

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова»

**Л.Ф. Попова, Ю.А. Бахматова**

# **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**

*Учебное пособие*

Архангельск  
САФУ  
2019

УДК 543.2  
ББК 24.46  
П58

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом  
Северного (Арктического) федерального университета  
имени М.В. Ломоносова*

*Рецензенты:*

*Т.А. Корельская*, кандидат химических наук, доцент кафедры общей  
и биорганической химии Северного государственного медицинского университета;  
*В.П. Евдокимова*, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической  
экологии ВШЕНиТ САФУ

**Попова, Л.Ф.**

П58 Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс]:  
учебное пособие / Л.Ф. Попова, Ю.А. Бахматова; Сев. (Арктич.) федер. ун-т  
им. М.В. Ломоносова. – Электронные текстовые данные. – Архангельск: САФУ,  
2019. – 153 с.

ISBN 978-5-261-01426-3

Представлены конкретные методики проведения аналитических исследова-  
ний по изучению качественного и количественного состава неорганических со-  
единений. Предложенные вопросы для самоконтроля и расчетные задачи поз-  
воляют закрепить и расширить знания студентов.

Предназначено для студентов 2-го курса отделений бакалавриата: химиче-  
ская технология переработки древесины, промышленная биотехнология, инже-  
нерное дело в медико-биологической практике.

УДК 543.2  
ББК 24.46

Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ  
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56

ISBN 978-5-261-01426-3

© Попова Л.Ф., Бахматова Ю.А., 2019  
© Северный (Арктический)  
федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
РАЗДЕЛ 1. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ .....	5
ГЛАВА 1. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КАТИОНОВ .....	6
§ 1. Лабораторное оборудование .....	6
§ 2. Первая аналитическая группа катионов $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ .....	7
§ 3. Вторая аналитическая группа катионов $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Hg}_2^{2+}$ .....	14
§ 4. Третья аналитическая группа катионов $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ .....	21
§ 5. Четвертая аналитическая группа катионов $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$ , $\text{Sn}$ (II, IV) .....	28
§ 6. Пятая аналитическая группа катионов $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Sb}^{+3}$ .....	38
§ 7. Шестая аналитическая группа катионов $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ .....	48
ГЛАВА 2. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АНИОНОВ .....	56
§ 8. Первая аналитическая группа анионов $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , $\text{SiO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ( $\text{BO}_2^-$ ) .....	56
§ 9. Вторая аналитическая группа анионов $\text{S}^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{SCN}^-$ .....	63
§ 10. Третья аналитическая группа анионов $\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .....	67
§ 11. Анализ сухой соли .....	73
РАЗДЕЛ 2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ .....	76
ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	77
§ 1. Лабораторное оборудование .....	77
§ 2. Основные понятия гравиметрического анализа .....	78
§ 3. Расчеты в гравиметрическом анализе .....	78
§ 4. Методы отгонки .....	79
ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ТИТРИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	82
§ 5. Лабораторное оборудование .....	82
§ 6. Основные понятия титриметрического анализа .....	83
§ 7. Расчеты в титриметрическом анализе .....	84
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ .....	90
§ 8. Методы нейтрализации (кисотно-основное титрование) .....	90
§ 9. Метод комплексонометрии (комплексонометрическое титрование) .....	95
§ 10. Методы осаждения (осадительное титрование) .....	98
§ 11. Методы окислительно-восстановительного титрования .....	105
ГЛАВА 4. РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ И ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ .....	117
§ 12. Значение цифры и правила округления .....	117
§ 13. Кисотно-основное равновесие .....	122
§ 14. Расчетные задачи в титриметрическом анализе .....	146
§ 15. Кривые кислотно-основного титрования .....	148
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	153

## ВВЕДЕНИЕ

*Аналитическая химия – это раздел химической науки, разрабатывающий на основе фундаментальных законов химии и физики принципиальные методы и приемы качественного и количественного анализа атомного, молекулярного и фазового состава вещества.*

Методы аналитической химии позволяют отвечать на вопросы о том, из чего состоит вещество, какие компоненты входят в его состав. Современная аналитическая химия включает в себя два основных раздела: *качественный анализ* – обнаружение элементов, ионов, функциональных групп, индивидуальных соединений в анализируемом объекте; *количественный анализ* – определение количественного содержания отдельных составных частей в исследуемом веществе.

Аналитическая химия относится к прикладным наукам, однако практическое значение ее весьма огромно и разнообразно. Значение аналитической химии определяется как уровнем развития общества, общественной потребностью в результатах анализа, так и уровнем развития самой аналитической химии. Любой аналитик должен хорошо знать теоретические основы химии и в совершенстве владеть умениями и навыками проведения качественного и количественного анализа как неорганических, так и органических соединений. Поэтому задачей курса аналитической химии является закрепление и углубление знаний по общей и неорганической химии, выработка умений и навыков в обращении с химической посудой, реактивами, приборами.

При проведении большинства аналитических исследований сначала определяют качественный, а затем количественный состав анализируемого объекта. При этом широко используются различные *методы определения*. По характеру измеряемого свойства или по способу регистрации соответствующего сигнала методы определения делятся на физические, физико-химические, химические и биологические.

*Химические методы* анализа базируются на химических реакциях, которые называются *аналитическими*. Они сопровождаются *аналитическим сигналом, или эффектом*, зависящим от природы вещества и его содержания в анализируемой пробе. Химические вещества, применяемые для проведения аналитических реакций, называются *реакентами*.

Данное учебное пособие включает в себя два больших раздела: «*Качественный анализ*» и «*Количественный анализ*». Содержит сведения об основных химических методах качественного и количественного анализа. В пособии даны конкретные методики проведения аналитических исследований по определению качественного и количественного состава чистых химических соединений, искусственных смесей и природных объектов; примеры решения расчетных задач, вопросы и задания для самоконтроля.