

549.621.9

ПЗ7



А.Н. ПЛАТОНОВ,
М.Н. ТАРАН

ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ И ОКРАСКА ПРИРОДНЫХ ГРАНАТОВ



**НАЦИОНАЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ,
МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ
ИМЕНИ Н. П. СЕМЕНЕНКО**

**NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF UKRAINE
M.P. SEMENENKO INSTITUTE
OF GEOCHEMISTRY, MINERALOGY
AND ORE FORMATION**

A. N. PLATONOV, M. N. TARAN

**OPTICAL
SPECTRA AND COLOR
OF NATURAL
GARNETS**

*“SCIENTIFIC BOOK”
PROJECT*

KYIV • NAUKOVA DUMKA • 2018

А. Н. ПЛАТОНОВ, М. Н. ТАРАН

**ОПТИЧЕСКИЕ
СПЕКТРЫ И ОКРАСКА
ПРИРОДНЫХ
ГРАНАТОВ**

*ПРОЕКТ
“НАУКОВА КНИГА”*

КИЕВ • НАУКОВА ДУМКА • 2018

УДК 549.621.9:544 174

В монографии на основе результатов оригинальных экспериментальных исследований, а также имеющихся литературных данных представлена самая полная сводка по оптическим спектрам поглощения и природе окраски всех известных к настоящему времени разновидностей группы гранатов, включая различные твердые их растворы. Рассмотрены и уточнены геометрические и энергетические характеристики координационных полиэдров в структурах гранатов, вмещающих хромофорные ионы Ti^{4+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , обсуждены механизмы изоморфного вхождения и обменного взаимодействия ионов переходных металлов группы железа в различных структурных позициях гранатов. Показаны генетико-информационная (типоморфная) нагрузка оптически активных центров в этих минералах и возможность использования такой информации для решения петрогенетических и поисково-оценочных задач.

Для минералогов, метрологов, геммологов, студентов и преподавателей вузов геологического профиля, коллекционеров и любителей камня.

У монографії на основі результатів оригінальних експериментальних досліджень, а також літературних даних подано найповніше зведення з оптичних спектрів поглинання і природи забарвлення усіх відомих на цей час представників групи гранатів, включно з їх різноманітними твердими розчинами. Розглянуто і уточнено геометричні та енергетичні характеристики координаційних поліедрів у структурах гранатів, детально обговорено механізми ізоморфного входування перехідних металів групи заліза в різні структурні позиції гранатів. Показано генетико-інформаційне (типоморфне) навантаження оптично активних центрів у цих мінералах і можливість використання такої інформації для вирішення петрогенетичних і пошуково-оцінювальних завдань.

Для мінералогів, метрологів, геммологів, студентів і викладачів вищих навчальних закладів геологічного профілю, колекціонерів і любителів каменю.

Р е ц е н з е н т ы :

доктор геолого-минералогических наук,
профессор *В. Н. Квасница*,
член-корреспондент НАН Украины,
доктор геолого-минералогических наук *Р. Я. Белевцев*

*Рекомендовано к печати ученым советом Института геохимии,
минералогии и рудообразования имени Н. П. Семеновко НАН Украины
(протокол № 8 от 03.09.2015 г.)*

**Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми
“Створення та розвиток науково-видавничого комплексу
НАН України”**

Научно-издательский отдел медико-биологической,
химической и геологической литературы

Редактор *О. И. Калашикова*

© А. Н. Платонов, М. Н. Таран, 2018
© НВП «Видавництво “Наукова думка”
НАН України», дизайн, 2018

ISBN 978-966-00-1616-3

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава 1. КРАТКИЙ КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ГРУППЫ ГРАНАТ	7
Глава 2. ХРОМСОДЕРЖАЩИЕ ГРАНАТЫ	17
2.1. Оптические спектры поглощения Cr ³⁺ -содержащих гранатов	17
2.1.1. Гранаты изоморфного ряда пироп Mg ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ – кноррингит Mg ₃ Cr ₂ Si ₃ O ₁₂	19
2.1.2. Гранаты изоморфного ряда грюссуляр Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ – уваровит Ca ₃ Cr ₂ Si ₃ O ₁₂	30
2.1.3. Магнезиально-кальциевые хромсодержащие гранаты состава [8](M _{1-x} Ca _x) ₃ [6](Al _{1-y} Cr _y) ₂ [4]Si ₃ O ₁₂	34
2.1.4. Хромсодержащие андрациты – Ca ₃ (Fe ³⁺ _{1-x} Cr ³⁺ _x) ₂ Si ₃ O ₁₂	41
2.2. Некоторые кристаллохимические аспекты оптической спектроскопии хромсодержащих гранатов.....	45
2.2.1. Локальные межатомные расстояния Cr ³⁺ – O в октаэдрических позициях кристаллической структуры хромсодержащих гранатов	45
2.2.2. Влияние температуры и давления на оптические спектры поглощения ионов Cr ³⁺ в природных гранатах. Коэффициент термического расширения и модуль объемного сжатия Cr ³⁺ -содержащих октаэдрических позиций структуры гранатов.....	52
2.2.3. Роль ионов Cr ³⁺ в формировании природных непрерывных твердых растворов пиральспит-уграндитового состава	63
2.2.4. Оптико-спектроскопическое доказательство Cr ³⁺ -Ca кластеринга в мантийных хромсодержащих Mg, Ca-гранатах	73
Глава 3. АЛЬМАНДИНЫ: ВИДООБРАЗУЮЩИЕ ИОНЫ-ХРОМОФОРЫ Fe²⁺ В X-ПОЗИЦИИ СТРУКТУРЫ	82
3.1. Оптический спектр поглощения ионов Fe ²⁺ в альмандине.....	83
3.2. Влияние температуры и давления на спектр ионов [8]Fe ²⁺ в альмандине	89
3.3. Гранаты пироп-альмандинового состава	90
3.4. Кластеры [8]Fe ²⁺ -[6]Fe ³⁺ в альмандин-пироповых гранатах: “скиагитовый” минал?	94

Оглавление

Г л а в а 4. СПЕССАРТИН $Mn^{2+}_3Al_2Si_3O_{12}$ И СПЕССАРТИНОВЫЕ ГРАНАТЫ $(Mn_{1-x}Fe_xMg_y)_3Al_2Si_3O_{12}$	105
Г л а в а 5. ГРОССУЛЯРЫ И АНДРАДИТЫ.....	117
5.1. Железосодержащие гранаты изоморфного ряда гроссуляр $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ – андрадит $Ca_3Fe^{3+}_2Si_3O_{12}$	117
5.1.1. Спектр кристаллического поля ионов Fe^{3+} в грандитах	119
5.1.2. Полосы переноса заряда типа $Me \rightarrow Me$ в оптических спектрах грандитов..... *	132
5.2. Титансодержащие андрадиты	140
5.3. Ванадийсодержащие гранаты	150
5.3.1. Гранаты изоморфного ряда гроссуляр $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ – голдманит $Ca_3V_2Si_3O_{12}$	150
5.3.2. Марганцевый голдманит—момоит	161
5.4. Mn^{3+} -содержащие фанаты	162
5.5. Мейджорит – гранат сверхвысоких давлений	169
Г л а в а 6. ГРАНАТЫ В МИРЕ САМОЦВЕТОВ	176
6.1. Вопросы классификации ювелирных разновидностей фанатов.....	176
6.2. Цвета фанатов в символах и цифрах	183
6.3. Африканские звезды самоцветного фанатового семейства.....	198
Г л а в а 7. ОКРАСКА ГРАНАТОВ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕС- КИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД	212
7.1. Типоморфное значение окраски фанатов	212
7.2. Индикаторные особенности окраски фанатов из кимберлитов	220
7.3. Цветовые карты фанатов из кимберлитовых трубок и их приклад- ное значение	223
SUMMARY	232
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	233

CONTENTS

PREFACE	5
Chapter 1. A BRIEF CRYSTAL CHEMICAL DESCRIPTION OF THE GARNET GROUP	7
Chapter 2. CHROMIUM-BEARING GARNETS	17
2.1. Optical absorption spectra of Cr ³⁺ -bearing garnets.....	17
2.1.1. Garnets of pyrope Mg ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ – knorringite Mg ₃ Cr ₂ Si ₃ O ₁₂ series.....	19
2.1.2. Garnets of grossular Ca ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂ -uvarovite Ca ₃ Cr ₂ Si ₃ O ₁₂ series	30
2.1.3. Magnesium-calcium chromium-bearing garnets of ^[8] (Mg _{1-x} Ca _x) ₃ ^[6] (Al _{1-y} Cr _y) ₂ ^[4] Si ₃ O ₁₂ composition	34
2.1.4. Chromium-bearing andradites Ca ₃ (Fe ³⁺ _{1-x} Cr ³⁺ _x) ₂ Si ₃ O ₁₂	41
2.2. Some crystal chemical aspects of optical spectroscopy of chromium- bearing garnets	45
2.2.1. Local interatomic Cr ³⁺ – O distances in the octahedral sites of the crystal structure of chromium-bearing garnets	45
2.2.2. Influence of temperature and pressure on optical absorption spectra of Cr ³⁺ in natural garnets. Thermal expansion coefficients and octahedral modules of Cr ³⁺ -centered octahedral sites in the garnet structure	52
2.2.3. The role of Cr ³⁺ in formation of natural unrestricted solid solutions of the pyrospite-grandite composition	63
2.2.4. Optical spectroscopic evidence of Cr ³⁺ -Ca clustering in the mantle chromium-bearing Mg,Ca-garnets	73
Chapter 3. ALMANDINES: THE SPECIES-FORMING CHROMOPHORE Fe²⁺-IONS IN THE X-SITE OF THE STRUCTURE	82
3.1. Optical absorption spectrum of Fe ²⁺ in almandine	83
3.2. Influence of temperature and pressure on spectrum of ^[8] Fe ²⁺ in almandine	89
3.3. The garnets of pyrope-almandine composition	90
3.4. Clusters ^[8] Fe ²⁺ - ^[6] Fe ³⁺ in pyrope-almandine garnets: the “skiagite” member?	94
Chapter 4. SPESSARTINE Mn²⁺₃Al₂Si₃O₁₂ AND SPESSARTINE GARNETS (Mn_{1-x-y}Fe_xMg_y)₃Al₂Si₃O₁₂	105

Contents

Chapter 5. GROSSULARS AND ANDRADITES	117
5.1. Iron-bearing garnets of grossular, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – andradite, $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ series	117
5.1.1. The crystal field spectrum of Fe^{3+} in grandites	119
5.1.2. Charge-transfer bands of $Me \rightarrow Me$ type in optical spectra of grandites	132
5.2. Titanium-bearing andradites	140
5.3. Vanadium-bearing garnets	150
5.3.1. Garnets of grossular, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – goldmanite, $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ series	150
5.3.2. Manganese goldmanite – momoiite	161
5.4. Mn^{3+} -bearing garnets	162
5.5. Majorite, the garnet of super high-pressures	169
Chapter 6. GARNETS IN THE WORLD OF GEMS	176
6.1. The questions of classification of gem varieties of garnets	176
6.2. Colors of garnets in symbols and figures	183
6.3. The African star of the garnet gem family	198
Chapter 7. COLOR OF GARNETS AS A REFLECTION OF GENETIC FEATURES OF THE GARNET-BEARING ROCKS	212
7.1. The typomorphic significance of colors of garnets	212
7.2. The indicative features of colors of garnets	220
7.3. The color-charts of the garnets from kimberlite pipes and their applicative significance	223
SUMMARY	232
REFERENCES	233