



ВЫСОКОЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**G.G. DEVYATYKH
INSTITUTE OF CHEMISTRY OF HIGH-PURITY
SUBSTANCES**

HIGH-PURITY SUBSTANCES

Moscow
Scientific World
2018

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ХИМИИ ВЫСОКОЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ
ИМЕНИ Г.Г. ДЕВЯТЫХ

ВЫСОКОЧИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Москва
Научный мир
2018

УДК 54-145.11+54-48+54-482+543+544+546

ББК 24.53

В93

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт химии высокочистых веществ имени Г.Г. Девярых
(Нижний Новгород)

Высокочистые вещества. Коллектив авторов. – М.: «Научный мир», 2018. – 996 с.: ил.
ISBN 978-5-91522-463-5

Редакционная коллегия:

М.Ф. Чурбанов, Ю.А. Карпов, П.В. Зломанов, В.А. Фёдоров

Рецензенты:

Ю.А. Золотов, Н.Т. Кузнецов

Коллективная монография подготовлена ведущими специалистами в области получения, анализа, исследования свойств и практического применения индивидуальных веществ с низким содержанием примесей и материалов на их основе. В книге освещены базовые разделы современной химии и технологии высокочистых веществ и материалов. Изложены физико-химические основы и ключевые вопросы теории новых методов разделения смесей и глубокой очистки веществ. Приведен обширный фактический материал по достигнутой степени чистоты веществ различных химических классов, их применению при создании функциональных материалов и устройств.

Книга дает представление об общих закономерностях достижения высокочистого состояния и об особенностях, обусловленных природой очищаемых индивидуальных веществ. Предназначена для специалистов по химии и технологии высокочистых веществ и материалов на их основе, научно-технических работников из наукоемких отраслей промышленности, использующих функциональные особо чистые материалы, для студентов и аспирантов вузов естественно-научного и технологического профиля.

Публикуется при финансовой поддержке гранта Нижегородской области в сфере науки, технологий и техники 2015 г.

High-Purity Substances: Group of authors. – Moscow: «Scientific World», 2018. – 996 p.: il.

Editorial Board:

M.F. Churbanov, Yu.A. Karpov, V.P. Zlomanov, V.A. Fedorov

Referees:

Yu.A. Zolotov, N.T. Kuznetsov

The collective monograph was prepared by leading specialists in the field of preparing, analyzing, investigating the properties and practical application of individual substances with a low content of impurities and materials on their basis. The book covers the basic sections of modern chemistry and technology of high-purity substances and materials. The physicochemical bases and key questions of the theory of new methods for separation of mixtures and ultra purification of substances are described. The extensive factual material on the attained degree of purity of substances of various chemical classes, their application to development of functional materials and devices is given.

The book gives an idea of the general laws governing the attainment of a high-purity state and the peculiarities caused by the nature of the purified individual substances. It is intended for specialists in chemistry and technology of high-purity substances and materials on their basis, scientific and technical workers from science-intensive technology industries using functional especially pure materials, for students and post-graduate students of universities of natural science and technology.

ISBN 978-5-91522-463-5

© Коллектив авторов, 2018

© Издательство «Научный мир», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	7
Введение Чурбанов М.Ф.....	9
Часть I. Методы разделения и глубокой очистки веществ.....	17
Глава 1. Теоретическая оценка коэффициента разделения при равновесиях жидкость – пар и жидкость – кристалл разбавленных растворов неэлектролитов Колесников А.Н.....	19
Глава 2. Экстракционные методы Туранов А.Н.....	48
Глава 3. Адсорбционные методы глубокой очистки веществ Толмачёв А.М., Фёдоров В.А.....	60
Глава 4. Электроперенос как способ глубокого рафинирования металлов Ковтун Г.П.....	90
Глава 5. Ионный обмен Иванов В.А., Хамизов Р.Х.	105
Глава 6. Глубокая очистка газов методом диффузии через нанопористые полимерные мембраны Воротынцева В.М.....	140
Глава 7. Центробежная очистка веществ Годисов О.Н., Калитеевский А.К., Зырянов С.М. ...	181
Глава 8. Моделирование процессов глубокой очистки веществ зонной перекристаллизацией Кириллов Ю.П., Чурбанов М.Ф.	208
Глава 9. Уровень чистоты простых веществ Лазукина О.П.	234
Часть II. Определение примесей в высокочистых веществах.....	247
Определение примесей в летучих веществах	249
Глава 10. Определение примесей в высокочистых летучих веществах Крылов В.А.	249
Глава 11. Определение молекулярных примесей в постоянных газах, летучих неорганических гидридах и галогенидах методом ИК спектроскопии высокого разрешения Сенников П.Г.	285
Глава 12. Определение примесей в форме гетерофазных включений микро- и наноразмеров в высокочистых летучих веществах Лазукина О.П.....	302
Определение примесей в твёрдых веществах	
Глава 13. Анализ высокочистых веществ: от рекордов к повседневной практике Карпов Ю.А., Барановская В.Б., Ковалёв И.Д.....	321
Глава 14. Анализ высокочистых твёрдых веществ методами атомной спектроскопии Шелтакова И.Р., Пименов В.Г., Сапрыкин А.И., Петрова Н.И.	340
Глава 15. Определение примесей в высокочистых веществах рентгеноспектральными методами Сучков А.И.	375

Глава 16. Определение изотопических примесей в высокочистых моноизотопных веществах <i>Потанов А.М.</i>	400
Глава 17. Лазерная 3D-ультрамикроскопия – метод дисперсионного анализа высокочистых материалов для волоконной оптики <i>Кеткова Л.А.</i>	412
Часть III. Получение высокочистых веществ.....	423
Глава 18. Моноизотопные разновидности кремния и германия с высокой химической и изотопной чистотой <i>Буланов А.Д., Гавва В.А.</i>	425
Глава 19. Щелочные металлы <i>Локшин Э.П.</i>	445
Глава 20. Получение высокочистого галлия из отходов производства полупроводниковых материалов <i>Фёдоров В.А., Потолоков Н.А., Козлов С.А., Николашин С.В.</i>	470
Глава 21. Глубокое рафинирование легкоплавких металлов дистилляцией в вакууме <i>Ковтун Г.П., Солопихин Д.А., Щербань А.П.</i>	496
Глава 22. Цирконий высокой чистоты <i>Пилипенко Н.Н., Лавриненко С.Д., Вьюгов П.Н.</i>	517
Глава 23. Высокочистые сера, селен, теллур <i>Чурбанов М.Ф.</i>	528
Глава 24. Получение высокочистого мышьяка <i>Фёдоров В.А., Чурбанов М.Ф.</i>	566
Глава 25. Соли кислородсодержащих кислот щелочных, щелочноземельных элементов и магния высокой чистоты <i>Факеев А.А., Вендило А.Г.</i>	593
Глава 26. Получение летучих неорганических гидридов электрохимическим методом <i>Турьгин В.В., Томилов А.П., Фёдоров В.А.</i>	632
Часть IV. Функциональные материалы на основе высокочистых веществ	661
Полупроводниковые материалы	663
Глава 27. Нестехиометрия как характеристика состава чистых веществ <i>Зломанов В.П.</i>	663
Глава 28. Полупроводники $A^{III}B^V$ <i>Акчурун Р.Х.</i>	675
Глава 29. Фазовые равновесия в системах $A^{II}B^{VI}$ <i>Аветисов И.Х.</i>	704
Глава 30. Химическое осаждение из газовой фазы эпитаксиальных слоев твердого раствора теллурида кадмия-ртути для ИК-фотоприемников <i>Моисеев А.Н.</i>	754
Оптические материалы	
Глава 31. Высокочистые стекла на основе диоксида кремния для волоконной оптики <i>Гурьянов А.Н.</i>	782
Глава 32. Особо чистые халькогенидные стекла для волоконной оптики <i>Чурбанов М.Ф., Ширяев В.С.</i>	819
Глава 33. Стекла на основе фторидов металлов I–IV групп: синтез, свойства, применение <i>Бреховских М.Н., Моисеева Л.В., Дмитрук Л.Н., Фёдоров В.А.</i>	852
Глава 34. Особочистые ZnSe и ZnS для ИК-оптики <i>Гавришук Е.М.</i>	881
Глава 35. Прецизионные измерения показателя преломления высокочистых оптических материалов <i>Плотниченко В.Г.</i>	924
Глава 36. Высокочистые стекла на основе диоксида теллура <i>Дорофеев В.В., Чиясов А.В.</i> ...	946
Глава 37. Теллуридно-молибдатные стекла <i>Сибиркин А.А.</i>	966
Глава 38. Магнитотвердые материалы <i>Беляев И.В.</i>	979