

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	9
РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (АНАЛИТИКИ).....	11
Глава 1. Введение. Аналитическая химия (аналитика) и химический анализ.....	13
1.1. Аналитическая химия (аналитика), её значение и задачи, связь с другими науками	13
1.2. Краткая история развития аналитической химии (аналитики).....	14
1.3. Методы химического анализа	21
1.4. Требования, предъявляемые к анализу веществ	25
1.5. Контрольные вопросы	32
Глава 2. Растворы. Химическое равновесие. Закон действующих масс.....	34
2.1. Способы выражения состава раствора.....	34
2.2. Химическое равновесие. Закон действующих масс	36
2.2.1. Химическое равновесие	36
2.2.2. Константа химического равновесия	39
2.3. Контрольные вопросы	43
2.4. Задачи к главе 2	43
Глава 3. Растворы электролитов. Кислотно-основные равновесия	45
3.1. Сильные и слабые электролиты	45
3.2. Характеристика рН (водородного показателя) водных растворов электролитов	47
3.3. Протолитические равновесия	48
3.3.1. Протолитические равновесия	48
3.3.2. Протолитические равновесия в воде	50
3.3.3. Равновесия в растворах кислот и оснований	51
3.3.4. Гидролиз. Константа и степень гидролиза.....	53
3.3.5. Буферные системы (растворы)	57
3.4. Контрольные вопросы	63
3.5. Задачи к главе 3	64
Глава 4. Гетерогенные равновесия в системе осадок — насыщенный раствор малорастворимого электролита.....	66
4.1. Гетерогенные равновесия в аналитической химии (в аналитике) ...	66
4.2. Способы выражения растворимости малорастворимых сильных электролитов.....	67
4.3. Произведение растворимости малорастворимых сильных электролитов	68
4.4. Условие образования осадков малорастворимых сильных электролитов.....	70
4.4.1. Условие образования осадков.....	70

4.4.2. Дробное осаждение и дробное растворение осадков.....	71
4.4.3. Перевод одних малорастворимых электролитов в другие	73
4.5. Влияние добавок посторонних электролитов на растворимость малорастворимых сильных электролитов	74
4.5.1. Влияние добавок электролита с одноимённым ионом.....	74
4.5.2. Влияние добавок постороннего (индифферентного) электролита	75
4.6. Влияние различных факторов на полноту осаждения осадков и их растворение	76
4.7. Контрольные вопросы	77
4.8. Задачи к главе 4	78
Глава 5. Окислительно-восстановительные реакции в аналитической химии.....	79
5.1. Окислительно-восстановительные системы	79
5.2. Использование окислительно-восстановительных реакций в химическом анализе	81
5.3. Контрольные вопросы	85
Глава 6. Комплексные (координационные) соединения в аналитической химии	86
6.1. Общая характеристика комплексных (координационных) соединений металлов	87
6.2. Равновесия в растворах комплексных соединений	92
6.3. Применение комплексных соединений в химическом анализе	93
6.4. Контрольные вопросы	93
6.5. Задачи к главе 6	94
РАЗДЕЛ II. КАЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	95
Глава 7. Введение в качественный химический анализ	97
7.1. Характеристика чувствительности аналитических реакций	97
7.2. Основные правила работы в химической лаборатории	100
7.3. Материальное обеспечение химико-аналитической лаборатории при работе полумикрометодом (минимальные требования).....	101
7.4. Техника выполнения основных операций	101
7.5. Аналитическая классификация катионов по группам	103
7.6. Контрольные вопросы	105
7.7. Задачи к главе 7	105
Глава 8. Катионы первой аналитической группы по кислотно-основной классификации	106
8.1. Аналитические реакции катионов первой аналитической группы по кислотно-основной классификации: Li^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ ..	106
8.2. Анализ смеси катионов первой аналитической группы: Na^+ , K^+ , NH_4^+	112
8.3. Контрольные вопросы	113

Глава 9. Катионы второй аналитической группы по кислотно-основной классификации	115
9.1. Аналитические реакции катионов второй аналитической группы по кислотно-основной классификации: Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}	115
9.2. Анализ смеси катионов второй аналитической группы по кислотно-основной классификации	123
9.3. Контрольные вопросы	124
Глава 10. Катионы третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации	126
10.1. Аналитические реакции катионов третьей аналитической группы по кислотно-основной классификации: Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	126
10.2. Анализ смеси катионов третьей аналитической группы: Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+}	130
10.3. Контрольные вопросы	132
Глава 11. Катионы четвёртой аналитической группы по кислотно-основной классификации	133
11.1. Аналитические реакции катионов четвёртой аналитической группы по кислотно-основной классификации: Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , As^{3+} , As^{5+} , Cr^{3+}	133
11.2. Анализ смеси катионов четвёртой аналитической группы: Zn^{2+} , Al^{3+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , As^{3+} , As^{5+} , Cr^{3+}	138
11.3. Контрольные вопросы	138
Глава 12. Катионы пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации	139
12.1. Аналитические реакции катионов пятой аналитической группы по кислотно-основной классификации: Mg^{2+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Bi^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}	139
12.2. Анализ смеси катионов пятой аналитической группы: Mg^{2+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Bi^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}	146
12.3. Контрольные вопросы	147
Глава 13. Катионы шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации	149
13.1. Аналитические реакции катионов шестой аналитической группы по кислотно-основной классификации: Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}	149
13.2. Анализ смеси катионов шестой аналитической группы: Cu^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+}	154
13.3. Контрольные вопросы	155
Глава 14. Качественный анализ анионов. Анионы первой аналитической группы	156
14.1. Аналитическая классификация анионов по группам	156
14.2. Аналитические реакции анионов первой аналитической группы по классификации, основанной на образовании малорастворимых солей бария и серебра	158

14.3. Контрольные вопросы	168
Глава 15. Анионы второй и третьей аналитических групп	169
15.1. Аналитические реакции анионов второй аналитической группы: Cl^- , Br^- , I^- , BrO_3^- , CN^- , SCN^- , S^{2-}	169
15.2. Аналитические реакции анионов третьей аналитической группы: NO_2^- , NO_3^- , CH_3COO^-	174
15.3. Контрольные вопросы	179
Глава 16. Качественный химический анализ вещества	180
16.1. Упрощённый вариант анализа (анализ соли)	181
16.2. Контрольные вопросы	183
РАЗДЕЛ III. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	185
Глава 17. Количественный анализ	187
17.1. Классификация методов количественного анализа	187
17.2. Требования, предъявляемые к реакциям в количественном анализе	188
17.3. Ошибки (погрешности) количественного анализа	188
17.4. Контрольные вопросы	192
Глава 18. Гравиметрический анализ (гравиметрия)	193
18.1. Общее понятие о гравиметрическом анализе	193
18.2. Классификация методов гравиметрического анализа	194
18.3. Метод осаждения	196
18.4. Применение гравиметрического анализа	202
18.5. Примеры гравиметрических определений	203
18.5.1. Методика определения массовой доли кристаллизационной воды в кристаллогидрате бария хлорида	203
18.5.2. Методика определения массовой доли железа(III) в растворимых солях железа(III)	204
18.6. Контрольные вопросы	207
18.7. Задачи к главе 18	207
Глава 19. Химические титриметрические методы анализа	209
19.1. Титриметрический (объёмный) анализ. Основные понятия	209
19.2. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе	210
19.3. Реактивы, применяемые в титриметрическом анализе	211
19.4. Типовые расчёты в титриметрическом анализе	212
19.5. Классификация методов титриметрического анализа	214
19.6. Виды титрования, применяемые в титриметрическом анализе	215
19.7. Методы установления конечной точки титрования	218
19.8. Контрольные вопросы	218
Глава 20. Кислотно-основное титрование	220
20.1. Сущность метода	220
20.2. Индикаторы метода кислотно-основного титрования	223

20.3. Кривые кислотно-основного титрования.....	225
20.4. Применение методов кислотно-основного титрования	226
20.5. Примеры определений.....	226
20.5.1. Приготовление раствора хлороводородной кислоты (титранта) и его стандартизация	226
20.5.2. Определение массы щёлочи в анализируемом растворе	230
20.5.3. Определение массы карбоната натрия в анализируемом растворе	231
20.6. Контрольные вопросы	232
20.7. Задачи к главе 20	233
Глава 21. Окислительно-восстановительное титрование.....	234
21.1. Сущность метода	234
21.2. Перманганатометрическое титрование.....	235
21.2.1. Сущность метода	235
21.2.2. Титрант метода	237
21.2.3. Применение перманганатометрии	238
21.2.4. Общая оценка перманганатометрического титрования	238
21.2.5. Приготовление и стандартизация раствора перманганата калия по оксалату натрия.....	239
21.2.6. Определение массы пероксида водорода в растворе	241
21.2.7. Определение массы железа(II) в растворе соли железа(II)	241
21.3. Иодиметрия, иодометрия	242
21.3.1. Иодиметрия.....	243
21.3.2. Иодометрия.....	245
21.4. Нитритометрия.....	249
21.5. Броматометрия.....	252
21.6. Бромометрия	253
21.7. Контрольные вопросы	255
21.8. Задачи к главе 21	256
Глава 22. Осадительное титрование	259
22.1. Сущность метода.....	259
22.2. Классификация методов осадительного титрования	260
22.3. Индикаторы метода осадительного титрования.....	260
22.4. Аргентометрия.....	261
22.5. Тиоцианатометрия	264
22.6. Определение массы иодид-ионов в растворе по методу Фаянса—Фишера—Ходакова	265
22.7. Определение массы бромид-ионов по методу Фольгарда	266
22.8. Контрольные вопросы	267
22.9. Задачи к главе 22	267
Глава 23. Комплексиметрическое титрование.....	269
23.1. Сущность метода.....	269

23.2. Комплексонометрия	270
23.3. Определение катионов кальция Ca^{2+} методом комплексонометрии	273
23.4. Комплексонометрическое определение массы цинка в анализируемом растворе.....	274
23.5. Контрольные вопросы	275
23.6. Задачи к главе 23	276
Глава 24. Инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа	278
24.1. Общая характеристика инструментальных (физических и физико-химических) методов анализа	278
24.2. Краткий обзор оптических методов анализа	279
24.2.1. Классификация оптических методов анализа.....	279
24.2.2. Основной закон светопоглощения (основной закон фотометрии)	281
24.2.3. Методы абсорбционного анализа (фотометрии)	283
24.2.4. Применение некоторых других оптических методов в количественном анализе.....	287
24.3. Краткий обзор хроматографических методов анализа.....	294
24.3.1. Тонкослойная хроматография	295
24.3.2. Хроматография на бумаге (бумажная хроматография).....	296
24.3.3. Газожидкостная хроматография	296
24.3.4. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).....	298
24.4. Краткий обзор электрохимических методов анализа	299
24.4.1. Классификация электрохимических методов анализа	299
24.4.2. Понятие о потенциометрическом анализе (потенциометрии)	300
24.4.3. Понятие о кондуктометрических методах анализа (кондуктометрии).....	301
24.4.4. Понятие о полярографическом анализе	302
24.4.5. Понятие о кулонометрическом анализе (кулонометрии) ..	303
24.4.6. Понятие об электрофорезе	304
24.5. Контрольные вопросы	305
Список литературы	307

Значение аналитической химии (аналитики) невозможно переоценить. Она используется при анализе разнообразных объектов во всех сферах материальной деятельности человека. Без широкого применения методов аналитической химии (аналитики) невозможен научно-технический прогресс.

Основные задачи аналитической химии (аналитики) состоят в получении экспериментальными методами достоверной информации о качественном, количественном, фазовом составе анализируемых веществ неорганического, органического, природного происхождения, в частности, при контроле качества фармацевтических препаратов, лекарственных субстанций, лекарственных форм, других лечебных и диагностических средств на всех стадиях технологического процесса, при их изготовлении, очистке, транспортировке, хранении, применении.

Аналитическая химия тесно связана с другими науками. Освоение аналитической химии предполагает наличие базовых знаний по общей и неорганической химии, физике, математике в том объёме, который диктуется конкретными задачами и проблемами. В свою очередь, аналитическая химия необходима для освоения таких дисциплин, как физическая и коллоидная химия, биохимия, фармацевтическая химия, включая токсикологическую химию, фармакогнозия, фармацевтическая технология (технология лекарств), биоинженерия, организация фармацевтического дела и т.д.

1.2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (АНАЛИТИКИ)

История развития аналитической химии (аналитики) переплетается с историей развития химии в целом. Различные практические способы определения состава природных объектов, материалов, пищевых продуктов и содержащихся в них примесей были известны ещё в глубокой древности; они накапливались, осмысливались и обобщались столетиями и тысячелетиями. Систематическое *научное* обоснование аналитических приёмов и методов стало разрабатываться со второй половины XVII в. К началу XIX в. были открыты многие реакции, лежащие в основе качественного химического анализа. К середине XIX в. разработаны основы количественного анализа. Со второй половины XIX в. начали складываться инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа, бурное развитие которых наблюдалось в течение всего двадцатого столетия и продолжается в XXI в. Теоретические основы аналитической химии развивались по мере того, как создавался теоретический фундамент физики, общей и неорганической, органической, координационной, физической химии.

Термин «химический анализ» был введён англичанином Р. Бойлем (1627–1691) в 1654 г., хотя приёмы химического анализа использова-

лись на практике уже многие столетия. По-видимому, лишь в результате работ шведского учёного Т.У. Бергмана (1735–1784), который, разрабатывая методы анализа, привёл в определённую систему как накопленные до него сведения, так и результаты собственных аналитических исследований, химический анализ превращается в науку — аналитическую химию.

Первые работы обобщающего характера (руководства, книги), специально посвящённые аналитической химии, появились значительно позже. В 1790 г. опубликована первая книга по аналитической химии «Полная химическая пробирная палата», написанная немецким химиком И.Ф.А. Гёттлингом (1753–1809). Несколько позже в России появились работы В.М. Севергина (1765–1826): в 1796 г. — «Руководство к испытанию минеральных вод», в 1800 г. — «Способы испытывать чистоту и неподложность химических произведений лекарственных», в 1801 г. — «Пробирное искусство или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел». В 1801 г. издан труд немецкого исследователя В.А. Лампадиуса «Руководство по химическому анализу минеральных веществ». В 1821 г. в Германии опубликовано полное по тем временам руководство по аналитической химии — книга К. Пфаффа (1773–1852) «Руководство по аналитической химии для химиков, государственных врачей, аптекарей, сельских хозяев и рудознатцев». С тех пор руководства по аналитической химии стали публиковаться систематически, особенно в Германии. Это получившие большую известность книги «Руководство по аналитической химии» (1829) Г. Розе (1795–1864), «Руководство по качественному химическому анализу» (1841) и «Введение в количественный анализ» (1846) К.Р. Фрезениуса (1818–1897), первое руководство по титриметрическому анализу К.Г.Шварца (1824–1890) — «О количественном анализе» (1850), «Учебник химико-аналитических методов титрования» (часть 1, 1855 г.; часть 2, 1856 г.) Ф. Мора (1806–1879), «Научные основы аналитической химии» (1894) В. Оствальда (1853–1932) и др.

В России после В.М. Севергина первый учебник по аналитической химии «Аналитическая химия» издал в 1871 г. Н.А. Меншуткин (1842–1907). Книга, включавшая разделы «Качественный анализ» и «Количественный анализ», выдержала 16 изданий (последнее 16 издание опубликовано в 1931 г.). Позднее на русском языке были написаны и изданы многочисленные замечательные учебники и учебные пособия по аналитической химии. Первый научный журнал по аналитической химии «Журнал аналитической химии» (*Zeitschrift für Analytische Chemie*) основан в 1862 г. в Германии К.Р. Фрезениусом и издаётся по настоящее время. С 1875 г. в Англии начал выходить журнал

«Аналитика» (The Analyst). Позже научные журналы по аналитической химии стали издаваться и в других странах. Периодические издания по аналитической химии публикуются на русском языке: «Журнал аналитической химии» (издаётся с 1946 г.), «Заводская лаборатория» (издаётся с 1932 г.). Многие вопросы химического фармацевтического анализа рассматриваются в «Химико-фармацевтическом журнале», издаваемом с 1967 г., и в журнале «Фармация», основанном в 1952 г.

Способы и методики качественного и количественного анализа фармацевтических препаратов, лекарственного сырья подробно описаны в фундаментальных руководствах — фармакопеях, издаваемых в наиболее развитых странах, в том числе и в нашей стране. В России первое издание фармакопеи было выпущено в 1866 г.; с тех пор отечественная фармакопея обновляется и переиздается систематически.

Большая заслуга в развитии аналитической химии принадлежит отечественным учёным (Россия, СССР). Укажем только на некоторые достижения отечественных исследователей при разработке качественного и количественного анализа, физических и физико-химических методов анализа.

Качественный анализ. В 1885 г. в работе, опубликованной в немецком журнале в соавторстве русским химиком М.А. Ильинским (1856–1941) и немецким химиком Г. Кнорре, был предложен органический аналитический реагент α -нитрозо- β -нафтол для определения кобальта в присутствии никеля. В 1905 г. русский химик Л.А. Чугаев (1873–1922) предложил диметилглиоксим в качестве специфического органического реагента на никель, с соединениями которого он образует комплекс красного цвета. В последующие годы были синтезированы и рекомендованы для использования в анализе многие органические аналитические реагенты, широко применяемые в настоящее время.

Важную роль в качественном анализе катионов играют микрокристаллоскопические реакции — образование в капле раствора кристаллов характерной формы, наблюдаемых при рассмотрении под микроскопом. В 1794–1798 гг. фармацевт (владелец аптеки в Петербурге) и академик Петербургской академии наук Т.Е. Ловиц (1757–1804), немец по происхождению, впервые применил микрокристаллоскопический анализ для идентификации хлоридов и некоторых других солей.

Капельный анализ развивался с 1920 г. советским учёным Н.А. Тананасевым (1878–1959), обобщившим исследования в этой области в ряде руководств, в том числе в книге «Капельный анализ. Качественный анализ неорганических соединений капельным методом» (1954). Он же ввёл в аналитическую химию понятие «дробный анализ» и охарактеризовал его в своей книге «Дробный анализ»

(1950). Методы качественного химического анализа с использованием навески с ещё меньшей массой, чем даже в капельном анализе, получившие название «ультрамикрoанализ», начали развиваться с 30-х гг. XX в. в трудах А. Бенедетти-Пихлер, советского химика-аналитика И.П. Алимарина (1903–1989), других учёных. Эти исследования нашли отражение в книге И.П. Алимарина и М.И. Петриковой «Неорганический ультрамикрoанализ», опубликованной в 1960 г.

Количественный химический анализ. В основе количественного химического анализа лежит закон *сохранения массы при химических реакциях*, сущность которого состоит в том, что *суммарная масса всех веществ, вступающих в химическую реакцию, равна суммарной массе всех продуктов реакции*. Этот закон был сформулирован русским учёным М.В. Ломоносовым (1711–1765) в 1748 г. и экспериментально подтверждён им же в 1756 г. Позже в 1789 г. этот закон сформулировал также знаменитый французский учёный А.Л. Лавуазье (1743–1794).

С начала XX в. в аналитическую химию стал внедряться термogrавиметрический анализ, основанный на определении изменения массы анализируемого образца при его непрерывном нагревании от комнатной температуры до заданной. Этот метод развивался учёными разных стран, в том числе русским физико-химиком Н.С. Курнаковым (1860–1941) и его научной школой.

Физико-химические методы анализа. В качественном и количественном анализе эти методы нашли применение к середине XIX в.; их особенно интенсивное развитие приходится на XX столетие и продолжается в XXI в. Отечественные учёные внесли существенный вклад в развитие различных физико-химических методов анализа.

Начало развития колориметрии можно отсчитывать от работ русского учёного В.М. Севергина, который в 1795 г. впервые использовал метод сравнения интенсивности окраски исследуемых растворов.

Инфракрасные (ИК) спектры поглощения сотен неорганических и комплексных соединений подробно изучены в 60–80 гг. XX в. в Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова (Москва) и в Московском химико-технологическом институте им. Д.И. Менделеева (ныне Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева).

Основоположителем хроматографии как метода анализа и исследования считается русский ботаник М.С. Цвет (1872–1919). Михаил Семёнович Цвет родился в Италии. Его мать — итальянка, отец — русский. Образование получил в Швейцарии. С 1896 г. и до конца жизни работал в России. М.С. Цвет в работе, опубликованной в 1903 г., описал на примере разделения природных пигментов метод адсорбционного

хроматографического анализа, основы которого он заложил ещё в своей магистерской диссертации в 1901 г. Им же введён и термин «хроматография». Заметим, что слово «хроматография» было известно и ранее, но оно обозначало «науку о цвете». Старым термином «хроматограф» довольно долго называли устройство, используемое для получения различных цветов путём вращения частично окрашенного диска. М.С. Цвет вложил в термин «хроматография» совсем другой научный смысл. Результаты исследований по разработке хроматографического метода М.С. Цвет обобщил в книге «Хроматографический анализ и хроматографический метод», изданной в 1906 г. Не умаляя значимости работ некоторых предшественников М.С. Цвета, можно говорить о том, что хроматография как *метод исследования и анализа* утвердился в науке только в результате исследований М.С. Цвета, который объяснил наблюдаемые явления на основе учёта неодинаковой сорбционной способности разделяемых веществ. «Ему дано открыть хроматографию, разделяющую молекулы, объединяющую людей», — такова эпитафия на памятнике М.С. Цвету, похороненному в воронежской земле в России.

В 1947 г. советские учёные Т.Б. Гапон, Е.Н. Гапон и Ф.М. Шемякин применили ионный обмен для разделения смеси ионов в растворе с помощью сорбентов. В 1948 г. Т.Б. Гапон и Е.Н. Гапон в СССР впервые применили метод *осадочной хроматографии*, в котором используется различная растворимость осадков малорастворимых веществ, образующихся при реакции хроматографируемых ионов с осадителем в фазе твёрдого носителя.

Современная хроматография широко применяется в качественном и количественном анализе. Такие хроматографические методы, как тонкослойная, газожидкостная, высокоэффективная жидкостная, ионообменная хроматография, являются фармакопейными и включены в Фармакопеи всех стран.

С середины XX столетия крупный вклад в развитие различных областей теоретической и прикладной аналитической химии, фармацевтического анализа, в создание учебников и руководств внесли отечественные учёные В.Н. Алексеев, И.П. Алимарин, А.К. Бабко, В.Г. Беликов, Н.И. Блок, А.И. Бусев, В.П. Васильев, Е.Н. Вергейчик, Е.В. Дегтерёв, Ю.А. Золотов, В.М. Иванов, И.М. Коренман, А.П. Крешков, В.И. Кузнецов, Н.М. Кузьмин, Л.Л. Кунин, Ю.Ю. Лурье, Ю.С. Ляликов, О.М. Петрухин, А.Е. Пилипенко, В.А. Попков, И.В. Пятницкий, Е.Я. Роде, С.Б. Саввин, Н.А. Тананаев, И.В. Тананаев, З.М. Туровцева, Ф.М. Шемякин и др.

Выше приведён лишь очень краткий обзор исторического развития аналитической химии (аналитики), оставивший за границами рассмо-

тения многие интересные моменты её истории, особенно достижения последнего времени. Как заметил почти две тысячи лет тому назад древнеримский историк Корнелий Тацит, «превознося старину, мы недостаточно любопытны к недавнему прошлому» (Корнелий Тацит. Анналы. Книга вторая. Глава 88). Однако и краткое обращение к прошлому позволяет сделать определённые заключения.

Во-первых, очевидно, что *аналитическая химия (аналитика) создавалась трудами учёных многих стран*. В течение XVII в. и почти до конца XVIII в. это были преимущественно исследователи европейских стран: Англии, Франции, Германии, Швеции, России. Начиная примерно с конца XVIII столетия и особенно с начала XIX в. к ним присоединяются химики других европейских стран — Венгрии, Дании, Чехии, Швейцарии, Голландии, а со второй половины XIX в. — США. С начала XX столетия география развития аналитической химии значительно расширяется за счёт замечательных работ учёных Австрии, Индии, Японии. В этом столетии большой вклад в развитие аналитики внесли американские исследователи (наряду с аналитиками других стран). Современное здание аналитики строится трудами международного сообщества учёных различных стран. *Аналитическая химия (аналитика) — интернациональная наука.*

Во-вторых, нельзя не заметить, что *аналитическая химия создавалась не только учёными-химиками, но и физиками, биологами, ботаниками, врачами, фармацевтами*. Особенно большой вклад в развитие аналитики внесли врачи и фармацевты. Это и неудивительно, если учесть, что химия, медицина и фармация на начальном этапе своего развития составляли единую науку. Известные химики начинали свою деятельность учениками фармацевта. Приведём лишь некоторые примеры. Немецкий врач А. Беер (1825–1863) исследовал закон светопоглощения, лежащий в основе фотометрических измерений, а другой немецкий врач К. Фирордт (1818–1884) считается основателем фотометрии. Шотландский химик и врач Ф. Пенни (1816–1869) развивал титриметрический метод дихроматометрии. Один из основоположников химического анализа немецкий учёный К.Р.Ф. Фрезениус (1818–1897) начинал свою работу учеником фармацевта. Фармацевт Т.Е. Ловиц одним из первых применил микрокристаллоскопический анализ. Немецкий фармацевт А.Ф. Дюфлю (1802–1889) разрабатывал иодометрический и аргентометрический методы титриметрического анализа. Число таких примеров можно увеличить.

Обсуждаемая особенность объясняется ещё и тем, что *аналитическая химия — наука многогранная, универсальная*.

В-третьих, открытие и становление нового аналитического метода, как правило, являлось результатом труда не одного учёного, который

вносил, быть может, решающий вклад в разработку этого метода, но и его предшественников и современников. Так, например, одним из творцов титриметрии, безусловно, являлся француз Ж.Л. Гей-Люссак (1778–1850), но ещё до него над титриметрическим методом работали К.Ж. Жоффруа (1685–1752), Ф.А. Декруазвиль (1751–1825), Ф. Венель (1723–1775), англичанин У. Льюис (1708–1781). Спектральный анализ как метод утвердился после исследований немецких учёных Р.В. Бунзена (1811–1899) и Г. Кирхгофа (1824–1887), однако линии в оптическом спектре открыли ещё раньше англичанин У.Г. Волластон и немец Й. Фраунгофер (1787–1826). В обоснование основного закона светопоглощения, открытого французом П. Бугером (1698–1758), большой вклад внесли немцы И.Г. Ламберт (1728–1777), А. Беер (1825–1863), француз Ф. Бернар, так что этот закон часто называют «закон Бугера–Ламберта–Беера» или даже просто «закон Беера».

М.С. Цвет справедливо считается основоположником хроматографии как метода исследования и анализа. Вместе с тем его предшественники американский нефтехимик Т. Дей, бакинский нефтяник С.К. Квитка также применяли в 1900 г. аналогичные приёмы в своих исследованиях, хотя и не объяснили природу явления.

Индийскому учёному Ч.В. Раману за открытие в 1928 г. раман-эффекта была присуждена в 1930 г. Нобелевская премия. Одновременно с ним тот же эффект открыли Г.С. Ландсберг и Л.И. Мандельштам в СССР, а сам эффект был предсказан и обоснован теоретически гораздо раньше другими исследователями.

Полярографию как метод анализа предложил в 1922 г. чешский учёный Я. Гейровский (1890–1967). В 1959 г. за разработку этого метода ему была присуждена Нобелевская премия. Введение же каплюющего ртутного электрода, использованного Я. Гейровским для получения полярограмм, базируется на более ранних работах француза Г. Липпмана и чешского физика Б. Кучеры.

Часто считается, что развитие концепции групповых характеристических частот, применяемой в ИК (инфракрасных) спектральных методах анализа, начинается с работ американского учёного В.В. Коблентца в 1906 г. Однако ещё в 1881 г. аналогичные идеи были высказаны Абнеем и Фестингом на основе их собственных экспериментальных исследований. При анализе ИК-спектров поглощения твёрдых фаз во всём мире широко используется метод прессования исследуемых образцов с кристаллическим бромидом калия. Этот метод был предложен в 1951 г. одновременно и независимо друг от друга М. Стимсон и Н.О'Доннел в США и У. Шайдтом, Х. Рейнвайном в Германии.