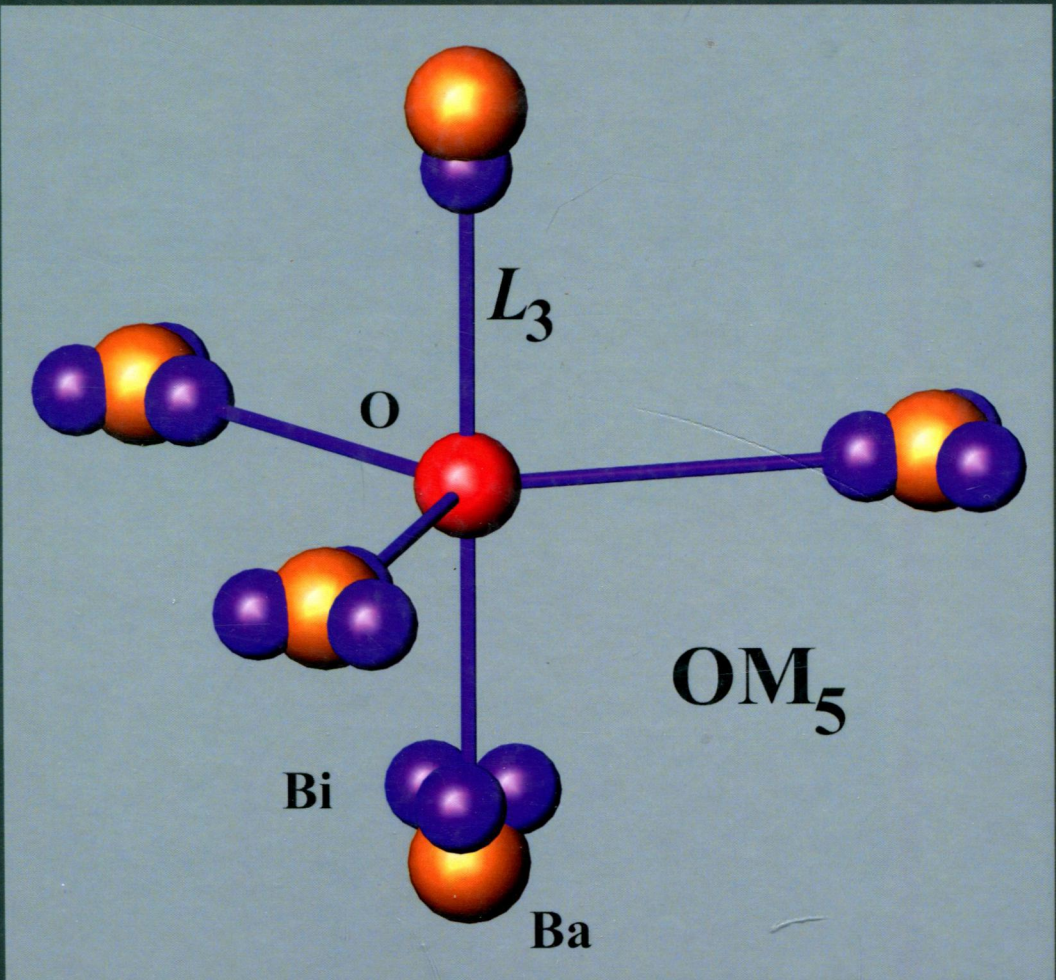




САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛО ХИМИЯ

С. К. Филатов
С. В. Кривовичев
Р. С. Бубнова



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С. К. Филатов, С. В. Кривовичев,
Р. С. Бубнова

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ

Учебник



ИЗДАТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

УДК 548
ББК 24
Ф51

Авторы: д-р геол.-минерал. наук, проф. *С. К. Филатов* (С.-Петербург. гос. ун-т); д-р геол.-минерал. наук, проф., чл.-корр. РАН *С. В. Кривовичев* (С.-Петербург. гос. ун-т); д-р хим. наук, проф. *Р. С. Бубнова* (Институт химии силикатов РАН, С.-Петербург. гос. ун-т)

Рецензенты: д-р хим. наук, проф. *Н. В. Чежина* (Институт химии С.-Петербург. ун-та); д-р хим. наук, проф. *А. Е. Лапшин* (Институт химии силикатов РАН)

*Рекомендовано к печати
учебно-методической комиссией по УГСН 05.00.00 Науки о Земле
Санкт-Петербургского государственного университета*

Филатов С. К., Кривовичев С. В., Бубнова Р. С.

Ф51 Систематическая кристаллохимия: учебник. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2019. — 231 с.
ISBN 978-5-288-05958-2

Кристаллохимия как основа учения об атомно-молекулярном строении вещества и взаимосвязи кристаллической структуры и свойств химических соединений естественно разделяется на две части: установление и изучение общих принципов кристаллического строения вещества, с одной стороны, и описание кристаллических структур соединений разных классов — с другой. Первая часть изложена в опубликованном в 2018 г. учебнике «Общая кристаллохимия», второй части посвящается настоящее издание, в котором вначале даются структуры простых веществ (самородных элементов): неметаллов, металлов и близких к ним по составу и строению интерметаллидов, фаз внедрения и т. п., затем излагаются структуры галогенидов, оксидов и халькогенидов. Основной объем учебника отводится кислородным соединениям с кислотными радикалами типа TO_3 и TO_4 (CO_3 , SiO_4 , PO_4 , SO_4 и др.), которые представляют более половины химических соединений, включаемых обычно в химические и физические справочники. Описываются также соединения с комплексами оксоцентрированных (в общем случае анионоцентрированных) тетраэдров.

Учебник рекомендуется учащимся бакалавриата, магистратуры и аспирантуры, молодым ученым и преподавателям, специализирующимся в науках о Земле, химии, фундаментальном материаловедении, металлургии, физике, почвоведении, генетике и других естественных науках.

УДК 548
ББК 24

Издано на средства Санкт-Петербургского государственного университета

© Санкт-Петербургский
государственный университет, 2019
© С. К. Филатов, С. В. Кривовичев,
Р. С. Бубнова, 2019

ISBN 978-5-288-05958-2

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение. Система представления кристаллических структур	9
ЧАСТЬ 1. СТРУКТУРЫ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ (САМОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ) И РОДСТВЕННЫХ ИМ СОЕДИНЕНИЙ.....	13
Глава 1. Структуры простых веществ (самородных элементов).....	13
1.1. Разделение простых веществ на металлы и неметаллы	13
1.2. Самородные элементы	14
1.3. Молекулярные структуры простых веществ	15
1.4. Атомные структуры простых веществ	20
1.5. Структуры металлов и их твердых растворов.....	24
Рекомендуемая литература	26
Глава 2. Структуры соединений, родственных простым веществам.....	27
2.1. Интерметаллиды	27
2.2. Структуры металлических фаз внедрения	31
2.3. Структуры соединений мелких атомов (B, C, Si, N) между собой	33
Рекомендуемая литература	34
ЧАСТЬ 2. СТРУКТУРЫ ГАЛОГЕНИДОВ, ОКСИДОВ И ХАЛЬКОГЕНИДОВ.....	35
Глава 3. Кристаллические структуры галогенидов	36
3.1. Химическая связь в галогенидах	36
3.2. Галогениды типа АВ.....	37
3.3. Галогениды типа АВ ₂	38
Рекомендуемая литература	39
Глава 4. Структуры оксидов	40
4.1. Структуры простых оксидов.....	40
4.2. Структуры двойных оксидов	49
Рекомендуемая литература	55

Глава 5. Структуры сульфидов и других халькогенидов.....	56
5.1. Химическая связь в сульфидах.....	56
5.2. Сульфиды с донорно-акцепторной связью.....	57
5.3. Сульфиды с донорно-акцепторной и ковалентной связью.....	58
5.4. Сульфиды с донорно-акцепторной и металлической связью.....	59
5.5. Сульфиды с ионно-ковалентно-металлической связью.....	60
5.6. Молекулярные сульфиды.....	60
Рекомендуемая литература.....	61
ЧАСТЬ 3. КРИСТАЛЛОХИМИЯ КИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	62
Глава 6. Систематика и прочностные свойства кислородных соединений.....	62
6.1. Химическая связь в солях кислородных кислот.....	62
6.2. Постановка задачи.....	63
6.3. Параметры систематики.....	64
6.4. Общие черты полимеризации радикалов TO_3 и TO_4 в различных классах кислородных соединений.....	68
6.5. Геометрия кристаллических структур кислородных соединений как функция отношения O/T	69
6.6. Прочностные свойства кислородных соединений как функция остаточного заряда тетраэдра TO_4 / треугольника TO_3	69
6.7. Прочность кислородных соединений с высоковалентными, средневалентными и низковалентными центральными атомами	72
Рекомендуемая литература.....	73
Глава 7. Структуры карбонатов, нитратов и боратов с изолированными треугольными радикалами.....	74
7.1. Общие сведения.....	74
7.2. Безводные карбонаты, нитраты и бораты кальцитового и арагонитового строения.....	74
7.3. Водные карбонаты.....	82
7.4. Карбонаты — кристаллохимические геотермометры и геобарометры.....	85
Рекомендуемая литература.....	86
Глава 8. Бораты: уникальные черты кристаллохимии.....	87
8.1. Место боратов в структурной химии и структурной минералогии.....	87
8.2. Координация атомов бора и кислорода в боратах.....	90
8.3. Борокислородные группы.....	92
8.4. Обозначения борокислородных жестких групп и иных анионных комплексов.....	97
8.5. Реберносвязные тетраэдры BO_4	98
8.6. Статистика встречаемости борокислородных группировок.....	99

8.7.	Длины и углы связей в VO_3 - и VO_4 -полиэдрах	100
8.8.	Анализ длин связей мостиковых атомов кислорода в боратах	100
8.9.	Ангармонизм термических смещений катионов и генерация второй гармоники	101
	Рекомендуемая литература	102
Глава 9.	Бораты: кристаллические структуры и их <i>t-p-x</i>-преобразования	103
9.1.	Выборочное описание кристаллических структур боратов	103
9.2.	<i>t-p-x</i> -преобразования кристаллических структур боратов.....	110
	Рекомендуемая литература	122
Глава 10.	Кристаллохимия силикатов и алюмосиликатов. Общие положения.....	123
10.1.	Значение силикатов в природе, промышленности и быту	123
10.2.	Кремнекислородные полиэдры и химическая связь в силикатах.....	123
10.3.	Кристаллохимические классификации силикатов	125
10.4.	Октаэдрические силикаты: систематика, примеры структур.....	128
10.5.	Основные черты кристаллохимии тетраэдрических силикатов.....	130
	Рекомендуемая литература	133
Глава 11.	Структуры силикатов с конечными линейными группами тетраэдров	134
11.1.	Структуры ортосиликатов.....	134
11.2.	Структуры диортосиликатов	141
11.3.	Силикаты, содержащие группы SiO_4 и Si_2O_7 в одной структуре.....	143
	Рекомендуемая литература	143
Глава 12.	Кольцевые силикаты.....	144
12.1.	Структуры берилла и родственных ему минералов.....	144
12.2.	Группа турмалина.....	147
12.3.	Силикаты с тройными и четверными кольцами.....	150
	Рекомендуемая литература	150
Глава 13.	Цепочечные силикаты и алюмосиликаты.....	151
13.1.	Разнообразие цепочек, кратных пироксеновой	152
13.2.	Структуры пироксенов (<i>Pyroxenes</i>)	152
13.3.	«Брусковое» представление кристаллических структур, основанных на пироксеновых цепочках	156
13.4.	Структуры амфиболов (<i>Amphiboles</i>).....	157
13.5.	Многорядные ленты	160
13.6.	Трубчатые силикаты	162
	Рекомендуемая литература	164

Глава 14. Слоистые силикаты.....	165
14.1. Общие сведения.....	165
14.2. Систематика и структура слоистых силикатов и алюмосиликатов.....	167
14.3. Вычисление формул слоистых силикатов и алюмосиликатов.....	169
14.4. Политипия слюд.....	170
Рекомендуемая литература.....	171
Глава 15. Каркасные алюмосиликаты.....	172
15.1. Каркасные алюмосиликаты — соединения, производные от кремнезема.....	172
15.2. Общие черты строения полевых шпатов.....	173
15.3. Метод экспериментального определения Al—Si-упорядочения.....	174
15.4. Al—Si-упорядочение в различных полевых шпатах.....	175
15.5. Расщепление позиций катионов.....	177
15.6. Моделирование термических преобразований полевых шпатов.....	178
15.7. Содалиты.....	180
15.8. Цеолиты.....	182
15.9. Терморентгенография гидросодалитов.....	184
15.10. Атомно-молекулярная картина ионного обмена по данным рентгеноструктурного анализа.....	184
Рекомендуемая литература.....	186
ЧАСТЬ 4. КРИСТАЛЛОХИМИЯ — МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ НАУКА.....	187
Глава 16. Кристаллохимия минералов и неорганических соединений с комплексами анионоцентрированных тетраэдров.....	187
16.1. Введение. Интеграция науки.....	187
16.2. Становление научного направления.....	189
16.3. Рождение альтернативной кристаллохимии на вулкане.....	191
16.4. Принципы строения эксталяционных минералов-оксосолей и вулканических газов. Естественная систематика оксосолей.....	195
16.5. Атомы, химическая связь и прочностные свойства оксосолей.....	199
16.6. Генезис минералов, содержащих тетраэдры OA_4	201
Рекомендуемая литература.....	203
Заключение.....	204
Литература.....	209
Предметный указатель.....	217
Сокращения.....	230