

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. А. Косарева

## **ВОДА, ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ: ЭФФЕКТЫ РАЗБАВЛЕНИЯ И «ПАМЯТИ»**

Под общей редакцией доктора химических наук, профессора  
В.Ф. Маркова

Екатеринбург  
2016

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский институт Государственной противопожарной службы  
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. А. Косарева

## ВОДА, ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ: ЭФФЕКТЫ РАЗБАВЛЕНИЯ И «ПАМЯТИ»

МОНОГРАФИЯ

Под общей редакцией доктора химических наук, профессора  
В. Ф. Маркова

Екатеринбург  
2016

УДК 614.841.12(075.8)

ББК 24.54я73

М31

Марков, В. Ф. Вода, водные растворы: эффекты разбавления и «памяти» [Текст] : монография / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. А. Косарева ; под ред. проф. В. Ф. Маркова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2016. – 241 с.

ISBN 978-5-91774-068-3

*Авторы:*

Марков В. Ф., доктор химических наук, профессор.

Маскаева Л. Н., доктор химических наук, профессор.

Косарева М. А., кандидат химических наук, доцент.

*Под общей редакцией* доктора химических наук, профессора В. Ф. Маркова

*Рецензент:*

Бамбуров В. Г., профессор, член-корреспондент РАН, доктор химических наук.

Материал монографии изложен в соответствии с последними результатами исследований структуры, физико-химических свойств воды и водных растворов. Особое внимание уделено оригинальным данным по влиянию на водные растворы разбавления и предистории, связанной с предварительным воздействием различных физических факторов. Монография предназначена для научных работников и специалистов, работающих в области водной химии, а также будет полезна студентам, аспирантам и преподавателям высших учебных заведений.

© ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 2016

© ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», 2016

© В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. А. Косарева, 2016

## Оглавление

Предисловие .....	6
Глава 1. ВОДА, ЕЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, СТРУКТУРА, МОДЕЛИ .....	10
1.1. Изотопный состав воды .....	10
1.2. Фазовые состояния воды .....	16
1.3. Энергетические характеристики молекулы воды .....	21
1.4. Структура молекулы воды .....	22
1.5. Физико-химические свойства воды.....	28
1.5.1. Плотность.....	28
1.5.2. Температура кипения .....	31
1.5.3. Удельная изобарная теплоемкость.....	32
1.5.4. Динамическая и кинематическая вязкость.....	34
1.5.5. Теплопроводность.....	37
1.5.6. Теплота фазовых переходов .....	38
1.5.7. Диэлектрическая проницаемость .....	40
1.5.8. Поверхностное натяжение .....	42
1.5.9. Электропроводность .....	45
1.5.10. Растворимость газов .....	45
1.5.11. Химические свойства .....	46
1.5.12. Другие физико-химические характеристики воды .....	49
1.5.13. Приближенные формулы для определения физических свойств воды.....	51
1.5.14. Аномальные свойства воды .....	52
1.6. Структура воды.....	54
1.6.1. Особенности водородной связи в воде .....	56
1.6.2. Водяной пар .....	61
1.6.3. Структура льда .....	62
1.7. Модели жидкой воды.....	70
1.7.1. Теории и особенности жидкого состояния .....	70
1.7.2. Структура жидкой воды .....	80

1.7.5. Клатратная модель структуры воды .....	108
Глава 2. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ .....	111
2.1. Развитие представлений о строении водных растворов .....	111
2.1.1. Ранние представления о структуре водных растворов	112
2.1.2. Открытие коллигативных свойств растворов .....	114
2.1.3. Теория электролитической диссоциации Аррениуса ..	117
2.1.4. Учение о строении растворов Д.И. Менделеева.....	118
2.1.5. Процесс сольватации .....	121
2.1.6. Теории растворов Бренстеда и Лоури, Льюиса, Усановича.....	123
2.1.7. Гидролиз.....	126
2.1.8. Ионное произведение воды .....	127
2.2. Современные модели строения водных растворов .....	128
2.2.1. Влияние растворенного вещества на структуру воды.	128
2.2.2. Структура разбавленных растворов.....	132
2.2.3. Строение водных растворов средних концентраций ...	137
2.2.4. Строение концентрированных водных растворов .....	140
2.2.5. Клатратный подход к строению водных растворов.....	147
Глава 3. ВЫСОКОРАЗБАВЛЕННЫЕ ВОДНЫЕ РАСТВОРЫ .....	160
3.1. Эффекты разбавления в водных растворах .....	160
3.2. Наноразмерные молекулярные ансамбли как ключ к проблеме высоко разбавленных водных растворов.....	173
Глава 4. ПРОБЛЕМА “ПАМЯТИ” ВОДНЫХ РАСТВОРОВ .....	191
4.1. Понятие “памяти” водных растворов.....	191
4.2. “Память” водного раствора как следствие его предыстории.....	192
4.3. Влияние температурной предыстории компонентов реакционной смеси на кинетику химического осаждения сульфида свинца.....	197
4.4. Структура, морфология и свойства пленок PbS, осажденных из реакционной смеси с различной температурной предысторией водных растворов соли свинца и тиомочевины .....	208

4.5. Влияние температурной предыстории соли свинца на кинетику осаждения PbS из цитратно-аммиачной системы и состав твердого раствора $Cd_xPb_{1-x}S$ .....	213
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	218
ЛИТЕРАТУРА .....	221