

Р.А. ЮСУПОВ, О.В. МИХАЙЛОВ

ГЛУБОКИЙ ИОННЫЙ ОБМЕН
В МЕТАЛЛОСУЛЬФИДНЫХ
ИМПЛАНТАТАХ



АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Р.А. ЮСУПОВ, О.В. МИХАЙЛОВ

**ГЛУБОКИЙ ИОННЫЙ ОБМЕН
В МЕТАЛЛОСУЛЬФИДНЫХ
ИМПЛАНТАТАХ**



Казань 2004

УДК 53.03.13

ББК 34.315

Ю 91

Издание осуществлено по решению Экспертного совета АН РТ при финансовой поддержке Фонда НИОКР РТ (грант № 07-7.4-215/2004(Ф))

Рецензенты:

член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор *В.Г. Бамбуров*
доктор химических наук, профессор *В.Ф. Марков*
доктор физико-математических наук, профессор *В.Ю. Петухов*

Юсупов Р.А., Михайлов О.В.

Ю 91 Глубокий ионный обмен в металлосульфидных имплантатах. – Казань: Фэн, 2004. 220 с., илл.

В монографии впервые систематизированы и обобщены результаты исследований ионообменных и сорбционных процессов, протекающих при контакте твердофазных и полимер-иммобилизованных сульфидов *p*- и *d*-элементов с водными растворами различных металлокомплексов. Особое внимание уделено учету влияния на эти процессы физико-механического состояния твердой фазы (мелкодисперсных осадочных форм, тонких поликристаллических пленок и наноразмерных кристаллов), синтезу металлосульфидов в этих состояниях из водных растворов, а также математическому моделированию и количественному описанию т.н. глубокого ионного обмена с учетом влияния лигандов, входящих в состав металлокомплексов.

Монография предназначена для специалистов в области химии твердого тела и технологии производства и использования неорганических соединений, сорбентов, мембран, а также легирования материалов. Она может быть также полезна для преподавателей, аспирантов и студентов химических факультетов университетов и химико-технологических вузов в процессе обучения и научно-исследовательской работе при моделировании сложных равновесных процессов.

Библиография - 386 назв.

© Р.А. Юсупов, О.В. Михайлов

ISBN 5-7544-0241-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ВВЕДЕНИЕ	10
Список условных сокращений	14
Список символов и их назначение	14

ГЛАВА 1. СИНТЕЗ МЕТАЛЛОСУЛЬФИДНЫХ ИМПЛАНТАТОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ..... 16

1.1. Синтез твердофазных микрокристаллических металлосульфидов	16
1.2. Синтез металлосульфидных тонкопленочных систем	28
1.2.1. <i>Синтез тонких поликристаллических пленок сульфида свинца (II).....</i>	<i>29</i>
1.2.2. <i>Тонкие поликристаллические пленки на базе других сульфидов р- и d-элементов</i>	<i>35</i>
1.2.3. <i>Теоретические аспекты комплексообразования в системах ион металла- вода- гидроксид-анион в водных растворах и их использование для синтеза металлосульфидных тонких пленок</i>	<i>41</i>
1.2.4. <i>Области совместного выделения твердых фаз.....</i>	<i>50</i>
1.3. Синтез полимер-иммобилизованных металлосульфидов с наноструктурным уровнем организации	55
1.3.1. <i>Полимерные носители, используемые для иммобилизации металлосульфидов.....</i>	<i>55</i>
1.3.2. <i>Синтез полимер-иммобилизованных сульфидов р- и d-элементов</i>	<i>62</i>

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РАССМОТРЕНИЕ ИОННОГО ОБМЕНА В МЕТАЛЛОСУЛЬФИДАХ ПРИ КОНТАКТЕ ФАЗ ТВЕРДОЕ ТЕЛО/ РАСТВОР 68

2.1. Одностадийная диффузия ионов металлов в твердом теле... 68	68
2.2. Моделирование ионного обмена при контакте фаз водный раствор иона металла - тонкая поликристаллическая металлосульфидная пленка	76

2.2.1. Теоретическое описание кинетики ионного обмена в рамках представлений о многостадийности процесса	76
2.2.2. Расчёт параметров трёхстадийной диффузии ионов металлов в тонких поликристаллических плёнках	80
2.3. Моделирование ионного обмена при контакте фаз водный раствор иона металла - наноструктурированная полимер- иммобилизованная металлосульфидная матрица	92
2.3.1. Специфика ионного обмена в гель-иммобилизованных металлосульфидах.....	92
2.3.2. Расчёт параметров двухстадийной диффузии ионов металлов в желатин- и агар-иммобилизованных металлосульфидных имплантатах	99
2.4. Основы расчета параметров ионного обмена в динамическом режиме при контакте фаз металлосульфид – водный раствор соли металла	108
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ТИПА ИМПЛАНТАЦИИ МЕТАЛЛОСУЛЬФИДОВ НА ХАРАКТЕР СОРБЦИИ И ИОННОГО ОБМЕНА	117
3.1. Сорбция ионов металлов микрокристаллическими металлосульфидами	117
3.2. Сорбция ионов металлов микрокристаллическими металлосульфидами в тонкопленочных имплантатах	128
3.2.1. Сорбция и ионный обмен $M(II) \rightarrow Ag(I)$, $M(II) \rightarrow M'(II)$ в тонких пленках PbS , CuS и FeS	128
3.2.2. Расчет времени сорбции при заданной степени конверсии и толщины тонкой пленки	145
3.2.3. Фазовый состав и фазовые превращения в металлосульфидах и тонкопленочных металлосульфидных имплантатах	147
3.3. Сорбция ионов металлов нанокристаллическими металлосульфидами в полимер-иммобилизованных системах	154
3.3.1. Кинетика и механизм сорбции ионов $Ag(I)$ агар- иммобилизованными металлосульфидами	154
3.3.2. Фазовый состав и фазовые превращения в металлосульфидных полимер-иммобилизованных системах	164
3.3.3. Кинетика сорбции ионов $Ag(I)$ желатин-иммобилизованными металлосульфидами	170

ГЛАВА 4. КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ И ИОННЫЙ ОБМЕН В МЕТАЛЛОСУЛЬФИДНЫХ ИМПЛАНТАТАХ	175
4.1. Влияние комплексообразующих неорганических и органических веществ на процессы сорбции в металлосульфидных имплантатах	175
4.1.1. Кинетика ионного обмена $Ag(I)/Pb(II)$ в тонких пленках PbS при наличии в системе координационных соединений $Ag(I)$ с различными азот- и серусодержащими лигандами	179
4.1.2. Извлечение ионов серебра(I) из водных растворов аминных комплексов $Ag(I)$ тонкими пленками PbS	192
4.2. Использование теории сложных равновесий для интерпретации ионного обмена в присутствии комплексообразующих реагентов	195
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	199
ПРИЛОЖЕНИЕ	202
Список баз данных и программных продуктов для расчетов и моделирования процессов глубокого ионного обмена	202
ЛИТЕРАТУРА	205