

УДК 551.73:549.02:550.4.08

**U–Pb-ВОЗРАСТ ГРАНАТА ИЗ СКАРНОВ
ДАШКЕСАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (МАЛЫЙ КАВКАЗ)****М. В. Стифеева^{1,*}, Е. Б. Сальникова¹, член-корреспондент РАН А. В. Самсонов²,
А. Б. Котов¹, Ю. Д. Гриценко^{3,4}**

Поступило 12.02.2019 г.

Представлены результаты геохронологических U–Pb-исследований граната из скарнов Дашкесанского месторождения. Впервые получена “прямая” оценка возраста процессов скарнообразования и рудогенеза этого месторождения, составляющая 147 ± 2 млн лет. Показана принципиальная возможность использования U–Pb-системы граната для получения оценок возраста скарнов.

Ключевые слова: кальциевые гранаты, U–Pb ID–TIMS-геохронология, возраст скарнов, месторождение Дашкесан.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524875554-557>

Скарны широко распространены на всех континентах и имеют важное промышленное значение. С ними связаны крупнейшие месторождения железа, вольфрама, свинца, цинка и других полезных ископаемых. “Прямое” датирование скарнов представляет собой сложную задачу в связи с отсутствием надёжных первичных минералов-геохронометров. Геохронологические исследования были сфокусированы главным образом на датировании рудных минералов скарнов: молибденита, сфена, вольфрамит, пирротина, ретроградных минералов (флогопит, мусковит), редких акцессорных минералов — ортит и везувиана, а также минералов гидротермального генезиса — циркона и бадделеита [1, 2]. Следует отметить, что сульфидная минерализация, в отличие от магнетитовой, чаще всего относится к наложенному типу [3], а значит, процессы оруденения оторваны во времени от процессов скарнообразования. Однако наряду с пироксеном гранат рядаgrossуляр-андрадит является первичным породообразующим минералом рудных скарнов. Результаты проведённых в последние годы исследований [1, 2, 4–7] свидетельствуют, что кальциевые гранаты могут выступать в качестве надёжных U–Pb-минералов-геохронометров для определения воз-

раста магматических и гидротермально-метасоматических пород.

Дашкесанский рудный комплекс расположен в пределах Сомхито-Карабахской структурно-фациальной зоны Малого Кавказа (Азербайджанская Республика). Детальное изучение данного района многочисленными исследователями позволило выделить множество рудных и нерудных месторождений различного генезиса. Однако наибольшую известность эта область получила благодаря крупнейшему железорудному месторождению Дашкесан, принадлежащему к контактово-метасоматическому типу. Вмещающие рудные скарны породы представлены вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями средней и верхней юры. Появление скарновых железорудных залежей связывается с внедрением интрузий габброидов Дашкесанского полифазного магматического комплекса [8, 9]. По минеральным ассоциациям рудные скарны Дашкесана делятся на три типа: гранатовые, пироксен-гранатовые, дашкесанитовые и гранатовые с гематитом. В числе породообразующих минералов скарнов Дашкесана присутствуют магнетит и гранат.

В скарнах Дашкесанского месторождения гранат встречается в виде [8]: 1) мелкозернистых агрегатов (0,03–0,05 мм); 2) агрегатов крупных кристаллов (0,5–7 см) с чёткими кристаллографическими очертаниями; 3) щёток мелких (до 2–3 мм) идиоморфных кристаллов. На основании химического состава гранаты делятся на две группы. В первой из них преобладает андрадитовый компонент, а во второй — grossуляровый. Гранаты первой группы имеют тёмно- и буро-красный цвет. Гранаты второй группы обладают жёлто-зелёной окраской.

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия
Российской Академии наук, Санкт-Петербург

² Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва

³ Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, Москва

⁴ Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана
Российской Академии наук, Москва

*E-mail: Stifeeva.Maria@yandex.ru

Был изучен гранат с северо-восточного участка Дашкесанского месторождения. Он представлен крупными (до 1,5 см) фрагментами кристаллов тёмно-коричневого цвета с хорошо выраженными гранями дельтоэдра {211}. На гранях наблюдается характерная штриховка — скульптура роста. Измельчённый гранат изучался в проходящем и отражённом свете. В тонких сколах цвет минерала меняется от светло-коричневого до коричневого, присутствуют первичные газовой-жидкие включения, расположенные по зонам роста, и поздние газовые, газовой-жидкие и твёрдофазные включения, локализованные в трещинах. Пересчёт на нормативный молекулярный состав химических анализов изученных гранатов представлен на рис. 1. Помимо основных компонентов — андрадита (60–86%) иgrossуляра (10–36%) — наблюдается присутствие в незначительных количествах: спессартина (2–3%), моримотоита (0,1–4,0%), шорломита — Al (0,1–3,4%) и альмандина (0,1–3,8%). Все точки составов лежат в поле В (соответствует сумме андрадитового и шорломитового миналов), однако наблюдаются вариации в содержании grossулярового компонента и незначительные колебания второстепенных миналов. Подобные изменения, выраженные в увеличении содержания железа и уменьшении содержания алюминия от центра к периферии зёрен, являются характерной чертой гранатов из скарнов [10]. Описанную зональность принято считать прямой, отражающей закономерные изменения условий кристаллообразования [10].

Для проведения геохронологических U–Pb-исследований были отобраны три микронавески визуально однородных и “чистых” фрагментов (0,15–0,2 мкм) граната. Предварительная подготовка проб включала ультразвуковую очистку и кислотную обработку [4]. Разложение граната и химическое выделение Pb, U осуществлялись в соответствии с модифицированными методиками [4]. Холостое загрязнение не превышало 10 пг для Pb и 1 пг для U. Определение изотопного состава Pb, U выполнено

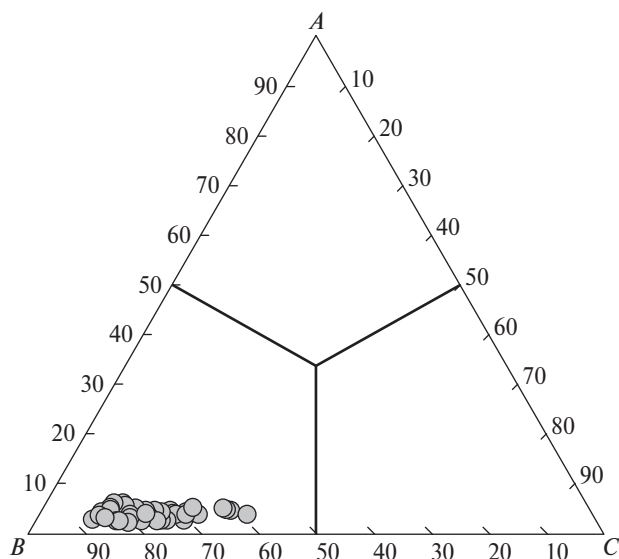


Рис. 1. Диаграмма состава граната из месторождения Дашкесан. A — спессартин ($\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), альмандин ($\text{Fe}_3^{2+}\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), пироп ($\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$); B — андрадит ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2^{3+}\text{Si}_3\text{O}_{12}$), шорломит ($\text{Ca}_3\text{Ti}_2(\text{SiFe}^{3+})_3\text{O}_{12}$), моримотоит ($\text{Ca}_3(\text{TiFe}^{2+})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$); C — grossуляр ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$).

на масс-спектрометре Triton TI в статическом или динамическом режиме (с помощью счётчика ионов). Точность определения U/Pb-отношений и содержания U, Pb — 0,5%. Последующая обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась с помощью программ PbDAT [11] и ISOPLOT [12]. Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами [13]. Все ошибки приведены на уровне 2σ .

Изученный гранат характеризуется сравнительно высокими для гранатов воспроизводящимися содержаниями U (8–8,5 мкг/г), низким содержанием Pb (0,2–0,3 мкг/г) и низкой долей обыкновенного Pb ($\text{Pb}_c/\text{Pb}_t = 0,01–0,17$) (табл. 1). Точки изотопного состава граната № 1 и 2 располагаются на конкордии, величина конкордантного возраста составляет 147 ± 2 млн лет, СКВО = 0,87, вероятность конкордантности 0,35 (рис. 2). Точка изотопного состава № 3 располагается несколько правее конкордии. Для

Таблица 1. Результаты U–Pb-изотопных исследований граната

№ п/п	Предварительная обработка	Навеска, мг	Pb, мкг/г	U, мкг/г	Pb_c/Pb_t	Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн лет		
						$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
1	1) 6N HCl (15 мин)	3,34	0,24	8,26	0,01	192	$0,0487 \pm 14$	$0,3898 \pm 1$	$0,1554 \pm 16$	$0,0232 \pm 5$	0,42	147 ± 2	148 ± 1	132 ± 33
2	1) 3N HCl (15 мин)	2,47	0,29	8,47	0,15	205	$0,0489 \pm 7$	$0,4096 \pm 1$	$0,1545 \pm 10$	$0,0229 \pm 3$	0,48	146 ± 1	146 ± 1	145 ± 17
3	1) 6N HCl (30 мин)	1,59	0,27	8,16	0,17	169	$0,0509 \pm 13$	$0,3323 \pm 1$	$0,1613 \pm 15$	$0,0229 \pm 5$	0,39	152 ± 2	146 ± 1	239 ± 32

Примечание. а — изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Pb_c — обычный свинец; Pb_t — общий свинец; Rho — коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ – $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам.

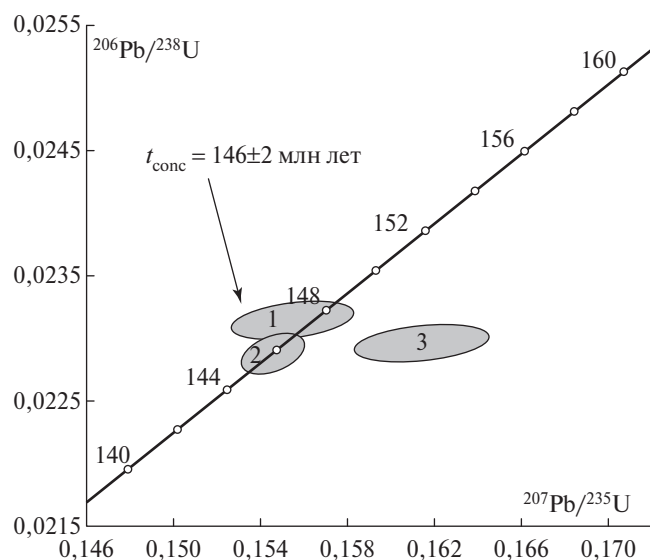


Рис. 2. Диаграмма с конкордией для граната из Дашкесанского месторождения. Номера точек соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

этого граната характерны более древнее значение возраста $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (табл. 1) и более высокая доля обыкновенного свинца ($\text{Pb}_c/\text{Pb}_t = 0,17$). По-видимому, это связано с присутствием более древней компоненты обычного Pb, источником которой могут быть включения сульфидов (рис. 2). Среднее значение возраста ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$), рассчитанное для трёх проанализированных микронавесок граната, составляет 147 ± 3 млн лет ($\text{СКВО} = 4,5$) и совпадает с их конкордантной оценкой возраста.

Полученная оценка U–Pb-возраста гранатов из скарнов Дашкесанского месторождения (147 ± 2 млн лет) согласуется с позднеюрским возрастом полифазного Дашкесанского магматического комплекса [14, 15] и свидетельствует о формировании рудной ассоциации месторождения на рубеже юрского и мелового этапов эндогенной активности региона.

Источники финансирования. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 17–05–00912, 18–55–18011).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gevedon M., Seman S., Barnes J.D., Lackey J.S., Stockli D.F. // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2018. V. 498. P. 237–246.
2. Wafforn S., Seman S., Kyle J.R., Stockli D., Leys C., Sonbait D., Cloos M. // *Econ. Geol.* 2018. V. 113. № 3. P. 769–778.
3. Жариков В.А., Русинов В.Л., Маракушев А.А., Зарайский Г.П., Омеляненко Б.И., Перцев Н.Н., Расс И.Т., Андреева О.В., Абрамов С.С., Подлесский К.В. *Метасоматизм и метасоматические породы.* М., 1998. 492 с.
4. Сальникова Е.Б., Стифеева М.В., Шахмурадия А.Р., Глебовицкий В.А., Регир Е.П. // *ДАН.* 2018. Т. 478. № 4. С. 443–446.
5. Сальникова Е.Б., Стифеева М.В., Никифоров А.В., Ярмолук В.В., Котов А.Б., Анисимова И.В., Сугорабова А.М., Врублевский В.В. // *ДАН.* 2018. Т. 480. № 5. С. 583–586.
6. Deng X.D., Li J.W., Luo T., Wang H.Q. // *Contribs Mineral. and Petrol.* 2017. V. 172. P. 1–11.
7. Seman S., Stockli D.F., McLean N.M. // *Chem. Geol.* 2017. V. 460. P. 106–116.
8. Кашкай М.А. *Петрология и металлогения Дашкесана и других железорудных месторождений Азербайджана.* М., 1965. 749 с.
9. Шипулин Ф.К. *Интрузивы и рудообразование (на пр. Дашкесана).* М., 1968. 215 с.
10. Власова Д.К., Подлесский К.В., Кудря П.Ф., Бороныхин В.А., Муравицкая Г.Н. // *Записки всесоюзного минералогического общества.* 1984. Т. 113. В. 5. С. 560–577.
11. Ludwig K.R. // *U.S. Geol. Surv. Open File Rept.* 88–542. 1991. 35 p.
12. Ludwig K.R. // *Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ.* 2012. 72 p.
13. Stacey J.S., Kramers I.D. // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 1975. V. 26. № 2. P. 207–212.
14. Керимов Р.Б., Ахмедова Т.Г. Тез. докл. IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии “Вулканизм и геодинамика”. Петропавловск-Камчатский, 2009.
15. Мустафаев М.А. // *Вестн. Бакин. ун-та. Сер. естеств. наук.* 2007. № 4. С. 139–155.

**U–Pb GEOCHRONOLOGY OF GARNET
FROM DASCHKESAN SKARN DEPOSIT (LESSER CAUCASUS)**
**M. V. Stifeeva¹, E. B. Salnikova¹, Corresponding Member of the RAS A. V. Samsonov²,
A. B. Kotov¹, Y. D. Gritsenko^{3,4}**

¹*Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Science,
Saint-Petersburg, Russian Federation*

²*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry,
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

³*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

⁴*Fersman Mineralogical Museum, Russian Academy of Science,
Moscow, Russian Federation*

We present new U–Pb ID-TIMS data for garnet from the Daschkesan skarn deposit. The uranium content ranges from 8 to 8,5 ppm. Garnet is characterized by low common Pb ($Pb_c/Pb_t = 0,01–0,17$). The concordia age is 146 ± 3 Ma (MSWD = 0,87). Our results demonstrate the reliability of calcium garnet as a mineral for the precise timing of skarn formation.

Keywords: calcic garnet, U–Pb ID-TIMS geochronology, timing of skarn.