

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

**Н.А. Онохина, С.В. Манахова**

# **ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Учебное пособие*

Архангельск  
САФУ  
2014

УДК 543.7.061(07)  
ББК 24.4я7  
О-59

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

Рецензенты:

*О.С. Бровко*, старший научный сотрудник Института экологических  
проблем Севера УрО РАН, кандидат химических наук, доцент;  
*Э.В. Швакова*, кандидат педагогических наук, доцент

**Онохина, С.В.**

О-59 Введение в химический анализ неорганических соединений:  
учебное пособие / Н.А. Онохина, С.В. Манахова; Сев. (Арктич.)  
федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИД САФУ,  
2014. – 118 с. : ил.  
ISBN 978-5-261-01008-1

Рассмотрены теоретические основы качественного и количественного анализа неорганических веществ. Приведены методики химической идентификации и количественного анализа неорганических веществ, примеры расчетных заданий на приготовление растворов с заданными концентрациями.

Предназначено для студентов I курса направлений подготовки 29.03.04 «Технология художественной обработки материалов», 35.03.01 «Стандартизация и метрология», 27.03.01 «Управление качеством», 27.03.02 «Лесное дело» дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Химия».

УДК 543.7.061(07)  
ББК 24.4я7

ISBN 978-5-261-01008-1

© Онохина Н.А., Манахова С.В., 2014

© Северный (Арктический) федеральный  
университет им. М.В. Ломоносова, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Химический анализ служит средством контроля производства и качества продукции в различных отраслях народного хозяйства. Без данных химического анализа о содержании в сырье или конечном продукте основных компонентов и примесей невозможно грамотное проведение технологического процесса в целлюлозно-бумажной, химической, металлургической, фармацевтической промышленности. На результатах химического анализа в значительной степени базируется разведка полезных ископаемых. Химический анализ – главное средство контроля загрязненности окружающей среды. Определение химического состава почв, удобрений, кормов и сельскохозяйственной продукции необходимо для нормального функционирования агропромышленного комплекса. Химический анализ незаменим в медицинской диагностике, биотехнологии. От уровня химического анализа, оснащенности лабораторий методами, приборами и реактивами зависит развитие многих наук.

Научной основой химического анализа служит аналитическая химия.

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

Под анализом вещества подразумевают получение опытным путем данных о химическом составе вещества любыми методами – физическими, химическими, физико-химическими.

Следует различать метод и методику анализа. Метод анализа вещества – это краткое определение принципов, положенных в основу анализа вещества. Методика анализа – подробное описание всех условий и операций, которые обеспечивают регламентированные характеристики, в том числе правильность и воспроизводимость результатов анализа.

Современная аналитическая химия включает три раздела: качественный химический анализ, количественный химический анализ и инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа.

Качественный химический анализ – это определение или открытие химических элементов, ионов, атомов, атомных групп, молекул в анализируемом веществе.

Количественный химический анализ – это определение количественного состава, т.е. установление количества химических элементов, ионов, атомов, атомных групп, молекул в анализируемом веществе. Качественный анализ всегда предшествует количественному.

Инструментальные методы анализа – методы, основанные на использовании зависимостей между измеряемыми физическими свойствами веществ и их качественным и количественным составом.

По сложности проведения различают элементный, функциональный, молекулярный и фазовый анализ веществ.

Элементный анализ – это качественный и количественный химический анализ, в результате которого определяют, какие химические элементы и в каких количественных соотношениях входят в состав анализируемого вещества.

Функциональный анализ – открытие и определение различных функциональных групп, например: аминогруппы  $-\text{NH}_2$ , нитрогруппы  $-\text{NO}_2$ , карбонильной  $>\text{C}=\text{O}$ , карбоксильной  $-\text{COOH}$ , гидроксильной  $-\text{OH}$ , нитрильной  $-\text{CN}$  групп и др.

Молекулярный анализ – открытие молекул и определение молекулярного состава анализируемого вещества, т.е. выяснение того, какие молекулы и в каких количественных соотношениях представлены в данном анализируемом объекте.

Фазовый анализ – открытие и определение различных фаз (твердых, жидких, газообразных), входящих в данную анализируемую систему.

По количеству анализируемой пробы различают макро-, полумикро-, микро-, субмикро- и ультрамикроанализ. В таблице приведены диапазоны массы и объема растворов пробы, рекомендуемые отделением аналитической химии Международного союза чистой и прикладной химии (ИЮПАК).

Характеристика анализа по величине пробы

| Вид анализа       | Масса навески, г           | Объем, мл                  |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| Макроанализ       | От 1 до 10                 | От 10 до 100               |
| Полумикроанализ   | От 0,05 до 0,5             | От 1 до 10                 |
| Микроанализ       | От $10^{-3}$ до $10^{-6}$  | От $10^{-1}$ до $10^{-4}$  |
| Ультрамикроанализ | От $10^{-6}$ до $10^{-9}$  | От $10^{-4}$ до $10^{-6}$  |
| Субмикроанализ    | От $10^{-9}$ до $10^{-12}$ | От $10^{-7}$ до $10^{-10}$ |

При макро- и полумикроанализе используют обычную химическую посуду, система работы в обоих методах идентична, однако преимуществом полумикроанализа является значительно меньший расход реактивов. Микро-, ультрамикро- и субмикроанализ требует использования высокочувствительных реакций, специальных методов и аппаратуры.

На практике в обычных химических лабораториях чаще всего применяют полумикроанализ.

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| Введение .....  | 3  |
| 1. Теоретические основы химического анализа .....   | 6  |
| 1.1. Закон действующих масс. Химическое равновесие .....  | 6  |
| 1.2. Взаимодействие в водных растворах электролитов .....   | 8  |
| 1.3. Расчет концентраций ионов водорода и pH в водных растворах<br>кислот и оснований .....               | 12 |
| 1.3.1. Вычисление pH в растворах сильных электролитов .....   | 12 |
| 1.3.2. Вычисление pH в растворах одноосновных слабых<br>кислот и однокислотных слабых оснований .....     | 13 |
| 1.4. Гидролиз солей .....   | 17 |
| 1.4.1. Гидролиз солей, образованных слабой кислотой<br>и сильным основанием .....                         | 17 |
| 1.4.2. Гидролиз солей, образованных слабым основанием<br>и сильной кислотой .....                         | 19 |
| 1.4.3. Гидролиз солей, образованных слабым основанием<br>и слабой кислотой .....                          | 21 |
| 1.4.4. Гидролиз солей, образованных сильным основанием<br>и сильной кислотой .....                        | 22 |
| 1.5. Буферные растворы .....  | 23 |
| 1.6. Произведение растворимости. Условия образования осадков .....  | 26 |
| 2. Основы качественного химического анализа .....   | 30 |
| 2.1. Аналитические признаки веществ и аналитические реакции .....   | 31 |
| 2.2. Типы аналитических реакций и реагентов .....   | 33 |
| 2.3. Характеристика чувствительности аналитических реакций .....  | 34 |
| 2.4. Подготовка образца к анализу .....   | 36 |
| 2.5. Аналитические классификации катионов и анионов .....   | 38 |
| Лабораторная работа № 1. Изучение качественных реакций<br>на катионы I и II аналитических групп .....     | 39 |
| Лабораторная работа № 2. Изучение качественных реакций<br>на катионы III аналитической группы .....       | 43 |
| Лабораторная работа № 3. Анализ растворов на присутствие<br>катионов I, II, III аналитических групп ..... | 48 |
| Лабораторная работа № 4. Изучение качественных реакций<br>на анионы .....                                 | 50 |
| Лабораторная работа № 5. Анализ растворов на присутствие<br>анионов I, II, III аналитических групп .....  | 54 |
| 3. Приготовление растворов .....  | 56 |
| 3.1. Способы выражения концентрации растворов .....   | 56 |
| 3.2. Приготовление растворов с заданными концентрациями .....   | 61 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.1. Приготовление растворов с заданной массовой долей из кристаллического вещества.....   | 61  |
| 3.2.2. Приготовление растворов с заданными молярной концентрацией и молярной концентрацией эквивалента из кристаллического вещества..... | 63  |
| 3.2.3. Приготовление растворов заданной концентрации из более концентрированных растворов .....  | 65  |
| Лабораторная работа № 6. Приготовление растворов заданной концентрации .....   | 66  |
| 3.3. Взвешивание на аналитических весах .....  | 70  |
| Лабораторная работа № 7. Взвешивание на аналитических весах .....  | 71  |
| 4. Основы количественного химического анализа.....   | 74  |
| 4.1. Гравиметрический анализ.....  | 74  |
| 4.2. Титриметрический анализ .....   | 77  |
| 4.2.1. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации)....  | 80  |
| Лабораторная работа № 8. Определение содержания карбонат-ионов в растворе.....   | 86  |
| Лабораторная работа № 9. Определение гидроксида и карбоната натрия при совместном присутствии в растворе.....                            | 91  |
| 4.2.2. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия).....   | 97  |
| Лабораторная работа № 10. Определение содержания хрома в растворе дихромата калия перманганатометрическим методом.....                   | 106 |
| Приложения.....  | 112 |
| Библиографический список.....  | 116 |