

УДК 553.9+553.21

Sm–Nd-ВОЗРАСТ ПИКРИТОВ ЛЫСОГОРСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ): СВИДЕТЕЛЬСТВА ИНИЦИАЛЬНОГО СРЕДНЕРИФЕЙСКОГО МАГМАТИЗМА

С. Г. Ковалев^{1,*}, член-корреспондент РАН А. В. Маслов^{1,2},
С. С. Ковалев¹, С. И. Высоцкий¹

Поступило 28.02.2019 г.

В сообщении приводятся новые данные о возрасте пикритов Лысогорского комплекса, распространённых в Тараташском метаморфическом комплексе (Башкирский мегантиклинорий, западный склон Южного Урала). На основе Sm–Nd-датирования (1409 ± 89 млн лет) и расчётных данных по давлению и температуре кристаллизации минеральных парагенезисов делается вывод о принадлежности пикритов к инициальному типу магматизма, характеризующего начальные этапы “машакского магматического события”.

Ключевые слова: Южный Урал, пикриты, Sm–Nd-возраст, плюм, инициальный магматизм, машакское магматическое событие.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652488158-61>

В рифейской истории Южного Урала среднерифейский этап являлся временем максимального развития магматизма, обусловленного поступлением недифференцированного мантийного вещества при подъёме плюма [6] и связанного с ним активного рифтогенеза. Разнообразие формационных типов магматических пород этого этапа (пикриты, базальты, пироксениты, риолиты, граниты, трахибазальты, калиевые щелочные породы и т.д.) свидетельствует о сложности и многообразии петрогенетических процессов. В их расшифровке и реконструкции геодинамических обстановок формирования большое значение имеет время образования каждого конкретного магматического комплекса.

Нами изучены пикриты Лысогорского комплекса, выявленные при геологосъёмочных работах в конце 1970-х гг. среди кристаллических сланцев Тараташского комплекса на северо-востоке Башкирского мегантиклинория (рис. 1) [1, 2]. К настоящему времени известно не менее 8 массивов, вскрытых на Лысогорском, Куватальском, Магнитном и Шигирском участках. Они образуют полого падающие дайкоподобные секущие тела переменной мощности (от 10 до 65 м), прослеживающиеся по падению на расстояние до 1 км и более, а по про-

стиранию — до 2 км. По внешнему облику пикриты тёмные, тёмно-серые породы с порфириовидно-пойкилитовой, шлирово-такситовой, а в лейкократовых прожилках и обособлениях — офитовой и габбро-офитовой структурами. В их минеральном составе установлены: оливин, ортопироксен, клинопироксен, плагиоклаз, биотит, керсутит, магнетит, титаномagnetит и сульфиды (халькопирит, пирротин и пентландит). В лейкократовых обособлениях присутствуют плагиоклаз, клинопироксен, роговая обманка, биотит, калиевый полевой шпат, альбит, кварц, иногда щелочной амфибол. Темноцветные минералы пикритов образуют две генерации. Минералы первой — это порфириовидные, интрателлурические выделения и гломеропорфиновые би- и мономинеральные агрегаты, а второй — слагают основную ткань пород. Оливин представлен кристаллами двух генераций, первая из которых образует порфириовидные выделения с магнезиальностью ядер до 0,86–0,89, а вторая соответствует хризолиту с магнезиальностью 0,72–0,78. Наличие в пикритах авгита и клиноэнстатита без промежуточных разновидностей предполагает буферирование клинопироксеном содержания Ca (до кристаллизации плагиоклаза) либо Mg и Fe в расплаве. Для плагиоклазов характерен непрерывный ряд изменения состава лабрадор→андезин→олигоклаз, что свидетельствует об объёмной раскристаллизации расплава в магматической камере, в отличие от широко распространённых в Башкирском мегантиклинории ассиметрично дифференцированных интрузивов [2, 3].

¹ Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра
Российской Академии наук, Уфа

² Институт геологии и геохимии Уральского отделения
Российской Академии наук, Екатеринбург

* E-mail: kovalev@ufaras.ru

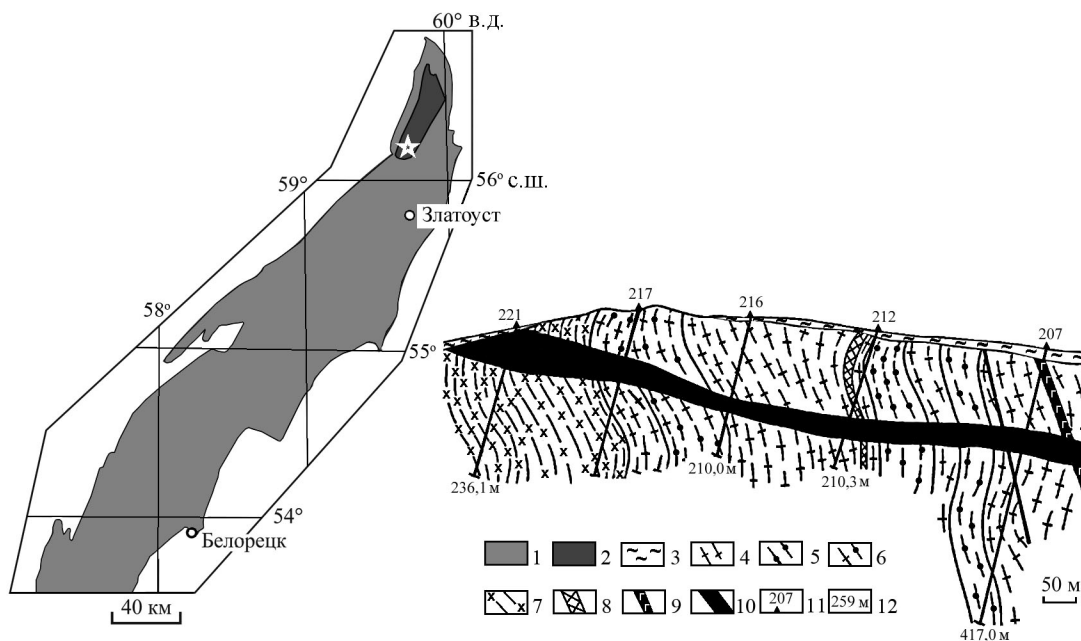


Рис. 1. Схема Башкирского мегантиклинория и геологический разрез Западно-Лысогорского участка по [1] с изменениями: 1 – рифейские отложения нерасчленённые; 2 – архейско-протерозойские отложения тараташского комплекса нерасчленённые; 3 – кора выветривания; 4 – двупироксен-плаггиоклазовые кристаллические сланцы мигматизированные; 5 – биотит-гранатовые гнейсы; 6 – двупироксен-плаггиоклазовые кристаллические сланцы и глинозёмистые гнейсы; 7 – гнейсы нерасчленённые; 8 – магнетитовые кварциты; 9 – дайки долеритов; 10 – пикриты; 11 – скважины и их номера; 12 – глубина забоя скважин.

Основные петрогеохимические характеристики пикритов Лысогорского комплекса (MgO 10,8–22,8% (среднее – 17,1%); TiO_2 1,0–2,2% (среднее – 1,9%); Na_2O 0,9–1,8% (1,4%); K_2O 0,5–1,4% (0,79%); Cr 791,9–1157,1 г/т (918,6 г/т); сумма PЗЭ 104,3–132,2 г/т; Tin/Yn 517,6–542,2; La_n/Yb_n 5,9–6,8; Gd_n/Yb_n 2,9–3,1; Dy_n/Yb_n 1,7–1,9; La_n/Sm_n 1,7–2,1 свидетельствуют о близости их к типичным рифтогенным комплексам – внутриплитным базальтам вулканического центра Бойна, Эфиопия [10]), в частности.

Время формирования пород комплекса считалось вендским на основании опубликованных А.А. Алексеевым [1] значений – 628 ± 50 млн лет (повторное определение по этой же пробе 674 ± 9 млн лет), полученных К–Аг-методом. Нами проведено определение возраста пикритов Sm–Nd-методом в ЦИИ ВСЕГЕИ (рис. 2). Проба отобрана из керна тех же скважин, что и образцы А.А. Алексеева. Анализ зависимости $^{143}Nd/^{144}Nd$ от $1/Nd$ показывает, что она не является линией смешения, а отвечает реальному геологическому событию. Относительно большая ошибка определения связана с малым диапазоном вариации отношения $^{147}Sm/^{144}Nd$, который вызван нетипично высокими содержаниями Sm и Nd в плаггиоклазе.

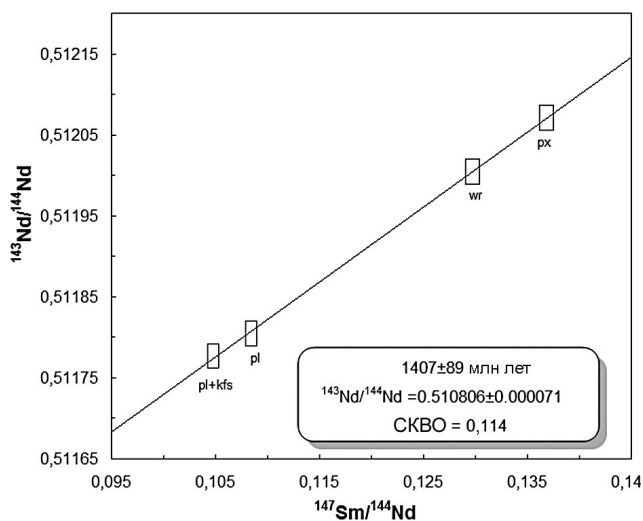


Рис. 2. Sm–Nd-изохрона для пикритов Лысогорского комплекса. wr – валовый состав пикрита; px – пироксен; pl – плаггиоклаз; pl+kfs – плаггиоклаз+калиевый полевой шпат.

Полученный возраст пикритов Лысогорского комплекса – 1409 ± 89 млн лет имеет принципиальное значение, т.к. позволяет охарактеризовать начальные этапы среднерифейского магматизма, проявившегося на обширной территории (Южный Урал, Тиман, Гренландия, Восточно-Европейская

и Сибирская платформы) и представлявшего событие субглобального масштаба [6, 12]. На сегодняшний день нижний возрастной предел проявления среднерифейского магматизма на Южном Урале соответствует $1394 \pm 6 \dots 1389 \pm 10$ млн лет (Кусинско-Копанский комплекс) [8], хотя существуют U–Pb-датировки по цирконам из трахибазальтов навышского комплекса 1400 ± 10 млн лет [7], 1403 ± 25 млн лет [4], а также дацитов, включавшихся ранее в состав того же комплекса — $1405–1415$ млн лет [9]. Таким образом, полученный нами возраст пикритов Лысогорского комплекса не является “экзотическим”, а наоборот, свидетельствует, что “машакское магматическое событие” началось с формирования интрузивных комплексов. В связи с этим представляется важным рассмотреть петрогенетические особенности этого типа магматизма. Относительно низкое отрицательное значение ϵ_{Nd} ($-0,2$), модельный возраст резервуара — $t_{DM} = 2078$ млн лет, а также высокие содержания Nd в плагиоклазах (табл. 1) позволяют предполагать, что расплав, сформировавший породы Лысогорского комплекса ассимилировал небольшое количество кислого материала палеопротерозойского возраста. На диаграмме Lu/Hf–La/Sm (рис. 3а) точки, характеризующие породы комплекса, группируются на тренде плавления гранатового перидотита. Кроме того, расчёты *PT*-параметров расплава, выполненные по оливин-клинопироксеновому геотермометру [14] и содержанию Ca в оливине [11] показали, что для ядер интрателлурических кристаллов оливина значения *T* и *P* составляют соответственно $1230–1240$ °C и $21–36$ кбар; оливина основной массы $1075–1096$ °C и $15–17$ кбар. Указанные *PT*-параметры позволяют отнести пикриты Лысогорского комплекса к инициальному типу среднерифейского магматизма. Зарождение расплава, сформировавшего тела комплекса, происходило, по-видимому, в области внутриплитного магматизма в условиях стабильности граната (рис. 3б). Близкие результаты, полученные по геохимическим и расчетным данным о фациальных обстановках формирования расплава в мантийных условиях, свидетельствуют о корректности этих выводов (рис. 3).

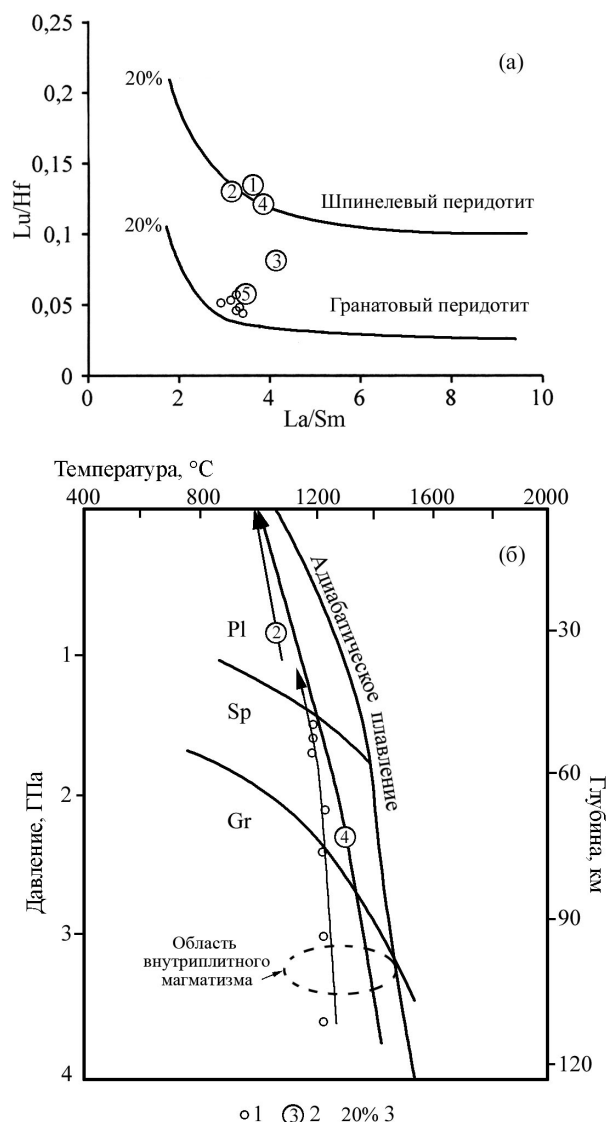


Рис. 3. Диаграммы Lu/Hf–La/Sm (а) по [15] и *P–T* (б) по [13] для магматических пород Башкирского мегантиклинория. 1 – пикриты Лапыштинского комплекса; 2 – магматические породы Башкирского мегантиклинория по [3] (1 – Шуйдинский комплекс; 2 – Шатакский комплекс; 3 – Лапыштинский комплекс; 4 – Ишлинский комплекс; 5 – Мисаелгинский комплекс); 3 – процент плавления мантийного субстрата. Поля устойчивости минеральных фаз: Pl – плагиоклаза, Sp – шпинели, Gr – граната.

Таблица 1. Изотопные соотношения Sm и Nd в минералах и породах Лысогорского комплекса

№	Образец	Sm, г/г	Nd, г/г	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	t_{DM} (Ma)
1	wr	7,602	35,44	0,1297	$0,512004 \pm 3$	2078
2	px	6,900	30,48	0,1368	$0,512071 \pm 2$	
3	pl+kfs	8,499	49,03	0,1048	$0,511777 \pm 2$	
4	pl	8,098	45,16	0,1084	$0,511805 \pm 2$	

Примечание. wr – валовый состав пикрита; px – пироксен; pl – плагиоклаз; pl+kfs – плагиоклаз+калиевый полевой шпат.

Таким образом, начало “машакского магматического события” приурочено к границе калимния и эктазия Международной хроностратиграфической шкалы (~1400 млн лет) и характеризовалось формированием интрузивных комплексов, о чём свидетельствует близость возрастных датировок, полученных для пород Кусинско-Копанского [8] и пикритов Лысогорского комплексов. Эффузивный магматизм Шатакской и Машакской палеорифтогенных структур реализовывался несколько позднее (~1380 млн лет назад [5]), когда на рассматриваемой нами территории начался рифтогенез активного типа.

Источники финансирования. Исследования выполнены в рамках тем № 0252–2017–0012 государственного задания ИГ УФИЦ РАН и № АААА–А18–118053090044–1 государственного задания ИГГ УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. 137 с.
2. Ковалев С.Г. Дифференцированные диабаз-пикритовые комплексы западного склона Южного Урала. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1996. 90 с.
3. Ковалев С.Г. // Литосфера. 2011. № 2. С. 68–83.
4. Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Лепехина Е.Н. // Докл. АН. 2013. Т. 448. № 4. С. 437–442.
5. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
6. Пучков В.Н., Ковалев С.Г. // Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2013. С. 34–38.
7. Ронкин Ю.Л., Лепехина О.П. // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли: Материалы V Всерос. Литолог. совещ. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 203–207.
8. Холоднов В.В., Бочарникова Т.Д., Шагалов Е.С. // Литосфера. 2012. № 5. С. 145–165.
9. Хотылев А.О. Эволюция позднедокембрийского магматизма северной части Башкирского мегантиклинория // Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2018. 24 с.
10. Barberi F., Ferrara G., Santacroce R.A. // J. Petrol. 1975. № 1. P. 65–78.
11. De Hoog Jan C.M., Gall Louise, David H. Cornell. // Chem. Geol. 2010. V. 270. P. 196–215.
12. Ernst R.E. Large igneous provinces. London: Elsevier, 2014. 653 p.
13. Green D.H. <http://www.mantleplumes.org/MantleTemp>
14. Loucks R.R. // Contrib. Mineral. Petrol. 1996. V. 125. P. 140–150
15. Regelous V., Hofmann A.W., Aboushahi W., Galer S.J.G. // J. Petrol. 2003. V. 44. P. 113–140.

Sm–Nd AGE OF PICRITES OF THE LYSOGORSK COMPLEX (SOUTHERN URALS): EVIDENCE OF INITIAL MIDDLE RIPHEAN MAGMATISM

S. G. Kovalev¹, Corresponding Member of the RAS A. V. Maslov^{1,2},
S. S. Kovalev¹, S. I. Vysotsky¹

¹ Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

² Zavaritskii Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

Received February 28, 2019

The article presents new data on the age of the picrites of the Lysogorsk complex, common in the Taratash metamorphic complex (Bashkir megantyclinorium, western slope of the Southern Urals). Based on Sm–Nd dating (1409 ± 89 Ma) and calculated data on the crystallization pressure and temperature of mineral parageneses, it is concluded that picrites belong to the initial type of magmatism, which characterizes the initial stages of the Mashak magmatic event.

Keywords: South Ural, picrites, Sm–Nd age, plume, initial magmatism, mashak magmatic event.