами находятся то хлоритоидные сланцы тулуокитской свиты, то хлорит-актинолитовые сланцы туйской свиты, то карбонатные пласты более высоких уровней олокинской серии. Это больше всего похоже либо на тектоническое „сползание“ пород Олокинской синклинали с катаклазированной поверхности автохтона чуйской серии, слагающей метаморфическое ядро поднятия [17], либо на тектонические окна (Маректинский выступ в южной части Олокинской аллохтонной пластины).

**Рис. 1. А — схема геологического строения Северного Прибайкалья (по [21] с дополнениями авторов).**

1 — Сибирская платформа; 2 — выступы ее фундамента; 3 — Северо-Байкальский вулканоплутонический пояс; 4 — пурпольская и медвежьей свиты на севере, тулуокитская и туйская в Олокинской зоне и анайская свита на юге; 5 — терригенно-карбонатные отложения Байкало-Патомской пассивной окраины; 6 — метавулканы и магматиты Байкало-Муйского вулканоплутонического пояса.

**Б — схема геологического строения Олокинского структурно-вещественного комплекса.**

1 — холоднинская свита; 2 — иняптуковский вулканоплутонический комплекс; 3 — довыренский габбро-перидотитовый комплекс; 4, 5 — олокинская серия: 4 — вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения итыкитской и ондокской свит, 5 — хлоритоидные сланцы и кварциты тулуокитской свиты и хлорит-эпидот-актинолитовые сланцы туйской свиты; 6 — „иловирская свита“ — катаклазиты и милониты комплекса основания (мигматитов чуйской серии); 7 — доломитовые мраморы абчадской свиты; 8 — metabазальты нюрондуканской свиты с массивами габбро-перидотитов; 9 — граниты мамско-оронского комплекса; 10 — рапакиви подобные граниты ирельского комплекса; 11 — гранитогнейсы и кристаллические сланцы чуйской серии; 12 — разломы; 13 — надвиги. Цифры в кружках — места отбора проб; породы: туйской свиты (1, 2), участка руч. Гаянда (3); сланцы пурпольской и медвежьей (4), анайской (5) свит.

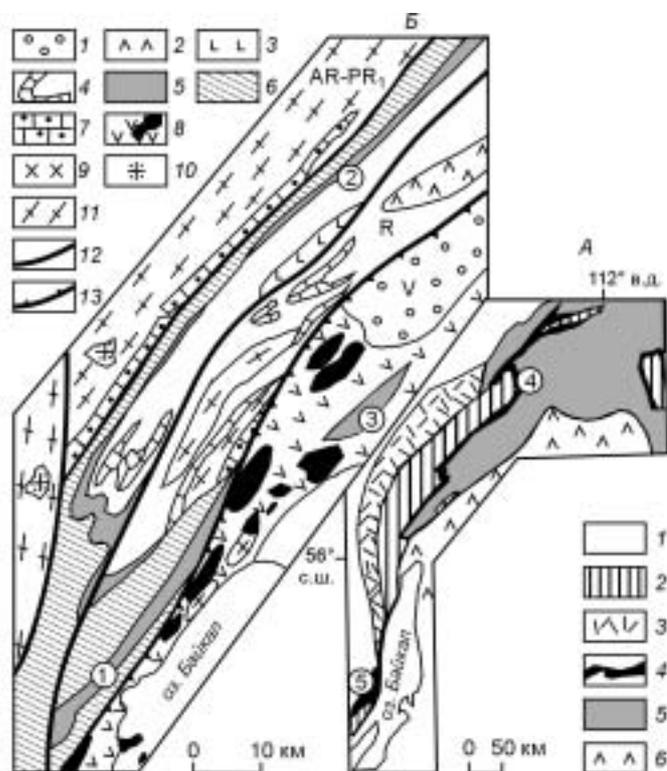


Таблица 1. Средние составы высокоглиноземистых сланцев пурпольской (1), тулуокитской (2), анайской (3) свит и metabазальтов медвежьевской (4), тыйской (5), анайской (6) свит и участка руч. Гаянда (7), покровных базальтов Восточной Сибири [8] и NMORB Тихого\* [23] и Атлантического\*\* [22] океанов

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	Толент*	Толент**
	(41)	(2)	(32)	(36)	(8)	(2)	(6)	(684)	(1426)	(55)
SiO <sub>2</sub> , мас.%	49,69	63,4	57,96	48,89	47,97	49,82	48,5	48,55	50,19	49,76
TiO <sub>2</sub>	1,2	0,06	1,05	0,89	0,88	0,82	1,16	1,36	1,63	1,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,7	17,44	24,48	15,58	14,34	15,77	16,13	15,3	14,99	14,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,64	3,78	5,15	3,72	6,45	6,75	4,81	—	—	1,85
FeO	7,5	8,72	4,04	8,22	6,63	6,82	5,82	11,93	10,33	9,35
MnO	0,15	0,18	0,11	0,25	0,2	0,24	0,17	0,2	0,19	0,21
MgO	0,73	0,92	0,53	7,46	7,2	6,6	7,2	7,14	7,66	8,43
CaO	0,29	0,38	0,17	10,3	9,98	8,35	10,49	11,05	11,73	12,12
Na <sub>2</sub> O	0,85	0,1	0,38	3,12	2,04	2,31	2,51	2,2	2,74	1,99
K <sub>2</sub> O	1,71	0,68	3,01	0,16	0,25	0,1	0,27	0,3	0,13	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	0,24	0,08	0,08	0,09	0,12	0,13	0,14	0,16	0,08
П.п.п.	3,65	3,05	2,56	1,92	2,45	3,97	2,27	2,36	—	0,34
Li, г/т	14,5	54	13	24	16	4	18	5	—	4,8
Rb	75	29	155	3,5	6	7	6,4	5	3,76	1,1
Ba	620	100	870	67	110	24	91	115	18,3	30
Sr	138	15	79	98	89	197	240	205	125	90
Pb	22	5,6	36	4,4	1,3	6,1	1	3,7	1,9	1
Zn	50	102	119	87	117	81	81	120	—	117
Sn	3,8	8,3	14	2,3	0,9	1,5	1,15	0,1	—	1,5
Cu	37	11	16,4	75	278	61	—	175	84	137
Co	40	20	12	53	68	40	34	49	—	46
Ni	107	29	28	151	97	150	81	130	94	136
Cr	100	79	83	331	153	550	238	160	266	370
V	128	120	150	294	346	330	195	350	324	295
Sc	30	13	20	44	42	76	32	42	40	85
La	116	9,6	56	5,6	3,7	3	5,8	7,8	2,9	2,6
Ce	227	56	107	14,3	10,2	10	10,4	20,9	10,4	7,6
Nd	95	17	72	9,8	9,7	4	13,2	12,6	9,12	7,5
Yb	5	5,3	7,8	2,2	3,1	2,2	2,4	2,67	3	3,5
Y	48	73	68	19	—	16	—	26,2	36,7	21
Zr	208	234	296	41	50	56	105	115	112	102
Th	30,5	9	37	0,8	—	—	—	—	—	—
Nb	24,5	6	33	4,4	2	2	1,5	6	4,2	1,3
F	352	—	270	275	369	240	300	—	—	245
B	30	24	32	6	4,3	8,3	4,5	—	—	11,4

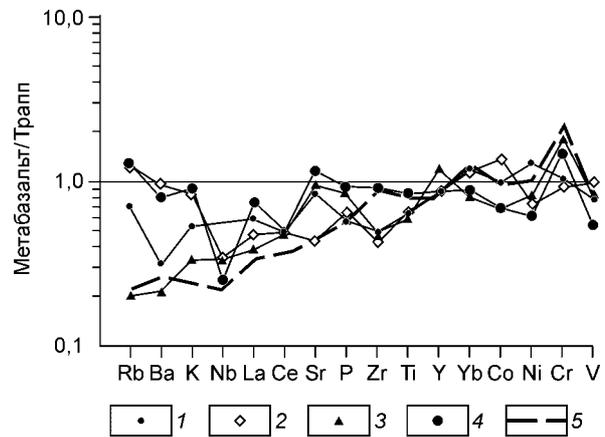
Примечание. В скобках — число проб.

Контакты пород анайской свиты сарминской серии с гранитами рапакиви тектонические. Отмечается также несогласное залегание нижних обломочных горизонтов анайской свиты на порфирах и песчаниках чайской свиты [15]. Но и здесь за порфиры и песчаники часто принимают очковые милониты и катаклазиты по гранитам рапакиви. В сарминской серии не выделяется отдельной свиты основных сланцев, хотя их согласные прослои сконцентрированы в ядре Анайской синклинали [18] и, скорее всего, соответствуют уровню медвежьевской и тыйской свит.

Таким образом, на отложения кварцитосланцевых свит везде налегают хлорит-актинолитовые и эпидот-хлорит-актинолитовые сланцы основного состава. На севере Чуйского поднятия они именуются медвежьевской свитой, имеющей мощность от 200 до 800 м, и переслаиваются с песчаниками и внутриформационными конгломератами, которые иными исследователями трактуются как олистостромы. В зоне зеленосланцевой фации сланцы сохранили порфириновые структуры исходных базальтов с вкрапленниками слабо измененных пироксенов [14]. Затем они превращаются в хлорит-актинолитовые сланцы

**Рис. 2. Спайдер-диаграмма средних составов метабазальтов, нормированных по среднему покровному базальту Сибирской платформы [22]:**

1 — медвежьевская, 2 — тыйская, 3 — анайская свиты, 4 — участок руч. Гаянда, 5 — NMORB хр. Рейкьянес.



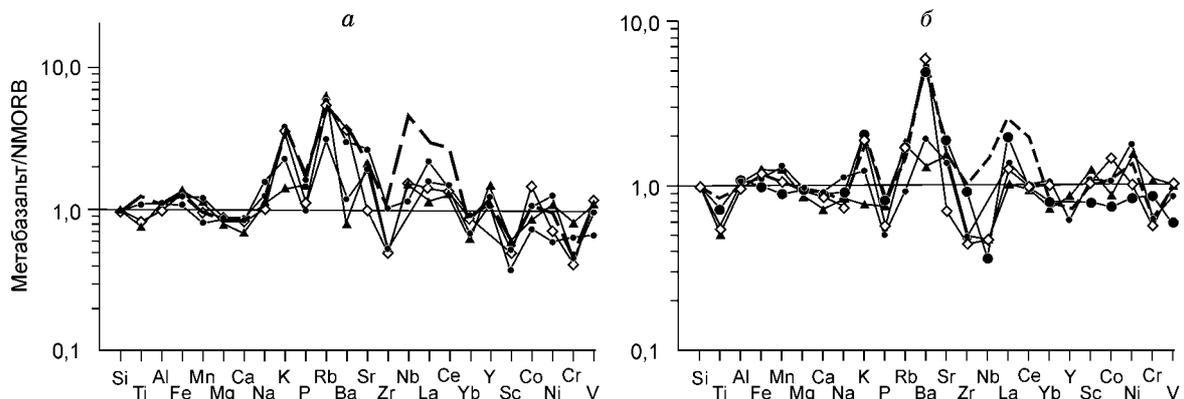
и в зоне амфиболитовой фации — в амфиболиты. В Олоkitском синклинии выше хлоритоидных сланцев залегают эпидот-хлорит-актинолитовые сланцы тыйской свиты. Они обрамляют синклиний, содержат прослой и линзы железистых кварцитов и внутриформационные конгломераты с галькой чуйских гранитогнейсов и даже амазонитовых пегматитов в зеленосланцевом цементе. Видимая мощность тыйской свиты меняется от 150—200 м в северо-западном борту синклиния до 600—700 м в его замыкании. На южном крыле синклиния сланцы тыйской свиты непосредственно контактируют с катаклазитами гнейсов и калишпатовых мигматитов чуйской серии („иловирской свиты“) и амфиболитами нюрндукуанской серии. Здесь местами образуется сложный тектонический меланж, где глыбы эпидотизированных амфиболитов нюрндукуанской толщи, хлоритовых сланцев тыйской свиты и пегматоидных гранитов чуйской серии катаклазированы и сцементированы милонитами гранитогнейсов.

Еще южнее, среди амфиболитов нюрндукуанской серии находится участок низкометаморфизованных метабазальтов с прослоями альбитофиоров (ручей Гаянда). Степень их метаморфизма меняется от пренит-пумпеллиитовой до хлорит-актинолитовой, кое-где сохраняются порфиоровые текстуры. Мы считали их низкометаморфизованной частью нюрндукуанской серии [19], хотя А.А. Шафеев предполагал, что это пластина пород тыйской свиты олоkitской толщи.

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД

В табл. 1 приведены средние составы пород, индикаторных для рассмотренных выше свит. С востока на запад в составе высокоглиноземистых сланцев несколько снижается количество глинозема, но увеличивается содержание кремния, калия, Rb и Ba, а также Th (до 25—35 г/т), что свидетельствует о преимущественно кислом составе выветриваемых пород. В то же время повышенные количества Co и Ni в пурпольской свите говорят о присутствии и основных пород в источнике сноса. Как и положено для типичных кор выветривания, в хлоритоидных сланцах концентрации Mg, Ca, Na низки настолько, что вместо апатита в сланцах появляется крайне редкий фосфат железа и марганца — лазулит, зато очень высоки содержания высокозарядных элементов — Cr, V, REE, Zr, Nb, что также характерно для кор выветривания.

Основные сланцы медвежьевской, тыйской, анайской свит и участка руч. Гаянда имеют базальтовые составы, низкощелочные, умеренно глиноземистые, с высокими содержаниями железа и элементов его группы (см. табл. 1). Предыдущие исследователи реконструировали их как платобазальты в основании амагматичных образований пассивной окраины (баллаганакской и патомской серий) [2, 20, 21]. При



**Рис. 3. Спайдер-диаграммы метабазальтов тех же свит (см. усл. 1—4 на рис. 2) и траппов (штриховая линия), нормированные по NMORB Тихого океана (а), по NMORB хр. Рейкьянес, Атлантика (б).**

нормировании средних составов этих пород как по среднему покровному базальту Сибирской платформы (рис. 2), так и по средним составам базальтов NMORB хр. Рейкьянес [22] и NMORB Тихого океана [23] (рис. 3) их кривые на спайдер-диаграммах располагаются между NMORB и платобазальтами, но несколько ближе к последним. И от траппов, и от базальтов Тихоокеанского срединно-океанического хребта метабазаальты исследуемых свит отличаются глубокими Zr и Nb минимумами.

### ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

По Байкало-Патомскому и Северо-Байкальскому нагорьям изотопные возрастные исследования проводились многократно. Первая сводка вышла в 1968 г. [1]. В табл. 2 суммированы определения возрастов образований юга Сибирской платформы и ее обрамления за последние 15 лет. Эти данные

Таблица 2. Возрастные данные для структурно-вещественных комплексов (СВК) Байкальской горной области за последние пятнадцать лет

Структурная зона, стратиграфическое подразделение, интрузивный комплекс	Порода	Метод	Возраст, млн лет	Ссылка
Тонодское поднятие	Метапелиты	Pb-Pb	2467 ± 173	[3]
Нечерское поднятие	Мраморы	Pb-Pb	2417 ± 49	[3]
»	Плагиомигматиты	U-Pb, циркон	1890	[4]
Чуйское поднятие	Чуйско-кодар. граниты	»	2114 ± 22	[4]
<i>Ирельский комплекс</i>	Ирельские граниты	»	1819 ± 19	[4]
»	Абчадские граносиениты	»	1860 ± 30	[5]
Прибайкальский выступ	Приморские граниты	»	1864 ± 19	[4]
Маректинский выступ	Гранитогнейсы	»	1870	[5]
Патомская зона				
<i>Пурпольская свита</i>	Гр-Дст-Би-Му сланцы	Pb-Pb, минералы	1896 ± 49	[9]
<i>Мамская серия</i>	Метапелиты	Pb-Pb, вал	1592 ± 53	[10]
»	Гр-Дст-2Сл	»	1294 ± 28	[11]
<i>Бодайбинская серия</i>	Метапелиты	Rb-Sr, Sr <sub>0</sub> = 0,704	870 ± 40	[11]
Аунакитская свита	Мрамор	Pb-Pb, вал	864 ± 18	[12]
Имняхская свита	»	U-Pb, конкордия	861	[12]
Олокитская зона				
<i>Тыйская свита</i>	Метабазаальты	Rb-Sr	927 ± 10	Данная работа
<i>Холоднинское месторождение</i>	Руды, галенит	Pb-Pb	740 ± 20 760 ± 20	[6] [6]
<i>Довыренский комплекс</i>	Перидотиты	»	707 ± 40	[13]
»	Габбро	Rb-Sr, Sm-Nd, минералы	700 ± 20	[5]
<i>Сыннырский комплекс</i>	Метапорфиры	U-Pb, циркон	700 ± 20	[5]
<i>Иняптукский комплекс</i>	Вулканыты	Rb-Sr, Sr <sub>0</sub> = 0,7102	670 ± 65	[2]
<i>Олокитская серия</i>	Метапелиты	Rb-Sr	520—610	[5]
<i>Нюрундуканская серия</i>				
Протолит	Метабазаальты	Rb-Sr	1135 ± 80	Данная работа
»	Гранат. амфиболиты	Sm-Nd	1050 ± 160	[6]
Гранулитовый блок	Двупироксеновые сланцы	Pb-Pb, циркон	905 ± 30	[7]
»	Эндербиты	»	740 ± 15	[7]
»	Чарнокиты	»	570 ± 15	[7]
»	Эндербиты	U-Pb, циркон	617 ± 5	[8]
Метаморфизм амфиболитовый	Амфиболиты	U-Pb	550—600	[6]
Метамагматиты				
Слюдянский массив	Габбро	Sm-Nd, вал, минералы	618 ± 61	[7]
Массив м. Тонкий	»	»	585 ± 22	[7]

получены разными изотопными методами, имеющими разную репутацию, но их подборка однозначно свидетельствует о двух группах образований.

Отчетливо выделяются породы выступов фундамента: метапелиты Тонодского и мраморы Нечерского поднятий с верхнеархейским возрастом [3]. Правда, Pb-Pb определения слабометаморфизованных терригенных пород могут давать завышение результатов за счет сохранения части древнего радиогенного свинца. Гранитогнейсы и граниты чуйско-кодарского комплекса Чуйского поднятия U-Pb методом по циркону имеют верхнеархейский возраст [4]. Возраст субщелочных гранитов и гранитогнейсов ирельского комплекса оказался на 250 млн лет моложе. Гранитоиды этих двух комплексов резко различаются и по геохимическим признакам. Чуйско-кодарские граниты на севере и в средней части Чуйского поднятия бедны летучими и редкими элементами за исключением Sr и Ba, тогда как ирельские граниты и гранитогнейсы резко обогащены Zr, Nb, REE, Sn, Pb, Be, F, но аномально бедны Sr, Li и B [24].

В структурах, обрамляющих поднятия (в Патомском, Олоkitском структурно-вещественном комплексе, мамской толще, нюрндуканской серии) явно преобладают верхнерифейские возрастные метки. Резко выделяются древние Pb-Pb определения возраста пурпольской свиты и мамских кристаллических сланцев ( $1896 \pm 49$  до  $1294 \pm 28$  млн лет), выполненные Н.Н. Феловым [9, 10]. Наиболее правдоподобными выглядят возрасты метапелитов и карбонатных пород бодайбинской серии 870—861 млн лет [12], тем более, что они подтверждаются U-Pb методом. Магматические породы Олоkitской зоны довыренского и сыннырского комплексов, а также руды Холоднинского месторождения дают близкие возрасты: 740—700 млн лет [5, 6]. Верхний предел возраста пород Олоkitской зоны равняется возрасту слабо измененных иняптукских вулканитов — 670 млн лет [2]. Окончательное становление пород Олоkitской зоны и Нюрндуканского пояса определяется возрастом метаморфизма пород, равного 617—520 млн лет [5, 7, 8]. А вот возраст нижних подразделений этих толщ, налегающих непосредственно на гнейсы выступов фундамента, остается спорным.

В одной пробе высокоглиноземистых сланцев пурпольской и двух пробах сланцев анайской свит В.П. Ковачем в ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург) был измерен изотопный состав Sm и Nd (табл. 3). Все три пробы характеризуются чрезвычайно низкими отрицательными, типично коровыми значениями  $\epsilon_{Nd}(T)$  от  $-17,7$  до  $-24,4$ . Pb-Pb возраст пород пурпольской свиты (1896 млн лет), который трактуется В.Н. Шаровым как время ее отложения [9], возможно, завышен из-за присутствия древнего радиогенного свинца, сохранившегося при выветривании и метаморфизме. Как предполагают ряд исследователей, время отложения свиты близко к 1100—1300 млн лет. Возраст метабазальтов перекрывающей ее медвежьей свиты считается близким к 1 млрд лет, а возраст анайской свиты не определялся. Исходя из этих скудных данных, мы предложили аналитикам для расчета модельного возраста использовать уровень 1100 млн лет. Сланцы пурпольской и анайской свит характеризуются древними модельными возрастными  $T(DM)$  2,54—2,82 млрд лет с еще более древним возрастом  $T(DM-2st)$  2,7—3,26 млрд лет. Это свидетельствует, во-первых, о том, что выветриванию подвергались архейские преимущественно кислые породы фундамента платформы, во-вторых, что переотложенная кора выветривания прошла еще этапы сложной геологической истории с фракционированием изотопов Sm и Nd. Протерозойские метки метамагматических продуктов первой (чуйско-кодарский комплекс) и особенно второй субщелочной гранитизации (ирельский комплекс) (см. табл. 2) отражают возраст их выплавления и кристаллизации из того же корового субстрата на больших глубинах, в то время, когда уже выветривалась более древняя их покрывка. Стояние и пенеппенизация континента были, очевидно, очень длительными процессами с выветриванием и переотложением этого материала, а позднее — выветриванием обнажившихся чуйских и ирельских гранитов (участки непереотложенной коры выветривания).

Для определения возраста тыйской свиты нами были отобраны пробы хлорит-актинолитовых сланцев в свежей дорожной выемке на левом берегу р. Тья в 2 км к северу от Северобайкальска (см. рис. 1,Б). Несколько проб взяты вдоль одного пласта метабазальтов, еще одна — из перекрывающего пласта метавулканитов более кислого состава. В то же время по правому притоку р. Кичера ручью Гаянда были отобраны пробы метабазальтов и альбитофиров зеленосланцевой (до пренит-пумпеллиитовой) фации метаморфизма.

Таблица 3. Sm-Nd изотопные данные для сланцев пурпольской (1 сп) и анайской (ПО2309, 2375) свит и метасоматита по гранитам рапакиви (ПО2363) и модельные возрасты по Nd

№ пробы	Sm, г/г	Nd, г/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{Nd}(0)$	$\epsilon_{Nd}(T)$	$T(DM)$	$T(DM-2st)$
1 сп	15,2	88,3	0,1039	$0,511314 \pm 6$	-25,8	-12,8	2540	2786
ПО2309	2,44	14,4	0,1020	$0,511077 \pm 9$	-30,5	-17,2	2817	3144
ПО2375	5,96	31,1	0,1157	$0,511467 \pm 7$	-22,8	-11,5	2609	2687
ПО2363	6,24	30,8	0,1225	$0,512447 \pm 8$	-3,7	6,8	1176	1174

Таблица 4. Rb-Sr изотопные данные для андезибазальтов и метабазальтов тыйской свиты (ОЛ239—247), метабазальтов (ОЛ48—50) и альбитофира (ОЛ55) участка руч. Гаянда

№ пробы	Метавулканиты	Rb, г/т	Sr, г/т	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma$
ОЛ239	Хлорит-мусковитовый сланец	170	69	7,1744	$0,7984 \pm 7$
ОЛ243	Эпидот-хлоритовый сланец	6,1	71	0,2497	$0,7063 \pm 4$
ОЛ246	»	1,6	80	0,0580	$0,70421 \pm 7$
ОЛ247	»	46	103	1,3082	$0,72047 \pm 3$
ОЛ48	Эпидот-актинолитовый порфирит	2,5	162	0,0439	$0,70316 \pm 4$
ОЛ49	»	8,4	288	0,0886	$0,70380 \pm 12$
ОЛ50	»	6,0	207	0,0837	$0,70389 \pm 11$
ОЛ55	Альбит-Эп-Би-Акт сланец	18,3	126	0,4216	$0,70930 \pm 6$

Аналитическая процедура. Химическая подготовка образцов для изотопного анализа включала разложение валовой пробы смесью  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  и две стадии разделения Rb и Sr на катионите BioRad AG-50w  $\times$  8 (200—400 меш) в 2 N HCl и BioRad AG-50 w  $\times$  12 (200—400 меш) в 0,6 N HCl для Rb и в 4 N HCl для Sr по опубликованной методике [25]. Измерения изотопных отношений выполнялись на масс-спектрометре МИ-1201Т в режиме одноленточного источника. Использовался „активатор“ на основе  $\text{Ta}_2\text{O}_5 \times n\text{H}_2\text{O}$  в виде суспензии в кислотах  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_3\text{PO}_4$ , взятых в отношении 1:1:1 [26]. Определение концентраций Rb проводилось методом изотопного разбавления, а изотопный состав и концентрация Sr — методом двойного изотопного разбавления. Правильность изотопного анализа оценивали с помощью стандартов ВНИИМ-Sr и ИСГ-1 (гранит). Изотопные характеристики исследуемой серии образцов (табл. 4) использованы для изохронных построений и расчетов по программе „Isoplot“ с учетом ошибок по координатным осям для  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  — 0,05 % и  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  — 1 %.

Изохронный возраст метабазальтов тыйской свиты составил  $927 \pm 10$  млн лет, а для метабазальтов Гаянды древнее —  $1135 \pm 80$  млн лет (рис. 4, 5). При этом величины первичных отношений ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>0</sub> оказались близкими —  $0,70319 \pm 0,00023$  и  $0,70245 \pm 0,00025$ . Это указывает на примитивный источник расплавов и находится значительно ниже значений, характерных для платобазальтов (0,704—0,706). По приведенным спайдер-диаграммам состав метабазальтов медвежьей, тыйской, анайской свит также располагается между типичными пермотриасовыми покровными базальтами Сибирской платформы и NMORB. По-видимому, полученный возраст можно считать верхним пределом излияния тыйских базальтов, а блок метабазальтов руч. Гаянда — одной из тектонических пластин среди выходов амфиболитов нюрндуканской толщи.

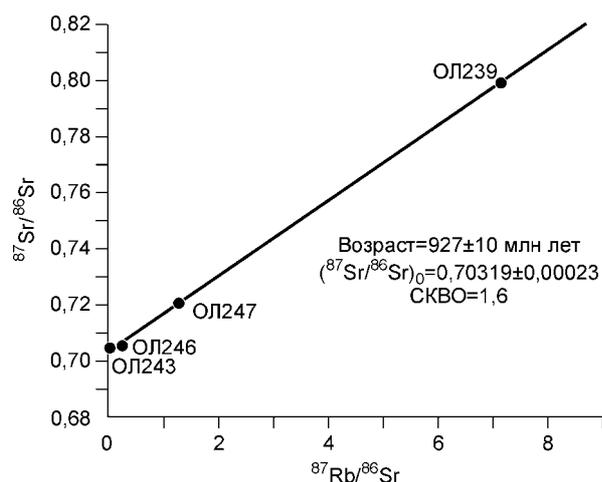


Рис. 4. Rb-Sr изохрона для валовых проб тыйских метабазальтов.

Ошибка по ординате  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 0,05\%$ , по абсциссе  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} \pm 1\%$ .

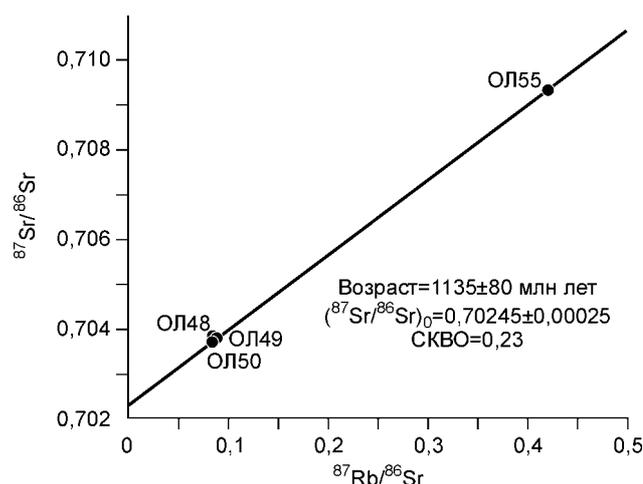


Рис. 5. Rb-Sr изохрона для метабазальтов участка руч. Гаянда.

Ошибка по ординате  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 0,05\%$ , по абсциссе  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} \pm 1\%$ .

Таким образом, по сумме возрастных меток, полученных разными методами и в разное время, можно считать, что период отложения терригенно-вулканогенной толщи Байкало-Патомского нагорья охватывал интервал от 1100 до 670 млн лет (по синхронному с седиментацией вулканизму — от 930 до 670 млн лет). Это подтверждается и данными по микрофоссилиям [27]. В целом толщи Байкало-Патомского нагорья большинством исследователей сопоставляются с отложениями пассивной континентальной окраины. На большей части площади Мамского и Бодайбинского синклинориев и в их разрезах эффузивы практически отсутствуют за исключением базальной медвежевско-тыйской свиты основных сланцев. Однако в Олоkitской зоне вулканизм представлен достаточно широко и на разных уровнях разреза. Е.Ю. Рыцк и В.С. Шалаев [21] метабаазальты тыйской свиты, габбро и перидотиты довыренского комплекса и субщелочные породы иняптукского комплекса рассматривают как проявления рифтогенного континентального магматизма в последовательно раскрывающихся рифтах. Полученный нами возраст сланцев тыйской свиты  $927 \pm 10$  млн лет укладывается в этот сценарий магматизма как наиболее ранний эпизод магматизма и, судя по низким отношениям  $Sr_0$ , примитивный по составу источника.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены новые определения Rb-Sr возраста метабаазальтов тыйской свиты ( $927 \pm 10$  млн лет) и пластины низкометаморфизованных базальтов в нюрундуканской серии ( $1135 \pm 80$  млн лет), а также модельные возрасты по Nd для хлоритоидных сланцев пурпольской (2540 млн лет) и анайской (2609 и 2817 млн лет) свит. В сумме с геохимическими особенностями хлоритоидных и дистеновых сланцев архейские модельные возрасты подтверждают, что материалом для отложений этих свит послужили переотложенные коры выветривания выступов фундамента Сибирской платформы. Они согласуются с определениями возраста пород Чуйского и Тонодского поднятий. Сланцы этих свит непосредственно перекрываются метабаазальтами медвежевской в Патомском СВК и тыйской в Олоkitском СВК свит. Верхний полученный предел возраста тыйской свиты показывает, что осадки и вулканиты низов рассмотренных структурно-вещественных комплексов отлагались около миллиарда лет назад. По геохимическому сходству можно считать установленным, что пурпольская, тулуокитская и анайская свиты являются одним стратиграфическим уровнем, так же как перекрывающие их медвежевская, тыйская свиты и основные сланцы в верхах разреза анайской свиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Геохронология** Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Л., Наука, 1968, 333 с.
2. **Булдыгеров В.В., Дольник Т.А. Кравчинский А.Я. и др.** Вулканогенные образования Олоkitского прогиба (Северное Прибайкалье) // Геология и геофизика, 1988, № 3, с. 8—17.
3. **Шаров В.Н., Фефелов Н.Н., Яблоновский В.В. и др.** Датирование нижнепротерозойских стратифицированных образований Патомского нагорья Pb-Pb методом // Докл. РАН, 1992, т. 324, № 5, с. 1081—1084.
4. **Бухаров А.А., Халилов В.А., Страхова Т.М., Черников В.В.** Геология Байкало-Патомского нагорья по новым данным уран-свинцового датирования акцессорного циркона // Геология и геофизика, 1992, № 12, с. 29—39.
5. **Неймарк Л.А., Рыцк Е.Ю., Левченко О.А. и др.** О раннепротерозойском-верхнерифейском возрасте пород олоkitского комплекса (Северное Прибайкалье), по данным U-Pb цирконового геохронологии // Геология и геохронология Сибирской платформы и ее обрамления. Л., Наука, 1990, с. 206—222.
6. **Неймарк Л.А., Рыцк Е.Ю., Гороховский Б.М. и др.** Изотопный состав свинца и генезис свинцово-цинкового оруденения Олоkitской зоны Северного Прибайкалья // Геология рудн. месторождений, 1991, № 6, с. 34—48.
7. **Макрыгина В.А., Конников Э.Г., Неймарк Л.А. и др.** О возрасте гранулит-чарнокитового комплекса в нюрундуканской свите Северного Прибайкалья (парадокс радиохронологии) // Докл. РАН, 1993, т. 332, № 4, с. 486—490.
8. **Амелин Ю.В., Рыцк Е.Ю., Крымский Р.Ш. и др.** Вендский возраст эндербитов гранулитового комплекса Байкало-Муйского офиолитового пояса (Северное Прибайкалье): U-Pb и Sm-Nd изотопные свидетельства // Докл. РАН, 2000, т. 371, № 5, с. 652—654.
9. **Шаров В.Н., Фефелов Н.Н., Заруднева Н.В. и др.** Pb-Pb датирование высокоглиноземистых сланцев и возраст пурпольской свиты (Патомское нагорье, Сибирь) // Докл. РАН, 1995, т. 341, № 4, с. 524—526.
10. **Шаров В.Н., Фефелов Н.Н., Заруднева Н.В. и др.** Pb-Pb датирование кристаллических сланцев Мамского синклинория (Байкало-Патомское нагорье) // Докл. АН СССР, 1991, т. 319, № 1, с. 209—212.

11. Шаров В.Н., Фефелов Н.Н., Лепин В.С. Нижняя граница бодайбинской серии верхнего рифея // Отечественная геология, 2000, № 4, с. 39—42.
12. Фефелов Н.Н., Шаров В.Н., Яблоновский Б.В. Pb-Pb изохронный возраст метаморфизованных карбонатных отложений имняхской свиты (Бодайбинский синклинорий) // Геология и геофизика, 2000, т. 41, № 1, с. 86—89.
13. Amelin Yu.V., Neymark L.A., Ritsk E.Yu., Nemchin A.A. Enriched Nd-Sm-Pb isotopic signatures in the Dovyren layered intrusion (Eastern Siberia, Russia): evidence for source contamination by ancient upper-crustal material // Chem. Geol., 1996, v. 129, № 1—2, p. 39—69.
14. Петров Б.В., Макрыгина В.А. Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Новосибирск, Наука, 1975, 342 с.
15. Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия Л., Недра, 1977, 268 с.
16. Макрыгина В.А. Геохимия катаклазитов иловирской свиты и их природа (Северное Прибайкалье) // Геохимия, 1991, № 6, с. 875—888.
17. Склярёв Е.В., Мазукабзов А.М., Мельников А.И. Комплексы метаморфических ядер кордильерского типа. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1997, 182 с.
18. Федоровский В.С., Кориковский С.П. Нижний протерозой Байкальской горной области. М., Наука, 1985, 200 с.
19. Макрыгина В.А., Конева А.А. Геохимические особенности и происхождение нюрндукуанской серии Северного Прибайкалья // Геология и геохронология складчатого обрамления юга Сибирской платформы. Л., Наука, 1990, с. 104—116.
20. Гладких В.С., Гусев Г.С. Низкокальциевые толеиты континентов: геодинамические условия образования, петрохимия и геохимия // Геотектоника, 1993, № 5, с. 44—60.
21. Рыцк Е.Ю., Шалаев В.С. Платобазальты Байкало-Патомского складчатого пояса: геологическая позиция и петрогеохимические особенности // Докл. РАН, 1998, т. 359, № 1, с. 83—89.
22. Альмухамедов А.И., Медведев А.Я., Кирда Н.П. Сравнительный анализ геодинамики пермотриасового магматизма Восточной и Западной Сибири // Геология и геофизика, 1999, т. 40, № 11, с. 1575—1587.
23. Перепелов А.Б., Ефремов С.В. Данные по распределению редких элементов для петролого-геохимических расчетов и графиков // Геохимические процессы и полезные ископаемые: Вест. ГеоИГУ, Вып. 2. Иркутск, 2000, с. 215—228.
24. Петрова З.И., Макрыгина В.А., Антипин В.С. Петролого-геохимическая корреляция гранитов рапакиви и кислых вулканитов в южном обрамлении Сибирской платформы // Петрология, 1997, т. 5, № 3, с. 291—311.
25. Таусон Л.В., Собаченко В.Н., Плюснин Г.С. и др. Рубидий-стронциевый возраст рапакиви-подобных гранитов и метасоматитов Катугино-Аянской зоны (Северо-Восточное Забайкалье) // Докл. АН СССР, 1983, т. 273, № 5, с. 1233—1236.
26. Birk J.L., Allegre C.J. Chronology and chemical history of the parent body of basaltic achondrites studied by the  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  method // Earth Planet Sci. Lett., 1978, v. 89, № 1, p. 37—51.
27. Станевич А.М., Файзулина З.Х. Микрофоссилии в стратиграфии позднего докембрия Байкало-Патомской горной области. М., Недра, 1992, 158 с.

*Рекомендована к печати 27 декабря 2004 г.  
В.А. Верниковским*

*Поступила в редакцию 14 апреля 2004 г.,  
после доработки — 9 декабря 2004 г.*