

А. Ф. Дресвянников, Е. В. Петрова

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ
НАНОРАЗМЕРНЫХ
ОКСИДОВ**

p-, d-МЕТАЛЛОВ

**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРОВАННЫХ
РЕАГЕНТОВ
И ИХ СТРУКТУРНО-
ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ
СВОЙСТВА**



URSS

А. Ф. Дресвянников, Е. В. Петрова

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ
НАНОРАЗМЕРНЫХ ОКСИДОВ
p-, d-МЕТАЛЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРОВАННЫХ
РЕАГЕНТОВ
И ИХ СТРУКТУРНО-
ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА**



URSS

МОСКВА

Дресвянников Александр Федорович
Петрова Екатерина Владимировна

Физико-химические основы получения наноразмерных оксидов р-, d-металлов с использованием электрогенерированных реагентов и их структурно-чувствительные свойства. — М.: ЛЕНАНД, 2020. — 304 с.

В настоящем издании изложены физико-химические основы получения наноразмерных оксидов р-, d-металлов, в том числе бинарных оксидных систем, на основе их прекурсоров, сформированных в растворах с помощью электрогенерированных реагентов.

Монография может быть полезна специалистам, работающим в области химии материалов, прикладной электрохимии, физической химии, химии твердого тела, материаловедения, а также преподавателям, аспирантам и студентам химических специальностей университетов и технологических вузов в процессе обучения и научно-исследовательской работе, связанной с синтезом микро- и наноразмерных оксидных систем.

Рецензенты:

д-р хим. наук, проф. *О. В. Михайлов*;
д-р физ.-мат. наук, проф. *В. В. Парфенов*

ООО «ЛЕНАНД». 117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 60×90/16. Печ. л. 19. Зак. № 148031.

Отпечатано в АО «Т 8 Издательские Технологии».
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

ISBN 978–5–9710–7396–3

© ЛЕНАНД, 2020

27370 ID 259143



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
-----------------------	----------

ГЛАВА 1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДОВ p, d –МЕТАЛЛОВ	10
--	-----------

1.1 Методы получения предшественников	10
оксидов в жидких средах	10
1.1.1 Золь-гель метод	10
1.1.2 Метод осаждения	21
1.1.3 Метод ионного обмена	29
1.1.4 Электрохимические методы получения наночастиц	30
1.1.4.1 Процессы анодного окисления металлов.....	31
1.1.4.2 Влияние условий на процесс анодного растворения металла	32
1.1.4.3 Анодное растворение алюминия в водных растворах электролитов	35
1.1.4.4 Использование анодных процессов для синтеза предшественников металлов.....	42
1.1.4.5 Математическое моделирование процессов в коаксиальном бездиафрагменном электролизере.....	47
1.2 Механизмы формирования гидратированных оксидов	51
1.3 Фазовые переходы прекурсоров оксидов металлов в условиях воздействия физических факторов	56
1.3.1 Фазовые переходы кислородных соединений алюминия	56
1.3.2 Фазовые превращения в системе $Al_2O_3-ZrO_2$	61
1.4 Получение объемных материалов	65
на основе оксидов металлов	65
1.4.1 Методы консолидации дисперсных оксидов	65
1.4.2 Физико-химические основы формирования материалов при ИПС-процессе	70
1.4.3 Свойства объемных образцов композиционных материалов на основе системы $Al_2O_3-ZrO_2$	71

ГЛАВА 2	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ,	
ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ	77
2.1 Способы получения монооксидов металлов.....	77
2.1.1 Получение монооксидов химическим способом	77
2.1.2 Получение монооксидов электрохимическим	
способом с применением растворимого анода.....	78
2.1.3 Получение монооксидов электрохимическим	
способом с применением нерастворимого анода (ОРТА).....	79
2.2 Получение гидроксида и оксида алюминия	
и их физико-химические свойства	80
2.2.1 Электрохимическое поведение	
алюминиевого анода в водных растворах	80
2.2.2 Физико-химические свойства гидроксида и оксида	
алюминия, полученных различными способами	86
2.2.3 Влияние внешних воздействий и условий	
на свойства частиц оксида алюминия	107
2.2.4 Разработка технологических приемов получения	
гидроксида алюминия из вторичного сырья.....	116
2.3 Получение и физико-химические свойства	
гидроксида и оксида цинка	119
2.4 Моделирование гетерогенных равновесий	
в системе $Zn, SO_4^{2-}-H_2O-OH^-$ в области $pC_{Zn(II)} = 4-2$	129
2.5 Получение и физико-химические свойства	
гидроксида и оксида марганца	131
2.6 Получение и физико-химические свойства	
гидроксида и оксида железа	140
Заключение к главе 2.....	151

ГЛАВА 3	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	
БИНАРНЫХ ГИДРОКСИДОВ И ОКСИДОВ,	
ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ	153
3.1 Синтез высокодисперсных бинарных оксидов	154
3.1.1 Получение бинарных оксидов	
электрохимическим способом с применением	
растворимого анода и введением реагента	154

3.1.2	Получение бинарных оксидов электрохимическим соосаждением в мембранном электрохимическом реакторе.....	154
3.1.3	Получение бинарных оксидов электрохимическим способом с использованием растворимого комбинированного анода	155
3.1.4	Электролиз с использованием переменного тока промышленной частоты	155
3.1.5	Синтез оксида цинка, легированного оксидом марганца	156
3.2	Получение системы $Al_2O_3-ZrO_2$ и ее физико-химические свойства.....	159
3.2.1	Морфология частиц системы $Al_2O_3-ZrO_2$	159
3.2.2	Рентгенофазовый состав системы $Al_2O_3-ZrO_2$	166
3.2.3	Результаты термических исследований системы $Al_2O_3-ZrO_2$	171
3.2.4	Результаты оценки характеристик дисперсности систем $Al_2O_3-ZrO_2$	172
3.2.5	Результаты исследований систем $Al^{3+}-OH^-$ -НОН и $Al(III)-Zr(IV)-OH^-$ -НОН в изоэлектрической точке	175
3.2.6	Математическое моделирование равновесий в системе $Al(III)-Zr(IV)-H_2O-OH^-$	181
3.2.7	Физико-химические свойства алюмоциркониевых оксидов, полученных электрохимическим соосаждением в мембранном электролизере	187
3.3	Получение системы $Al_2O_3-Fe_2O_3$ и ее физико-химические свойства.....	211
3.3.1	Сравнительная оценка устойчивости систем на основе $Fe(II)$, $Fe(III)$, $Al(III)$, SO_4^{2-} , Cl^- – H_2O – OH^- , NH_3	224
3.4	Получение системы $ZnO-MnO$ и ее физико-химические свойства.....	229
	Заключение по главе 3.....	230

ГЛАВА 4

ОБЪЕМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СОЗДАННЫЕ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ИХ СВОЙСТВА

4.1	Композиционные керамические материалы на основе наноразмерных оксидов металлов	231
4.1.1	Влияние параметров ИПС-процесса и традиционного спекания на физико-механические свойства объемных образцов	231

4.1.2 Фазовый состав и микроструктура объемных образцов	236
4.1.3 Влияние режима спекания на микротвердость объемных образцов.....	238
4.1.4 Влияние спекания на прочность при изгибе объемных образцов	240
4.1.5 Искровое плазменное спекание дисперсных образцов оксид алюминия / диоксид циркония	241
4.1.6 Моделирование температурных полей в консолидируемых образцах.....	244
4.2 Влияние обработки нанодисперсного оксида алюминия ВЧ-разрядом на механические свойства композиционных керамических материалов	248
4.3 Наноструктурированные композиционные материалы на основе полисульфидных олигомеров, силиконов и наночастиц оксидов р-, d- элементов	250
4.3.1 Наноструктурированные композиционные материалы на основе полисульфидных олигомеров, модифицированные гидроксидом и оксидом алюминия.....	254
4.3.2 Наноструктурированные композиционные материалы на основе силоксановых резин, модифицированных оксидом цинка	259
Заключение по главе 4.....	262
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	264
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	266
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	267