

Н.И. Мовчан, Р.Г. Романова,  
Т.С. Горбунова, И.И. Евгеньева

# ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Учебное пособие

2012

Министерство образования и науки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

**Н.И. Мовчан, Р.Г.Романова, Т.С. Горбунова, И.И. Евгеньева**

# **ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

**Учебное пособие**

Казань  
КНИТУ  
2012

УДК 543  
ББК 24.4 А64

Мовчан Н.И. Основы аналитической химии. Химические методы анализа: учебное пособие / Н.И. Мовчан, Р.Г. Романова, Т.С. Горбунова, И.И. Евгеньева; М-во образ и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: КНИТУ, 2012. – 195 с.

ISBN 978-5-7882-1216-6

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями ГОС ВПО и Рабочими программами КНИТУ по дисциплинам «Аналитическая химия и ФХМА», «Аналитическая химия» и «Физико-химический анализ».

Учебное пособие имеет производственную направленность и содержит разделы, посвященные аналитическому контролю производства, организации работы аналитической службы на предприятиях, особенностям анализа профильных групп объектов. Вместе с тем значительное место в нем уделено ознакомлению с фундаментальными основами науки, описанию принципов, обуславливающих разнообразные методы анализа. При изложении основ анализа применен процессный подход, который позволил представить анализ как аналитический процесс, т.е. процесс получения аналитической информации, выделить в нем основные подпроцессы (стадии) и установить связь между ними. Учебное пособие отвечает современному содержанию аналитической химии как науки и практики работы аналитических служб.

Предназначено для студентов и аспирантов технологических специальностей, изучающих вышеозначенные дисциплины.

Подготовлено на кафедре аналитической химии, сертификации и менеджмента качества.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского национального исследовательского технологического университета.

Рецензенты: Зав кафедрой химии и экологии КНИТУ (КАИ),  
д-р хим. наук, проф. *А.Н. Глебов*

Проф. кафедры аналитической химии КФУ,  
д-р хим. наук *Э.П. Медянцева*

@ Мовчан Н.И., Романова Р.Г.,  
Горбунова Т.С., Евгеньева И.И., 2012.

@ Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2012.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ КАК НАУЧНАЯ БАЗА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	7
1.1 Значение и роль аналитической химии .....	7
1.2 Аналитическая служба, ее цели и особенности .....	9
1.3 Структура и границы деятельности аналитической службы .....	11
1.4 Организация деятельности аналитической службы .....	13
1.5 Управление качеством аналитической службы .....	15
1.6 Аналитический контроль технологических процессов .....	17
1.6.1 Система аналитического контроля .....	18
1.6.2 Измерения в промышленном контроле .....	20
1.6.3 Методы и средства промышленного контроля .....	21
1.7 Аналитический процесс и его стадии .....	23
1.7.1 Отбор пробы .....	25
1.7.2 Подготовка пробы .....	27
1.7.3 Измерение аналитического сигнала .....	32
1.7.4 Обработка аналитического сигнала .....	33
Получение значения определяемой величины .....	33
Статистическая обработка результатов анализа .....	38
1.8 Классификация методов аналитической химии .....	39
<i>Вопросы для самоконтроля к главе 1 .....</i>	<i>45</i>
2 КАЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	47
2.1 Основные понятия .....	47
2.2 Качественный химический анализ неорганических солей .....	51
2.3 Алгоритм анализа неорганической соли .....	58
<i>Вопросы для самоконтроля к главе 2 .....</i>	<i>59</i>
3 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	63
3.1 Введение в количественный химический анализ .....	63
	Стр.
3.1.1 Основные термины и определения .....	63
3.1.2 Способы выражения концентраций .....	66

<i>Вопросы для самопроверки к разделу 3.1.</i>	71
3.2 Методы количественного химического анализа.	74
3.2.1 Гравиметрический метод анализа.	74
3.2.2 Равновесия в гетерогенных системах.	77
Константа растворимости.	77
Растворимость, ее связь с константой растворимости.	80
Сравнение способности малорастворимых соединений к растворению по величине $K_s$ .	81
Влияние одноименного иона на растворимость осадка.	82
Условия выпадения осадка.	85
<i>Вопросы для самопроверки к разделу 3.2.</i>	86
3.3 Титриметрические методы анализа.	88
3.3.1 Сущность титриметрического метода анализа.	88
Способы определения точки эквивалентности	90
Способы приготовления титрантов.	96
Основные расчетные формулы титриметрии.	97
Способы титрования.	99
<i>Вопросы для самопроверки к § 3.3.1.</i>	102
3.3.2 Теоретические основы титриметрии с использованием кислотно-основных реакций.	103
3.3.2.1 Равновесия в кислотно-основных реакциях.	103
Современные представления о кислотах и основаниях	103
Сила кислот и оснований.	106
Вычисление $pH$ растворов сильных кислот и оснований	108
Вычисление $pH$ растворов слабых кислот и оснований	109
Вычисление $pH$ буферных растворов.	110
3.3.2.2 Кислотно-основное титрование (протолитометрия)	113
Титрование сильных кислот растворами сильных оснований.	114
Титрование слабых кислот растворами сильных оснований.	118
Титрование многопротонных кислот.	122
<i>Вопросы для самопроверки к § 3.3.2.</i>	125
	Стр.
3.3.3 Теоретические основы титриметрии с использованием окислительно-восстановительных реакций.	129
3.3.3.1 Равновесия в окислительно-восстановительных реакциях.	129
Стандартный окислительно-восстановительный	

потенциал. . . . .	129
Уравнение Нернста. . . . .	131
Направление протекания окислительно-восстановительных реакций. . . . .	133
Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом ионно-электронного баланса . . . . .	136
3.3.3.2 Окислительно-восстановительное титрование . . . . .	140
Построение кривых титрования на примере метода перманганатометрии. . . . .	140
Способы определения точки эквивалентности в редоксиметрии. . . . .	145
<i>Вопросы для самопроверки к § 3.3.3.</i> . . . .	147
3.3.4 Теоретические основы титриметрии с использованием реакций комплексообразования. . . . .	150
3.3.4.1 Комплексные соединения. Основные термины и определения. . . . .	150
Аналитические свойства комплексонов. . . . .	152
3.3.4.2 Комплексонометрическое титрование. . . . .	155
Расчет кривых комплексонометрического титрования .	156
Оценка возможности титрования ионов металлов при заданных значениях <i>pH</i> . . . . .	160
Индикаторы в комплексонометрии (металлохромные индикаторы) . . . . .	161
3.3.4.3 Применение комплексонометрии. . . . .	164
3.3.4.4 Жесткость воды. . . . .	166
Определение общей жесткости воды. . . . .	167
<i>Вопросы для самопроверки к § 3.3.4.</i> . . . .	167
Глоссарий аналитических терминов и определений . . . . .	169
Список использованной литературы. . . . .	181
Приложение. . . . .	182