

Ю.Я. Харитонов

Аналитическая ХИМИЯ Аналитика 1

Общие теоретические основы
Качественный анализ

Учебник

6-е издание, исправленное и дополненное

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный
медицинский университет имени И.М. Сеченова» в качестве учебника
для студентов учреждений высшего профессионального образования,
обучающихся по специальности 060301.65 «Фармация»
по дисциплине «Аналитическая химия»

Регистрационный номер рецензии 455 от 21 ноября 2013 г.
ФГАУ «Федеральный институт развития образования»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2014

I. Введение

«...химия решает за нас секреты терапии, физиологии и патологии; без химии мы бы с трудом брели впотьмах».

«Цель химии состоит не в изготовлении золота и серебра, а в изготовлении лекарств».

Парацельс (1493–1541) — немецкий врач и естествоиспытатель (Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм)

«Химия есть первое и лучшее средство к совершенству врачебной науки».

«Императорский Московский Университет во известие». Августа 10 дня 1758 года

Глава 1

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (АНАЛИТИКА) И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ (АНАЛИТИКИ)

Аналитическая химия, или аналитика, — 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.

Приведенное определение аналитической химии (аналитики) в целом отражает ее содержание, однако среди специалистов существуют и другие, приблизительно эквивалентные дефиниции, стремящиеся уточнить современное понятие рассматриваемого предмета. Так, по определению выдающегося аналитика академика Ю.А. Золотова,

«Аналитическая химия — наука о принципах, методах и средствах определения состава веществ и в известной мере — их химической структуры». Приемлемым представляется и определение аналитической химии, предложенное в 1993 г. на VIII Европейской конференции по аналитической химии (Эдинбург, сентябрь 1993 г.): «Аналитическая химия — это научная дисциплина, которая развивает и применяет методы, средства и общую методологию получения информации о составе и природе вещества (в пространстве и времени)».

Встречаются и иные интересные определения аналитической химии. Несмотря на порой оживленную дискуссию вокруг словесной характеристики предмета, серьезные недоразумения при этом, как правило, не возникают, поскольку ясно, о чем идет речь. Участники подобных дискуссий стараются найти наиболее корректную и полную формулировку, однако эта цель пока не достигнута, во всяком случае, в той мере, в которой она удовлетворяла бы все заинтересованные стороны. Развивается научная дисциплина, постоянно расширяются сфера ее приложения и используемые средства решения задач — неизбежно изменяются и будут изменяться трактовки самой дисциплины, поэтому дискуссия, по-видимому, будет продолжаться. Да и традиционный термин «аналитическая химия» представляется уже недостаточно полным, так как в настоящее время часто применяют, например, чисто физические или биологические способы и методики. В связи с этим термин «аналитика», не ограничивающий природу используемых методов (математические, физические, химические, биологические), кажется более универсальным.

Касаясь обсуждаемой темы, Ю.А. Золотов отмечает в первой главе книги «Основы аналитической химии» (изданной под его редакцией в 1996 г.): «Как четко определить предмет этой науки, какое место занимает она в системе научного знания, фундаментальная это наука или прикладная, что стимулирует ее развитие — эти и подобные вопросы были предметом многих дискуссий».

В дальнейшем названия «аналитическая химия» и «аналитика» будем условно считать равносильными, несмотря на то, что такая трактовка не представляется бесспорной; однако на чем-то все же целесообразно остановиться, по крайней мере, в учебном курсе.

Под *анализом вещества* подразумевают получение опытным путем данных о химическом составе вещества любыми методами — физическими, химическими, физико-химическими. В формулировке Ю.А. Золотова это определение выглядит следующим образом:

«Под химическим анализом мы понимаем совокупность действий, которые имеют своей целью получение информации о химическом составе объекта».

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 — *правильности и воспроизводимости*, результатов анализа. Подробно *правильность* и *воспроизводимость* результатов анализа излагаются при описании методов статистической обработки результатов количественного анализа. Здесь же отметим, что *правильность* анализа характеризует качество анализа, отражающее близость к нулю систематической погрешности результатов анализа, тогда как *воспроизводимость* анализа показывает степень близости друг к другу результатов отдельных измерений (определений) при анализе пробы того или иного материала.

Современная аналитическая химия (аналитика) включает три раздела: качественный химический анализ, количественный химический анализ и инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа. Выделение инструментальных методов анализа в самостоятельный раздел аналитической химии до некоторой степени условно, поскольку с помощью этих методов решаются задачи как качественного, так и количественного анализа.

Качественный химический анализ — это определение (открытие) химических элементов, ионов, атомов, атомных групп, молекул в анализируемом веществе.

Количественный химический анализ — это определение количественного состава вещества, т.е. установление количества химических элементов, ионов, атомов, атомных групп, молекул в анализируемом веществе. Можно дать и другое (эквивалентное) определение количественного анализа, отражающее не только его содержание, но и конечный результат, а именно: *количественный анализ вещества* — это экспериментальное определение (измерение) концентрации (количества) химических элементов (соединений) или их форм в анализируемом веществе, выраженное в виде границ *доверительного интервала* или числа с указанием *стандартного отклонения*.

Отметим, что когда речь идет о качественном анализе вещества, то часто предпочитают говорить не «качественное определение», а «открытие» того или иного иона, молекулы, функциональной группы

и др., тогда как при количественном анализе в термине «количественное определение» часто слово «количественное» опускают и говорят не «количественное определение», а просто «определение». В дальнейшем изложении мы также в основном будем придерживаться этой традиции и преимущественно употреблять термины «открытие» и «определение» вместо названий «качественное определение» и «количественное определение» соответственно.

Инструментальные (физические и физико-химические) методы анализа — это методы, основанные на использовании зависимостей между измеряемыми физическими свойствами веществ и их качественным и количественным составом.

В аналитической химии (аналитике) проводят *элементный* (старое название — *элементарный*), *функциональный*, *молекулярный*, *фазовый* анализ вещества.

Элементный анализ — это качественный и (чаще всего) количественный химический анализ, в результате которого определяют, какие химические элементы и в каких количественных соотношениях входят в состав анализируемого вещества.

Функциональный анализ — это открытие и определение различных функциональных групп, например аминогруппы NH_2 , нитрогруппы NO_2 , карбонильной $\text{C}=\text{O}$, карбоксильной COOH , гидроксильной OH , нитрильной CN групп и др.

Молекулярный анализ — открытие молекул и определение молекулярного состава анализируемого вещества, т.е. выяснение того, из каких молекул и в каких количественных соотношениях состоит данный анализируемый объект.

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

Проиллюстрируем сказанное примером. Пусть требуется проанализировать белое мелкокристаллическое вещество, относительно которого можно предположить, что это либо тиоцианат (роданид) аммония NH_4NCS , либо тиокарбамид (тиомочевина) $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$, либо смесь обоих соединений. Элементный химический состав этих веществ одинаков и соответствует формуле $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$.

Известно, что в растворах и в расплавах тиокарбамид и тиоцианат аммония способны обратимо переходить друг в друга по схеме:

