

ГРАНАТЫ ЗОЛОТОНОСНЫХ СКАРНОВ САЯНО-АЛТАЙСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

А. Ф. КОРОБЕШНИКОВ

(Представлена научным семинаром кафедры геологии
и разведки месторождений полезных ископаемых)

В Саяно-Алтайской золоторудной провинции золотоносные скарны пользуются широким развитием и нередко имеют промышленное значение. Главными породообразующими минералами известковых скарнов наряду с пироксенами являются гранаты, детальному минералогическому и геохимическому анализу которых и посвящено настоящее сообщение.

Золотоносные скарны региона размещаются среди верхнепротерозойских (Коммунар) и кембрийских (Натальевское, Лебедское, Синюхинское, Тарданское) эффузивно-осадочных толщ нижнего структурного яруса. Золотосодержащие скарны формировались в связи со становлением гранитоидных и габбро-сиенитовых интрузий салаирского и каледонского циклов тектогенеза, на участках развития их куполов и апофиз. Наиболее крупные скарновые зоны возникли на площадях развития карбонатных пород, переслаивающихся с терригенно-вулканогенным материалом, и контролировались литологическим составом, контактами интрузивов, разрывами и зонами тектонической трещиноватости.

В скарново-рудных зонах Коммунарского, Лебедского, Синюхинского и Тарданского золоторудных полей гранаты слагают гранатовые и гранат-пироксеновые эндо- и экзоскарны. Возникают они на месте ороговикованных эффузивов, диоритов краевых частей интрузивов и особенно известняков. Форма скарновых тел чаще линзовидная, жилкообразная и реже субпластовая. В размещении гранатов внутри скарновых тел наблюдается зональность: на контактах интрузивов в эндоскарнах чаще развит гроссуляр, а в экзоскарнах — андрадит. Во всех изученных скарновых зонах обособляется три генерации граната.

Гранат I принимает участие в сложении главных скарновых тел, состоящих из граната, пироксенов и скаполита с примесью волластонита, везувиана, поздних амфиболов, эпидота. В пределах Коммунарского рудного поля эти скарновые тела рассекают пироксеновые и пироксен-скаполитовые метасоматиты. Преобладают сливные агрегаты граната I мелко- и среднезернистого (до 0,5 см) строения, а друзовидные сростки (размер кристаллов 0,5—0,8 см) встречаются спорадически. На кристаллах хорошо различимы формы (110) и (211) и их комбинации. Цвет минерала буровато-желтый, иногда зеленовато-желтый или светло-коричневый. В большинстве своем оптически изотропен. В наиболее крупных кристаллах фиксируется неотчетливая зональность. По химическому составу и свойствам (табл. 1,6-к) гранат I

из эндоскарнов относится к гроссуляру с содержанием андрадитовой молекулы до 24% (№ 24 по классификации [1, 7]). Этот гранат ассоциирует с диопсидом II и реже — скаполитом II.

Среди экзоскарнов, несущих магнетитовое и золотое оруденение, гранат I слагает линзы, жилы и неправильной формы гнезда разнообразных размеров и очертаний. По составу и свойствам (табл. 1, кл.-1, № 1,848 и 1,876, уд. вес 3,77 и 3,83) он относится к андрадиту № 80-94. Гранат ассоциирует с салитом и замещается магнетитом, эпидотом, амфиболами, хлоритом и кальцитом.

В Тарданском скарново-золоторудном поле гранат I также слагает гранатовые, гранат-пироксеновые линзы в тектонических зонах среди мраморов и краевых выступов гранитоидного массива. Он дает сплошные массы, гнезда и вкрапления кристаллов (до 0,5—1 см) и реже друзовидные агрегаты среднезернистого строения (0,3—0,5 см), секущие диопсидовые скарны и фассаит-форстеритовые кальцифиры. Вкрапления хорошо ограненных кристаллов встречаются спорадически в краевых частях метасоматических зон и представлены формами (110) и реже (210). Минерал в большинстве своем изотропен. Цвет его буровато-желтый до светло-бурого. Изредка отмечаются зональные индивиды граната I: бурые, светло-бурые в ядре ($a_0=11,943$ кХ, $N=1,770$), серо-зеленые ($a_0=11,866$, $N=1,752$) и светло-желтые зоны ($a_0=11,861$, $N=1,740$) к периферии зерен. По приведенным свойствам содержание андрадитовой молекулы в гранате I определяется от 10 до 30—60%.

Для граната I Лебедской скарново-золоторудной зоны [8] характерна ассоциация его с пироксеном, сливное сложение и слабая окристаллизованность граней (211) и (110). Чаще гранат I изотропен, реже обнаруживаются тонкозональные индивиды. По данным химических анализов граната I содержание андрадитовой молекулы колеблется от 25 до 93%.

Гранат II распространен во всех описываемых скарново-рудных зонах. Он в виде жил и мелких линзочек рассекает ранее образованные гранатовые и гранат-пироксеновые агрегаты или образует маломощные (1—10 см) линзочки и гнезда в эндоконтактах даек сиенитодиоритов и во вмещающих диабазовых порфиритах. Наиболее крупные кристаллы граната II (1—1,5 см) представлены формами (110) и (211) или их комбинациями с преобладанием граней (110). Поверхности граней кристаллов имеют микроблоковое строение, напоминающее тонкопанцирную скульптуру. Цвет минерала желто-бурый, реже темно-зеленый до зеленовато-бурого. Очень характерно зональное строение, обусловленное чередованием 2—4—6 зон толщину 1—3 мм каждая: внешняя зонка зеленовато-бурая ($a_0=11,891$ кХ, т. е. №№ 10—20), вторая темно-зеленая или красно-бурая ($a_0=11,909$ и $a_0=11,940$, т. е. №№ 20—30 и №№ 40—50), а внутренняя — желто-бурая или желтая ($a_0=11,891$, т. е. №№ 10—20). В проходящем свете гранат II резко анизотропен и обнаруживает хорошо выраженное зональное и секториальное строение. Обычно шестиугольные сечения кристаллов состоят из 3—6 секторов треугольной и четырехугольной формы. Сектора и зоны отличаются друг от друга двупреломлением (от 0,002 до 0,009) и ориентировкой оптических осей. Нередко наблюдается зонально-секториальное строение отдельных кристаллов: краевые части зональные, а внутренние — секториальные. Зональность обусловлена чередованием полосок изотропного и анизотропного строения. Иногда фиксируются аномалии решетчатого и полосчатого типов с изогнутыми и прямолинейными тонкими полосками.

Отдельные аномалии напоминают микропертиты и выражены в чередовании узких анизотропных полосок шириной до 0,02 мм среди

Таблица 1

**Химический состав и свойства гранатов золотоносных скарнов
Коммунаровского и Тарданского золоторудных полей**

Пробы Окислы	7152	7154	815	403-3	x-20	6-к	2-к	3-к	КЛ-1
SiO ₂	35,88	35,60	35,34	38,38	35,58	40,12	38,64	37,60	35,61
TiO ₂	0,05	0,05	0,11	0,26	0,32	0,23	0,10	0,23	0,05
Al ₂ O ₃	0,31	0,41	2,34	12,65	2,40	18,17	15,08	14,04	0,99
Fe ₂ O ₃	30,83	30,71	28,34	15,27	28,28	6,65	11,30	12,73	30,31
FeO	0,10	0,33	0,73	0,27	1,23	0,57	0,75	н. о	0,10
MnO	н. о	н. о	1,08	0,40	н. о	0,45	0,58	0,85	0,11
CaO	31,61	31,16	31,44	32,10	31,12	33,15	33,76	34,00	31,15
MgO	0,54	0,92	0,04	0,07	0,01	0,05	н. о	0,20	0,31
Na ₂ O	0,14	0,16	0,17	0,11	0,15	0,34	0,06	н. о	0,10
K ₂ O	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,48	0,14	н. о	0,12
Cr ₂ O ₃	н. о	н. о	0,002	0,001	0,001	—	—	н. о	—
H ₂ O—	0,32	0,24	0,24	0,22	0,34	0,65	0,36	0,36	0,24
Сумма	99,88	99,69	99,93	99,83	99,53	100,65	100,77	100,01	100,09
Уд. вес	1,866	1,860	1,860	1,740	1,850	1,744	1,787	1,780	1,860
А ₀ (кХ)	3,83	3,82	3,80	3,67	3,81	3,51	3,67	—	—
Альмандин	12,042	12,024	12,010	11,920	11,994	—	—	11,898	12,030
Андрадит	—	0,7	1,6	0,7	3,1	1,2	1,2	0,1	3,0
Просуляр	96,1	93,5	84,5	44,2	85,1	23,1	31,4	30,0	94,0
Пироп	1,5	2,1	10,8	53,6	11,8	75,3	66,5	70,8	1,5
Спессартин	2,4	3,7	0,1	0,4	—	0,2	—	0,3	1,0
Элементы-примеси	—	—	2,6	1,1	—	0,2	0,9	1,8	0,5
	W, Mo=	Ni, Co, V, Cu=	Ni, Co, V, Cu=	Ni, Co, V, Cu,	Mn=0,05%	Cu=0,003%	Ni, Cu, Pb=	Ni=0,03%	
	0,05%	0,001%	Zn=0,001%	Zn=0,001%	Ni, Co, V, Cu,	V, Cr=сл	0,01%	Cu, Sn=0,002%	
	Ni, Co, V, Cu,		Sn=0,005%	Sn=0,005%	Zn, As, Sn=		V=сл	V, Cr, Mo=	
	Zn=0,001%				0,005%			0,001%	

Тарданское рудное поле: 7152 и 7154 — темно-бурые гранаты-1 из экзокскариновой зоны № 1; 815 — гранат-1 из скарново-рудной зоны № 8; 403-3 — гранат-1 безрудной скарновой зоны у известкового карьера; X=20 — черный гранат-III из скарново-рудной зоны № 1 Котто; Коммунаровское рудное поле: 6-к — гранат-1 из эндоскарнов Мало-Березовской зоны; 2-к — гранат-1 из зональный Мало-Березовского; 3-к — гранат-III из эндоскарнов Солгонской зоны; КЛ-1 — гранат из эндоскарнов Калиостровского.

изотропного граната II. Погасание этих полосок одновременное. Анизотропные гранаты оптически двуосны. Иногда обнаруживаются выделения граната II в виде скелетных и футлярообразных форм размером до 1—2 см благодаря неполному замещению диопсид-салита и скаполита I. По химическому составу и свойствам гранат II относится кgrossуляру № 31 (табл. 1). В пределах скарновых зон Коммунара гранат II замещает и рассекает диопсид, скаполит I, цементирует обломки граната I, а сам обрастает и замещается эпидотом, альбитом, кварцем и кальцитом.

В скарново-рудных зонах Тарданского месторождения к гранату II отнесены скопления светло-зеленого до грязно-зеленого, образующие маломощные (5—10 см) мономинеральные жилки и линзочки в пироксен-гранатовом агрегате ранней генерации. Этот гранат часто образует друзы с хорошо ограненными кристаллами, представленными формами (110) и (211) и их комбинациями. Поверхности граней также имеют тонкоблоковое строение. Изредка у отдельных кристаллов проявляется зональность роста с чередованием разноцветных зон толщиной от 0,1 до 2—3 мм. Число таких зон не превышает 3—4. В большинстве своем гранат II изотропен, но в ряде случаев проявляется зональность и секториальность отдельных кристаллов. Двупреломление отдельных зон меняется от 0,002 до 0,007. Согласно показателям преломления и уд. весу ($N_D = 1,766$ и уд. вес = 3,67) гранат II отнесен к grossуляру №№ 20—25. Он рассекает и замещается магнетитом, эпидотом, актинолитом, хлоритом, серпентином, кварцем и сульфидами.

В Лебедском скарново-золоторудном поле ко второй генерации граната Н. Ф. Столбовой [8] отнесены разности, ассоциирующие с микроклиновой и альбит-пренитовой ассоциациями. В отличие от граната I для него характерны четкие кристаллографические формы (211) и (110) и наличие зональности. Зонки широкие, резко отличаются по цвету и составу и нередко меняют свой габитус. По составу гранаты II относятся к андрадиту №№ 70—97.

К гранату III генерации отнесены гранаты, ассоциирующие с жильными кварцем, пренитом, хлоритом и сульфидами.

В пределах Коммунарковского рудного поля гранат III обнаружен в экзоскарновых зонах в тесной ассоциации с кварцем. Здесь он совместно с серовато-белым среднезернистым кварцем слагает жильобразные тела мощностью до 0,6 м. Гранат III размещается преимущественно в приконтактных частях жил и чаще образует хорошо ограненные кристаллы размером 0,2—1,3 см, погруженные в кварцевый агрегат. Кристаллы его светло-бурые до коричнево-бурой окраски с гранями (110) и (211). Выявляются как изотропные, так и анизотропные разности. Зональность фиксируется гораздо слабее, чем в гранате I, и выражается в чередовании тонких полосок шириной до 0,02 мм. Секториальность же проявляется более отчетливо. Кроме зональности и секториальности, фиксируются нечетко выраженные оптические аномалии, которые отличаются различным двупреломлением смежных полос. Подмечено, что чем интенсивнее гранат деформирован, тем он более анизотропен. На участках соприкосновения граната III с кварцем он приобретает аномальность полосчатого или пятнистого типа. По химическому составу и свойствам гранат III относится к grossуляру № 30 (табл. 1, 3-к). Особую разновидность граната III представляет гранат, обнаруженный вне зон контактового метасоматоза, в ассоциации с пренитом, пиритом, халькопиритом. Этот гранат совместно с пренитом образует обособленные маломощные жилки и линзочки (1—3 см) среди ороговикованных порфиринов Подлунного гольца. Гранат достаточно хорошо окристаллизован гранями (110) и (211). Размеры

кристаллов 1—8 мм. Цвет желто-бурый. По рентгеноструктурным данным и удельному весу ($a_0=12,024$ кХ, уд. в. = 3,73) он относится к андрадиту № 90. Кристаллы андрадита цементируются мелкозернистым агрегатом пренита, который составляет до 60% от общего жильного выполнения. Пирит и халькопирит чаще размещаются в средних частях жилков, проникая в пренит и гранат по трещинкам или обрастая их. Гранат же чаще сконцентрирован в приальбандовых частях жилков.

На Тардане к III генерации граната отнесены скопления и мало-мощные жилки (1—2 см) черно-бурого граната в ассоциации с хлоритом, секущие пироксеновые и пироксен-гранатовые агрегаты. Хорошо выраженных кристаллов не встречено. Он цементируется и замещается гематитом, хлоритом, серпентином, кальцитом, сульфидами и золотом. Минерал анизотропен и микрозонален. По химическому (табл. 1, X-22) и другим свойствам ($a^0=12,012$ кХ, $N=1,860-1,870$, уд. в. = 3,83) его следует отнести к андрадиту № 85-100.

В Лебедской скарновой зоне также обнаружены гранаты III, ассоциирующие с кварцем [8]. Для них характерны кристаллы в форме (211) и (110), зональность и анизотропность.

Из всех описанных генераций гранатов во всех скарновых зонах господствующим является гранат I, который совместно с пироксенами составляет основные метасоматические залежи.

Для гранатов всех скарново-рудных зон характерны элементы примеси: Mn, Ti, Ni, Co, V, Cr, Zr, Zп, Cu, Pb, Au, Ag, Sn, Mo, As, Ba, Sr, Ga, Ge, Y, Yb в количестве от 0,0001 до 1%, причем такие элементы, как Pb, As, Au, Ag, Ba, Sn, Cu, Mo, связаны с наложением гидротермально-рудного процесса на скарновые зоны. Этим можно объяснить общую тенденцию увеличения количества элементов-примесей от ранних генераций к поздним. Кроме отмеченных элементов, в гранатах Коммунара выявлены Be, Ce и La, Тардана — W, Sc, P (рис. 1). Следовательно, все рассмотренные скарново-золоторудные зоны характеризуются близким составом элементов-примесей. Количественным спектральным анализом в гранатах Коммунара и Тардана обнаружены Sn — 0,00048 и 0,00089, Ga — 0,00186 и 0,00154, Sr — 0,0117 и 0,00178. Ba — 0,00083 и 0,00123 соответственно (среднее арифметическое из 5—10 анализов). Построенные гистограммы распределения элементов-примесей в гранатах Коммунаровского и Тарданского золоторудных полей (рис. 1) подтвердили необходимость выделения трех типов гранатов, отвечающих, вероятно, трем генерациям. Именно на гистограммах Mn, Ti, Ni, V, Cu обнаруживается трехвершинность, что, очевидно, указывает на неоднородный характер распределения этих элементов в разных генерациях гранатов.

Для ряда гранатов Коммунаровского, Тарданского и Лебедского рудных полей выполнены полярографические и нейтронно-активационные определения золота, которые подтвердили низкую золотоносность гранатов, неподверженных гидротермальному метаморфизму. Гранаты Коммунара показали содержание золота от 0,1 до 22,1 мг/т при среднем значении 5,5 (из 31 пробы), гранаты Тардана — от 0,4 до 31 мг/т при среднем содержании 6,6 (из 17 проб), гранаты Лебедского месторождения — от 7,4 до 1200 мг/т при среднем значении 134 мг/т (из 13 проб) [8]. Следовательно, в скарновых гранатах не происходит существенного накопления золота и лишь в Лебедской скарновой зоне зафиксировано возрастание золота в гранатах на целый порядок. Последнее обстоятельство связано, вероятно, с тем, что анализировались гранаты, в основном подверженные процессу гидротермального метаморфизма.

Исследования показали, что отложение граната начинается после выделения главной массы пироксена II и заканчивается перед отложением основной массы магнетита и амфиболов. Гранаты распространены в эндо- и экзоконтактах, но наиболее в последних. Метасоматическое замещение всех типов пород следовало вдоль тектонических зон инфильтрационным и реже биметасоматическим путем. Появление

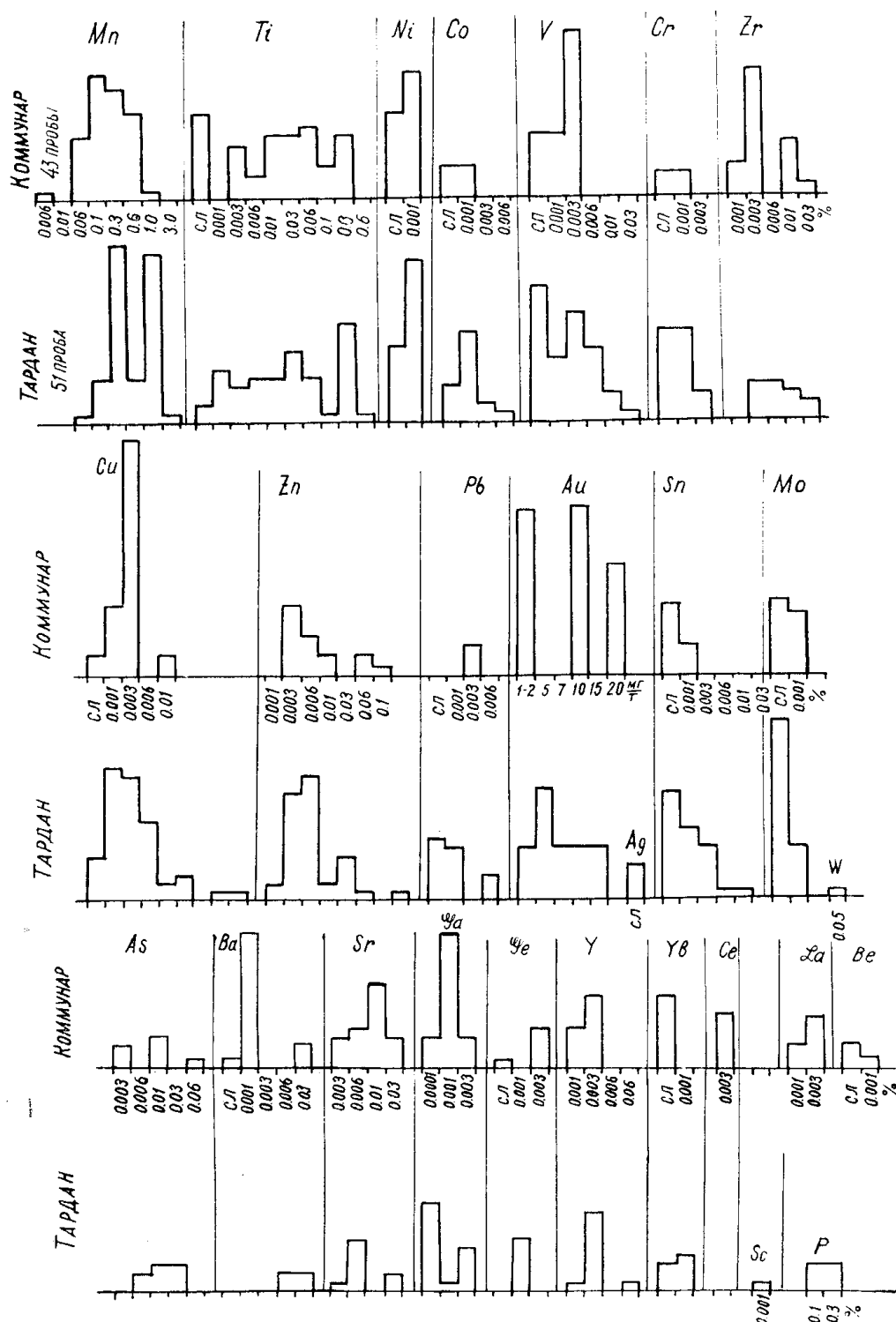


Рис. 1. Гистограммы распределения элементов-примесей в гранатах скарновых зон Коммунаровского и Тарданского золоторудных полей

маложелезистых разностей гранатов в эндоскарнах, очевидно, обусловлено как спецификой минералообразующих растворов, так и характером вмещающей среды в условиях неравномерного прогрева боковых пород. Гранаты всех изученных скарновых зон отлагались в условиях переменного тектонического режима и состава растворов, что зафиксировалось деформациями и зональностью образованных кристаллов. В отличие от эндоскарнов формирование гранатов в экзоскарновых зонах нередко происходило на значительном удалении от контактов интрузива в условиях менее прогретых карбонатных пород. Эти условия наряду с активной реакционностью и меньшей прогретостью карбонатной среды, вероятно, и обеспечили появление сильно железистых разновидностей гранатов. Отложение граната III происходило в экзо- и эндоскарновых зонах в заключительный период контактового метасоматоза.

Таблица 2

**Химические анализы водных вытяжек газово-жидких включений,
рН и декрепитации гранатов золотоносных скарнов Коммунара
(Кузнецкий Алатау) и Тардан (Тува)**

Минеральные ассоциации Показатели	6-к	2	403-3	815	5	6
Число анализов	2	2	2	2	2	2
рН водной вытяжки	7,0	7,2	7,6	7,8	8,4	7,5
Катионы (мг/100 г в-ва)						
Мг-экв						
Na ⁺	8,0	19,0	4,5	2,0	14,0	14,0
	0,33	0,8	0,2	0,08	0,59	0,58
K ⁺	3,0	5	12,3	0,5	13,0	3,0
	0,11	0,2	0,51	0,02	0,54	0,12
Ca ⁺⁺	4,0	сл	5,0	40,0	4,0	5,0
	0,2		0,25	2,0	0,2	0,25
Mg ⁺⁺	—	сл	3,5	2,0	2,0	—
			0,29	0,16	0,16	
Fe ⁺²	н. о	н. о	н. о	н. о	н. о	н. о
Fe ⁺³	н. о	сл	н. о	н. о	н. о	н. о
NH ₄ ⁺	н. о	н. о	н. о	н. о	н. о	н. о
Сумма катионов	0,64	1,00	1,25	2,26	1,31	0,95
Анионы:						
Cl ⁻	8,5	17,8	13,2	42,5	15,3	5,8
	0,24	0,49	0,37	1,2	0,43	0,16
HCO ₃ ⁻	29,3	25,3	65,1	60,5	63,5	31,0
	0,48	0,42	1,07	0,98	1,0	0,6
CO ₂	1,5	—	сл	35,2	19,1	—
SO ₄ ⁻²	—	—	12,0	6,0	—	—
			0,25	0,13		
Сумма анионов	0,72	0,91	1,69	2,20	1,43	0,66
Отношение Na ⁺ :K ⁺	2,7:1	3,6:1	1:2,7	4:1	1,1:1	4,6:1
Отношение Cl ⁻ :HCO ₃ ⁻ :SO ₄ ⁻²	1:3,4:0	1:1,4:0	1,1:5,4:1	7:10:1	1:4,1:0	1:5,3:0

Т° С декрепитации 360—560 300—560 260—540 320—480 320—460

Коммунаровское рудное поле: 6-к — гроссуляры № 23—25 из гранат-пироксеновых эндоскарнов Мало-Березовского участка; 2 — гранат скарнов Спасского гольца.

Тарданское рудное поле: 403-3 — гранат № 45 из Безрудной скарновой зоны; 815 — гранат № 85 из скарново-рудной зоны № 8; 5 — гранат № 10 из эндоскарнов; 6 — андрадит из Безрудной скарновой зоны.

Водные вытяжки производились из 100 г растертого до 0,01 мм материала пробы в 250 мл бидистиллята Л. Б. Мацишевской (ТПИ); для учета растворимости минералов-примесей из каждой пробы последовательно проводились повторные анализы; рН бидистиллята при опытах составляла 6,5.

С целью изучения характера скарнообразующих растворов были изучены газовой-жидкие включения в гранатах скарновых зон Коммунара и Тардана путем производства водных вытяжек, декрепитации и гомогенизации (табл. 2). Полученные материалы показали, что состав растворов включений в гранатах отвечает натриево-калиево-кальцевым гидрокарбонатно-хлоридным типам терм с отношениями Na^+/K^+ от 1:1 до 4,6:1 и $\text{Cl}^-:\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-}$ от 1:1, 4:0 до 1:5:1. Температуры минералообразующих растворов, вероятно, достигали 560—400°С в начальный период скарнообразования и снижались до 360—260°С в период отложения поздних генераций гранатов. Гранаты разных генераций золотоносных скарнов характеризуются следующими особенностями.

1. Все изученные гранаты относятся кgrossуляр-андрадитовому ряду с незначительным содержанием пиральспитовой молекулы (до 4,7—8,5%). В ранних генерациях чаще преобладает grossулярная молекула, а в более поздних — андрадитовая, причем последние обычно богаче элементами-примесями. По результатам 136 химических анализов гранатов скарновых зон Коммунарского, Тарданского, Лебедского и Синюхинского месторождений построены трехкомпонентная диаграмма состава гранатов (рис. 2) и гистограмма распределения

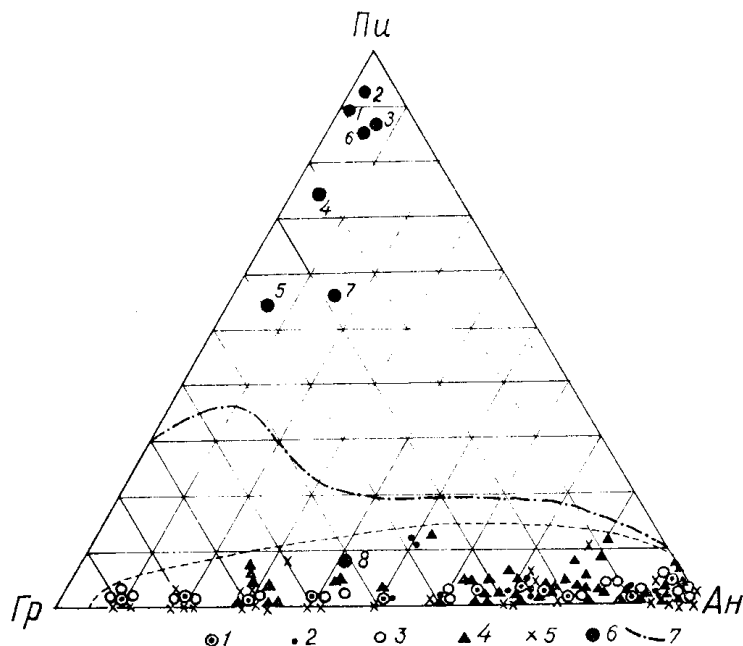


Рис. 2. Диаграмма состава гранатов золотоносных скарнов Саяно-Алтайской складчатой области: 1 — гранаты скарновых зон рудного поля Коммунар; 2 — гранаты Коммунарского рудного района по [6, 10]; 3 — гранаты Тарданского рудного поля; 4 — гранаты Лебедской золото-скарновой зоны [8]; 5 — гранаты Синюхинского золото-скарнового месторождения по [5]; 6 — средние составы гранатов из различных типов горных пород по [2]; 1 — гранаты пегматитов; 2 — гранаты гранитов; 3 — гранаты биотитовых кристаллических сланцев; 4 — гранаты амфиболовых кристаллических сланцев; 5 — гранаты эклогитов; 6 — гранаты кимберлитов и перидотитов; 7 — гранаты основных пород; 8 — гранаты известково-контактных пород; 9 — граница поля скарновых гранатов по [7]. Гр. — grossулярная. Ан — андрадитовая. Пи — пиральспитовая (пироп, альмандин, спессартит) составляющие молекулы граната

андрадитового компонента (рис. 3). Из трехкомпонентной диаграммы состава гранатов видно, что они почти полностью заполняют весь ряд

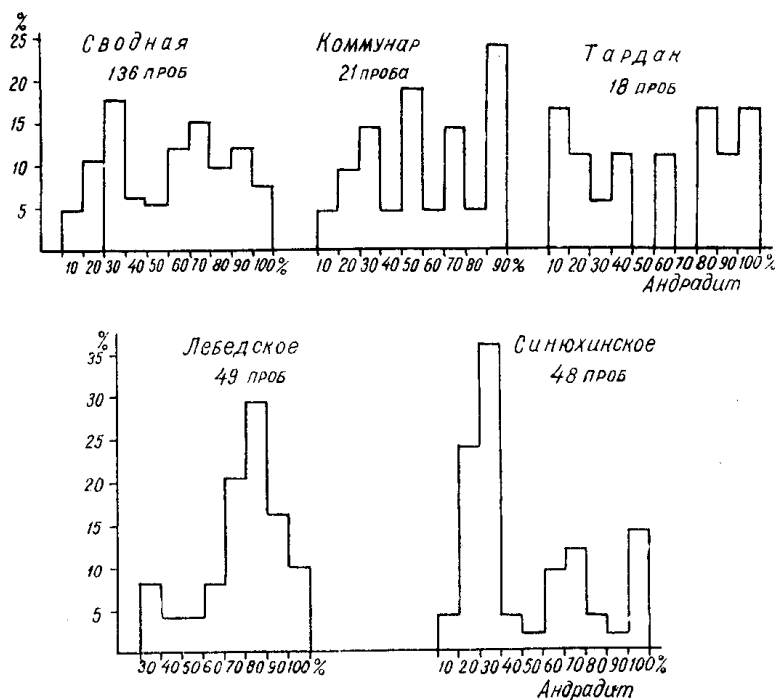


Рис. 3. Гистограммы распределения андрадитового компонента в гранатах из золотоносных скарнов Коммунарского, Тарданского, Лебедского и Синюхинского месторождений Саяно-Алтайской складчатой области

гроссуляр-андрадита, но все же большая доля изученных гранатов находится на поле андрадита. В отличие от данных, приведенных в работе Н. В. Соболева [7], поле гранатов золотоносных скарнов на трехкомпонентной диаграмме состава занимает меньшую область пиральспитовых компонентов. Однако составы гранатов внутри гроссуляр-андрадитового ряда распределены неравномерно, что наиболее отчетливо выражено на гистограммах распределения андрадитового компонента. На этих диаграммах выявляется три-четыре максимума, отвечающие, вероятно, трем типам (генерациям) гранатов. Первый тип включает гранаты №№ 10—40, второй — №№ 40—80 и третий — №№ 80—100 (рис. 3).

2. Наиболее развитыми формами кристаллов являются (110) и (211), причем первая преобладает как в алюмосиликатных, так и в карбонатных породах. Какой-либо закономерности в появлении кристаллографических форм граната от химизма вмещающей среды не установлено.

3. Характерной особенностью описываемых гранатов является их анизотропность. Обычно ранние генерации изотропны, а последующие резко зональны и секториальны. Ряд исследователей объясняли возникновение двупреломления и зональности гранатов чередованием полосок с различным количеством изоморфных примесей, что в конце концов могло приводить к появлению напряжений внутри зон. М. Г. Сумин [9] высказал предположение о том, что аномальный гранат представляет собой смесь андрадита с уваровитом. Однако, как уже отмечалось, анизотропными являются и незональные гранаты, которые характеризуются оптическими аномалиями полосчатого типа. В этом случае отдельные полоски часто изогнуты и смещены относительно друг друга. Объяснить возникновение таких аномалий с точки зрения Браунса трудно. Скорее всего они возникают в результате механических деформаций. Экспериментально возможность появления

оптических аномалий, вызванных деформациями, показал А. М. Кузьмин [4] на образцах каменной соли. Другие исследователи при объяснении оптических аномалий учитывают влияние различных условий минералообразования, что, вероятно, имело место и на описываемых месторождениях. При этом несомненную роль играли степень прогретости вмещающей среды, составы боковых пород и метаморфизирующих растворов. Однако этот вопрос очень сложен и не всегда решается однозначно. В целом наши исследования гранатов позволяют поддерживать выводы ряда исследователей о том, что образование анизотропных разностей происходит при более низких температурах.

4. Для изученных гранатов устанавливается зависимость железистости минерала от состава вмещающих пород: в богатых кальцием породах образуются железистые, а в алюмосиликатных — маложелезистые разности, т. е. состав минерала и его положение в изоморфном рядуgrossular-андрадит, вероятно, является функцией состава и свойств растворов и замещаемых пород.

5. Присутствие на одном месторождении гранатов различного состава не позволяет уверенно говорить о связях между составом гранатов и характером рудоносности скарновых зон, а также о прогнозировании по гранатам определенного типа оруденения: медного, вольфрамового, как это полагали некоторые исследователи [3]. Однако следует согласиться с мнением многих исследователей о том, что гранаты с существенным преобладанием андрадита характерны для железорудных скарновых месторождений, к которым нередко приурочено и наложенное золотое оруденение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А. П. Состав и номенклатура гранатов скарновых образований. Бюллетень Моск. общества испытателей природы, отдел геол., 38, № 3, 1963.
2. Дир У. А., Хаун Р. А., Зусман Дж. Породообразующие минералы. Т. 1, М., «Мир», 1965.
3. Карпова Е. Д., Ивашенцев А. Г. Скарны. Сб. «Измененные околорудные породы и их поисковое значение». М., Госгеолтехиздат, 1954.
4. Кузьмин А. М. Плоскости спайности и скольжения у каменной соли. «Геология и геофизика», 1960, № 6.
5. Лузгин В. Н. Геологическое строение и генезис Сньюхинского золоторудного скарнового поля в Горном Алтае. Автореферат кандидат. диссерт., Томск, 1970.
6. Михеев В. Г. Гранитоидный комплекс и условия золотоносности в северной части Коммунарковского рудного поля (Кузнецкий Алатау). Автореферат кандидат. диссерт., Томск, 1971.
7. Соболев Н. В. Парагенетические типы гранатов. М., «Наука», 1964.
8. Столбова Н. Ф. Минералогия и генезис Лебедской золотоносной скарновой зоны. Автореферат кандидат. диссерт., 1970.
9. Сумин Н. Г. О некоторых особенностях скарновых минералов железорудных месторождений. Труды Минералогического музея, вып. 6, 1954.
10. Тюлюло Б. М. Гранаты из скарнов Чебаковской группы железорудных месторождений (Кузнецкий Алатау). Сб. «Материалы по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Зап. Сибири и Красноярского края». Тр. Томского отделения Московского общества испытателей природы. Томск, 1965.