

**Б. П. РОМАНЧЕВ, Л. Н. КОГАРКО, Е. А. КАМЕНЕВ,  
И. Д. ШЕВАЛЕЕВСКИЙ**

### **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ АПАТИТА КОАШВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Апатитовым месторождениям Хибинского щелочного массива посвящена обширная литература. Однако вопросы генезиса этих пород до сих пор не решены. Предлагаются гипотезы магматического, метасоматического и гидротермального происхождения апатита. Т. Н. Иванова (1963) и О. Б. Дудкин (1964) рассматривают апатитовые месторождения как результат расслоения магматического расплава на две несмешивающиеся жидкости. И. П. Тихоненков (1963) объясняет образование апатит-нефелиновых пород процессами метасоматического характера. По мнению Л. Л. Солодовниковой (1959), апатит отлагался из гидротермальных растворов, замещая нефелин.

Для оценки физико-химических условий формирования апатитовых месторождений нами был выбран метод исследования микровключений в минералах. С целью выяснения температурного режима кристаллизации апатитовых руд проводился термометрический анализ включений в апатите и нефелине — породообразующих минералах месторождений Хибинского массива.

Объектом исследования было выбрано Коашвинское апатитовое месторождение.

По данным Ф. В. Минакова (1968), (1967) и Е. А. Каменева (1966), (1968) продуктивный комплекс ийолит — уртитов сформировался в результате трех последовательных интрузий — дорудной, рудной, пострудной.

На Коашвинском месторождении дорудные трахитоидные уртиты, ийолиты и малиниты образуют пологопадающее тело мощностью до 400 м, залегающее в основании ийолит-уртитового комплекса.

Строение рудной субфазы характеризуется четырехкратным переслаиванием апатит-нефелиновых руд и массивных полевошпатовых уртитов. Рудные горизонты имеют мощность от 12 до 40 м. В этом состоит главная особенность структуры Коашвинского месторождения и ее отличие от структуры месторождений юго-западного рудного поля, где апатитовая залежь мощностью 100—200 м. подстилается уртитам.

Верхнюю часть комплекса слагают породы пострудной субфазы. Они представлены дифференцированными пачками трахитоидных уртитов, ийолитов, мельтейгитов и якупирангитов, которые сменяются выше по разрезу массивными ювитами. В ювитах выявлена локальная апатитовая минерализация (вкрапленность, ветвящиеся прослои, гнезда).

Нами исследовались микровключения в апатите и нефелине пород рудной и пострудной субфаз. Определение температур гомогенизации

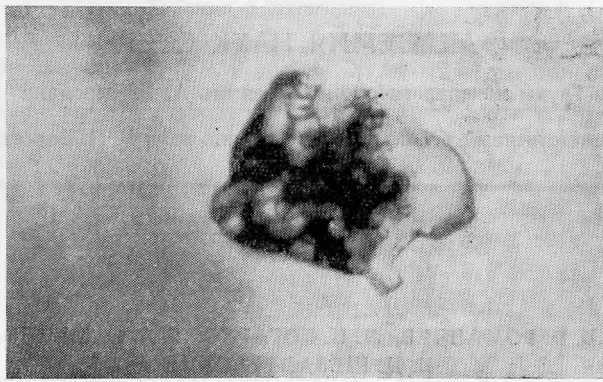


Рис. 1. Включение в апатите богатой руды. Увел. 530

включений в минералах осуществлялось в воздушной термокамере с платино-родиевым нагревателем с точностью до 1% от замеряемой температуры. Данные по термометрии включений в обоих минералах сведены в табл. 1.

Таблица 1  
Температуры гомогенизации включений в минералах\*

Разновидности руд и пород	Тип включений	Апатит		Нефелин	
		$T^{\circ}\text{C}$	$n$	$T^{\circ}\text{C}$	$n$
Пятнистая	Раскристаллизованные	780—840	13	820—890	27
Полосчатая	То же	760—815	24	790—840	10
Линзовидно-полосчатая	»	770—790	14	780—830	10
Уртит	»	890—910	7	900—920	5
Полосчатая	Газово-жидкие	270—310	9		
Линзовидно-полосчатая	То же	290—400	9		
Брекчия	»	300—400	28		
Пегматит	»	360—380	6		
Ювит	Раскристаллизованные	750—860	20	770—870	22

\*  $T^{\circ}\text{C}$  — температуры гомогенизации,  $n$  — количество гомогенизаций, 1—7 — породы и руды рудной субфазы, 8—9 — породы пострудной субфазы. Проанализировано 20 образцов из 7 скважин.

В процессе исследования было обнаружено два типа первичных включений. Принципиальные различия между этими включениями заключаются в том, что одни из них (в нефелине и апатите) раскристаллизованные, многофазные, причем, объем, занимаемый в полости включений твердыми фазами, заметно преобладает над объемом, заполненным летучими компонентами (рис. 1). Другие включения — газово-жидкие. Газово-жидкие включения встречаются в кристаллах апатита. Расположение этих включений по зонам роста апатита дает право отнести их к разряду первичных, т. е. захваченных в момент образования кристаллов апатита.

При нагревании многофазные, раскристаллизованные включения гомогенизируются в расплав, по-видимому, существенно силикатного состава, так как закалка расплавленных включений приводит к образованию стекла. Газово-жидкие включения гомогенизируются в раствор. Этот факт говорит об их гидротермальной природе.

Различие в фазовом составе обусловило и различие в температурах гомогенизации раскристаллизованных и газовой-жидких включений.

В результате термометрических исследований включений в апатите рудной субфазы по скважинам 340, 343, 382, 426 и 450 получены два интервала температур гомогенизации. Многофазные, раскристаллизованные включения расплавляются при температурах 760—840° С, газовой-жидкие гомогенизируются от 270 до 400° С. В некоторых образцах обнаружены обе генерации апатита, содержащие первичные включения и расплава, и гидротермального раствора.

Раскристаллизованные включения в нефелине гомогенизируются в расплаве в интервале температур 820—920° С. Для каждой разновидности руд и уртитов порядки температур магматогенных включений в апатите и в нефелине совпадают, хотя по апатиту они и ниже на 10—20° С (табл. 1).

Термометрический анализ образцов пород пострудной субфазы ийолит-уртитового комплекса проводился по керну скважин 526 и 105. Включения исследовались в апатите и нефелине ювита, обогащенного апатитом. Гомогенизация многофазных, раскристаллизованных включений в апатите зафиксирована при температурах 750—860° С, в нефелине — в интервале температур 770—870° С.

В крупном кристалле апатита из пегматита, встреченного среди дифференцированных пострудных ийолит-уртитов, многофазные газовой-жидкие включения с двумя-тремя минералами-узниками гомогенизируются в жидкость при температурах 360—380° С.

Таким образом, термометрическими исследованиями включений в минералах установлено, что в породах рудной и пострудной субфаз присутствуют две генерации апатита: магматическая и гидротермальная. Для рудной зоны Коашвинского месторождения Е. А. Каменевым (1968) приведены диагностические признаки апатита обеих генераций по их физическим и химическим особенностям.

Помимо температур гомогенизации определялся химический состав твердых фаз включений в апатите. Анализ проводился на рентгеновском микроанализаторе JXA-5/GEОI (Япония).

Химический состав включений в апатите руд Юкспорского, Кукисвумчоррского и Расвумчоррского месторождений определялся В. М. Валяшко и Л. Н. Когарко (1968). Ими во включениях обнаружены содалит калиевый полевой шпат, пироксен (эгирин) и виллиомит. Нами анализировались твердые фазы первичного включения, типичного для апатита богатых руд Коашвинского месторождения (рис. 1).

Перед анализом кристалл апатита сошлифовывался алмазным порошком М-3 до вскрытия твердых фаз включения, после чего вскрытая область опылялась в вакууме тонким слоем углерода. Твердые фазы — минералы-узники подвергались сканированию. Электронный пучок фокусировался на площадь до 1 микрона. Применение алмазного порошка обеспечило чистоту препарата и, следовательно, надежную точность анализа.

Сканированием было выявлено распределение Al, Mg, Fe, Si, K, S, Ca, Na, Cl по площади включения, первоначальный вид которого (до вскрытия) приведен на рис. 1. Распределение первых семи элементов приведено на рис. 2 (2102—2108). Распределение Na и Cl не приводится, так как интенсивность этих элементов очень невелика. Однако необходимо отметить, что Na и Cl ассоциируют друг с другом и располагаются в интерстициях крупных — до 20 мк твердых фаз включения.

Идентификация твердых фаз включения производилась методом наложения отпечатков распределения элементов по площади вакуоли. Таким методом во включениях были определены калиевый полевой шпат, пироксен, биотит, сульфид железа (рис. 2—2101). Поскольку электронному микроанализу подвергалось типичное для рудообразующего апати-

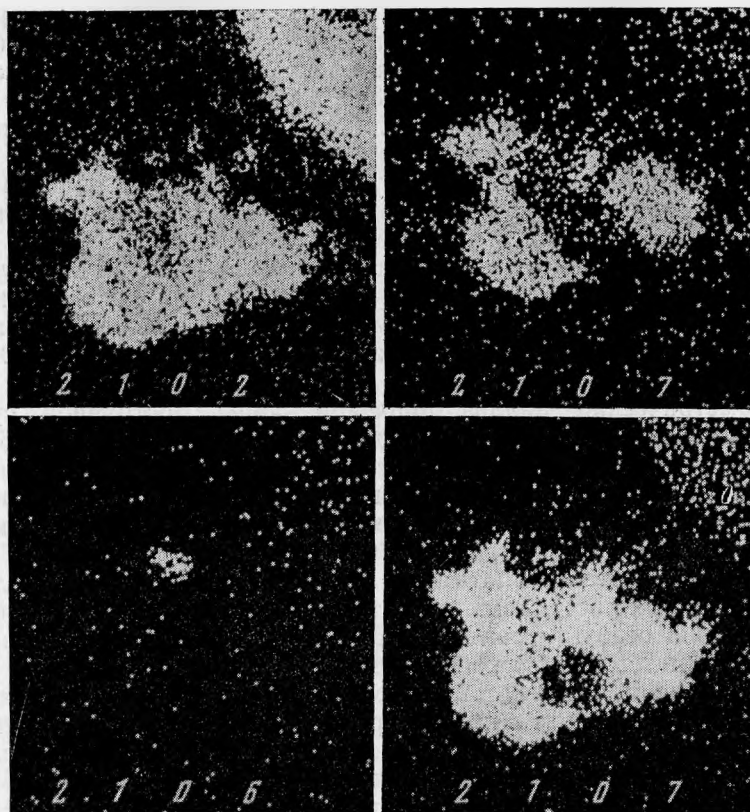


Рис. 2. Распределение химических элементов по площади включения в апатите: 2102—Si, 2103—Al, 2104—Mg, 2105—Fe, 2106—S, 2107—K, 2108—Ca, 2101 — идентификация твердых фаз включения: PY — пироксен, S — сульфид железа, Bi — биотит, Fs — калиевый полевой шпат

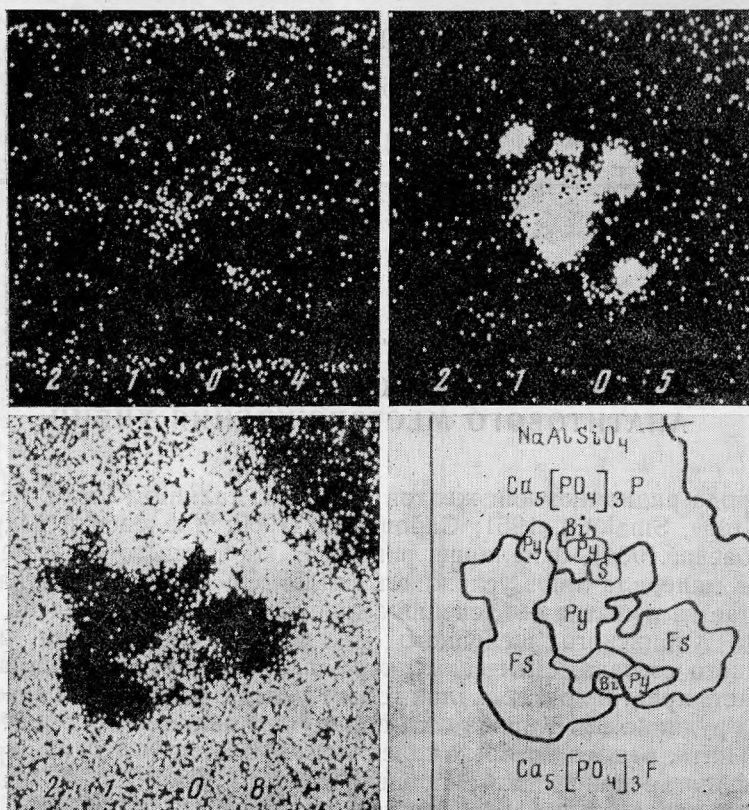
та включение, можно считать, что основная масса апатита Коашвинского месторождения кристаллизовалась из существенно силикатного расплава.

Из проведенного исследования вытекают следующие выводы.

1. Кристаллизация апатита из апатит-нефелиновых руд и ийолит-уртитов рудной и пострудной субфаз Коашвинского месторождения осуществлялась, по крайней мере, двумя путями и в различной физико-химической обстановке. В соответствии с этим необходимо различать две генерации апатита.

2. Апатит первой генерации, слагающий основную массу апатит-нефелиновых руд и встречающийся в качестве акцессорного минерала в ийолит-уртитах, образовался в магматическую стадию в интервале температур 910—750° С совместно с нефелином. Включения в апатите I многофазные, раскристаллизованные. Располагаются они в центральных частях кристаллов и имеют размеры от первых микрон до 80 мк. Основной объем включений занимают минералы-узники: калиевый полевой шпат, пироксен, биотит, сульфид железа и, возможно, содалит и виллит. Газово-жидкие компоненты имеют подчиненное значение.

3. Апатит второй генерации, присутствующий в некоторых разновидностях апатит-нефелиновых руд, в апатитовой брекчии, а также в пегматитах, кристаллизовался на высокотемпературных гидротермальных растворах при температурах до 400° С. По фазовому составу включений в апатите II можно выделить высокотемпературный апатит (360—400° С).



содержащий многофазные газо-жидкие включения (газ, жидкость, кристаллы), и низкотемпературный апатит (270—320° С) с двухфазными газо-жидкими включениями.

4. На основании термометрических исследований и определения вещественного состава микровключений установлено, что основная масса апатита Коашвинского месторождения сформировалась в магматическую стадию из существенно силикатного расплава. Гидротермальные процессы, приведшие к мобилизации и перетолжению апатита, имели подчиненное значение на завершающих этапах становления рудной зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Иванова Т. Н. Апатитовые месторождения Хибинских тундр.— Госгеолтехиздат, Л., 1963.
- Дудкин О. Б., Козырева Л. В., Померанцева Н. Г. Минералогия апатитовых месторождений Хибинских тундр. М.—Л., «Наука», 1964.
- Тихоненков И. П. Нефелиновые сиениты и пегматиты Хибинского массива.— Изд-во АН СССР, 1963.
- Солодовникова Л. Л. Полевые шпаты Кукисвумчоррского апатитового месторождения.— Сб. «К минералогии постмагматических процессов». Изд. ЛГУ. 1959.
- Минаков Ф. В. Связь апатитовых месторождений с ийолит-уртитовой интрузией Хибинского массива.— Сб. «Апатиты», «Наука», 1968.
- Минаков Ф. В., Каменев Е. А., Калинин М. М. Об исходном составе и эволюции ийолит-уртитовой магмы Хибинского щелочного массива.— Геохимия, № 8, 1967.
- Каменев Е. А. Особенности структуры Коашвинского апатитового месторождения.— Сб. «Щелочные породы Кольского полуострова». М.—Л., «Наука», 1966.
- Каменев Е. А. О позднем апатите Коашвинского месторождения.— Сб. Материалы по минералогии Кольского полуострова, вып. 6. «Наука», 1968.
- Валляшко В. М., Козарко Л. Н., Лидер В. В., Рожанский В. Н. Исследование включений в хибинских апатитах.— Сб. Минералогическая термометрия и барометрия, т. 1, «Наука», 1968.