

БАКАЛАВР. АКАДЕМИЧЕСКИЙ КУРС

Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Часть 2. Химия элементов

УЧЕБНИК

5-е издание



УМО ВО рекомендует  
УМО рекомендует



РГАУ - МСХА  
ИМЕНИ  
К. А. ТИМИРЯЗЕВА

**Юрайт**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО

[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ — МСХА имени К. А. ТИМИРЯЗЕВА

Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин

# НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## Часть 2

### Химия элементов

УЧЕБНИК ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА

5–е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано Учебно–методическим отделом высшего образования  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям*

*Рекомендовано Учебно–методическим объединением вузов  
Российской Федерации по агрономическому образованию в качестве  
учебника для подготовки бакалавров по направлениям «Агрохимия  
и агропочвоведение», «Агрономия», «Садоводство», «Технология  
производства и переработки сельскохозяйственной продукции»*

Книга доступна в электронной библиотечной системе  
[biblio-online.ru](http://biblio-online.ru)



2013

Москва ■ Юрайт ■ 2016

УДК 546(075.8)  
ББК 24.1я73  
К54

**Авторы:**

**Князев Дмитрий Анатольевич** — доктор химических наук, заслуженный деятель науки РФ, до 2013 года занимал должность профессора кафедры неорганической и аналитической химии факультета почвоведения, агрохимии и экологии Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К. А. Тимирязева;

**Смарьгин Сергей Николаевич** — доктор химических наук, доцент, заведующий кафедрой неорганической и аналитической химии факультета почвоведения, агрохимии и экологии Российского государственного аграрного университета — МСХА имени К. А. Тимирязева.

**Рецензенты:**

**Гусакова Н. Н.** — доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой химии, агрохимии и почвоведения Саратовского государственного аграрного университета имени Н. И. Вавилова, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации;

**Еремин В. В.** — доктор химических наук, профессор кафедры физической химии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

**Князев, Д. А.**

К54

Неорганическая химия. В 2 ч. Часть 2. Химия элементов : учебник для академического бакалавриата / Д. А. Князев, С. Н. Смарьгин. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 359 с. [цв. вклейка 2 с.]. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-7069-2 (ч. 2)

ISBN 978-5-9916-7068-5

Учебник состоит из двух частей: «Теоретические основы» и «Химия элементов». Во второй части рассмотрены свойства простых веществ и соединений химических элементов по группам периодической системы Д. И. Менделеева, начиная с водорода и щелочных металлов. Материал учебника имеет нетрадиционную структуру, что позволяет создать в сознании студентов необходимую систему химических знаний, ориентированную на их будущую специальность. После каждой главы приведены контрольные вопросы.

Содержание учебника соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

*Для студентов вузов, обучающихся по агрономическим направлениям подготовки бакалавров и магистров и агрономическим направлениям подготовки дипломированных специалистов. Для студентов, обучающихся по очно-заочной и заочной формам обучения. Может быть использован студентами других сельскохозяйственных и технологических специальностей.*

УДК 546(075.8)

ББК 24.1я73



*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».*

ISBN 978-5-9916-7069-2 (ч. 2)  
ISBN 978-5-9916-7068-5

© Князев Д. А., Смарьгин С. Н., 2012  
© Князев Д. А., Смарьгин С. Н., 2015,  
с изменениями  
© ООО «Издательство Юрайт», 2016

## Оглавление

<b>Предисловие</b> .....	<b>7</b>
<b>Предисловие</b> .....	<b>7</b>
<b>Глава 14. Водород</b> .....	<b>9</b>
14.1. Важнейшие свойства водорода .....	9
14.2. Молекулярный водород .....	12
14.3. Бинарные соединения .....	15
14.4. Водородная связь .....	19
14.5. Вода.....	21
14.6. Значение водорода и воды в природе и сельском хозяйстве .....	27
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	30
<b>Глава 15. Элементы 1-й группы: литий, натрий, калий, рубидий, цезий, франций</b> .....	<b>31</b>
15.1. Общие свойства натрия, калия и других элементов 1-й группы...31	
15.2. Металлическое состояние и бинарные соединения .....	34
15.3. Гидроксиды, соли и их растворы.....	39
15.4. Гидратированные катионы, комплексные соединения, ионный обмен.....	42
15.5. Значение натрия и калия в природе и сельском хозяйстве .....	47
15.6. Литий, рубидий, цезий и франций .....	51
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	52
<b>Глава 16. Элементы 2-й группы: бериллий, магний, кальций, стронций, барий, радий</b> .....	<b>54</b>
16.1. Общие свойства магния, кальция и других элементов 2-й группы .....	54
16.2. Бериллий .....	58
16.3. Магний и кальций .....	61
16.4. Гидотированные катионы, комплексные соединения, ионный обмен.....	68
16.5. Значение магния и кальция в природе и сельском хозяйстве .....	70
16.6. Стронций, барий и радий .....	75
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i> .....	77
<b>Глава 17. Элементы 13-й группы: бор, алюминий, галлий, индий, таллий</b> .....	<b>78</b>
17.1. Общие свойства бора, алюминия и других элементов 13-й группы .....	78

17.2. Бор.....	81
17.3. Алюминий.....	89
17.4. Галлий, индий, таллий.....	100
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>101</i>
<b>Глава 18. Элементы 14-й группы: углерод, кремний, германий, олово, свинец.....</b>	<b>102</b>
18.1. Общие свойства углерода, кремния и других элементов 14-й группы.....	102
18.2. Углерод.....	106
18.3. Значение углерода в природе и сельском хозяйстве.....	124
18.4. Кремний.....	133
18.5. Значение соединений кремния в природе и сельском хозяйстве.....	144
18.6. Германий, олово, свинец.....	148
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>151</i>
<b>Глава 19. Элементы 15-й группы: азот, фосфор, мышьяк, сурьма, висмут.....</b>	<b>152</b>
19.1. Общие свойства азота, фосфора и других элементов 15-й группы.....	152
19.2. Азот.....	156
19.3. Значение азота в природе и сельском хозяйстве.....	185
19.4. Фосфор.....	197
19.5. Значение фосфора в природе и сельском хозяйстве.....	212
19.6. Мышьяк, сурьма, висмут.....	221
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>225</i>
<b>Глава 20. Элементы 16-й группы: кислород, сера, селен, теллур, полоний, ливерморий.....</b>	<b>226</b>
20.1. Общие свойства кислорода, серы и других элементов 16-й группы.....	226
20.2. Кислород.....	229
20.3. Значение кислорода в природе и сельском хозяйстве.....	241
20.4. Сера.....	246
20.5. Значение серы в природе и сельском хозяйстве.....	259
20.6. Селен, теллур, полоний и ливерморий.....	262
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>265</i>
<b>Глава 21. Элементы 17-й группы: фтор, хлор, бром, иод, астат.....</b>	<b>267</b>
21.1. Общие свойства элементов 17-й группы.....	267
21.2. Фтор.....	270
21.3. Хлор.....	275
21.4. Бром и иод.....	283
21.5. Значение галогенов в природе и сельском хозяйстве.....	284
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>287</i>

<b>Глава 22. Элементы 18-й группы: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, радон .....</b>	<b>288</b>
22.1. Общие свойства элементов 18-й группы .....	288
22.2. Соединения благородных газов.....	290
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>292</i>
<b>Глава 23. Переходные металлы.....</b>	<b>293</b>
23.1. Общие свойства и особенности переходных металлов .....	293
23.2. Ванадий .....	311
23.3. Хром и молибден.....	313
23.4. Марганец.....	321
23.5. Железо .....	325
23.6. Кобальт .....	332
23.7. Никель .....	335
23.8. Медь.....	337
23.9. Цинк, кадмий, ртуть.....	342
23.10. Особенности лантаноидов и актиноидов.....	352
23.11. Экология и токсикология металлов .....	354
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>357</i>
<b>Литература .....</b>	<b>359</b>