

Ю. А. Золотов

ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИТИЧЕСКУЮ ХИМИЮ



 Лаборатория
ЗНАНИЙ



УДК 543
ББК 24.5я73
З-81

Золотов Ю. А.

З-81 Введение в аналитическую химию / Ю. А. Золотов. — 3-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 266 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-684-1

В учебном пособии обсуждаются общие вопросы аналитической химии как науки и химического анализа как средства решения производственных, экологических, медицинских, криминалистических и других задач, выдвигаемых практикой. Рассмотрены основные понятия и структура аналитической химии, система ее методов, средства анализа, особенности анализируемых объектов. В центре внимания актуальные тенденции — внелабораторный, проточный или неразрушающий анализ, автоматизация, распознавание общего образа объекта. Кроме того, обсуждаются вопросы подготовки кадров, методологические аспекты, перспективы развития аналитической химии.

Для химиков-аналитиков и всех, кто связан с аналитической химией и химическим анализом, прежде всего исследователей, а также преподавателей вузов, студентов и аспирантов химических специальностей, работников контрольно-аналитических лабораторий.

УДК 543
ББК 24.5я73

Деривативное издание на основе печатного аналога: Введение в аналитическую химию / Ю. А. Золотов. — М. : Лаборатория знаний, 2016. — 263 с. : ил. — ISBN 978-5-906828-10-1.

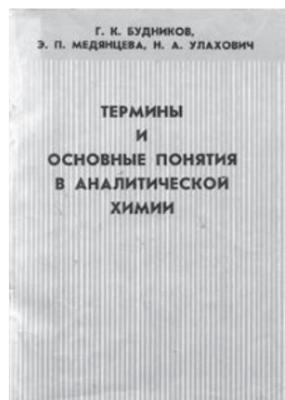
В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-684-1

© Лаборатория знаний, 2016

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ



1.1. Вводные замечания

Рене Декарт писал: «Определяйте значения слов, и вы избавите мир от половины его заблуждений». С Декартом нельзя не согласиться, поэтому начать следует именно с определения основных терминов, наиболее часто используемых названий, главных понятий, с уяснения их смысла и содержания.

Российская терминология по аналитической химии имеет по крайней мере два источника. Основной — русская химическая традиция, закрепленная в научных журналах, особенно в «Журнале аналитической химии», учебниках и монографиях. Терминология пополнялась и пополняется рекомендациями Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК). Второй источник — метрология, рекомендации Международной организации по стандартизации (ИСО) и российская (советская) нормативно-техническая документация — ГОСТы и другие документы. Эти два источника, как правило, давали непротиворечивые термины, но были и остаются некоторые несовпадения.

Традиционная терминология (назовем ее «химической») широко используется научным сообществом, в образовательной среде и во многих научных изданиях; «метрологическая» терминология (из нормативно-технической документации) — в государственных службах и в производственной сфере.

Естественно, существует стремление обеспечить единство языка, которым пользуются химики-аналитики разных направлений и различной принадлежности. При реализации этого стремления должны действовать не жесткие декреты, а скорее сила авторитета и здравый смысл. Декретировать в этой области не

очень эффективно не только со стороны, скажем, такой общественной организации, как Научный совет РАН по аналитической химии, но и со стороны государства. Так, известно, что в России после 2004 г. ГОСТы не носят строго обязательного характера, а на науку, высшее образование и некоторые другие сферы они и раньше не распространялись. Однако не надо отрицать, что есть много полезных ГОСТов, в том числе по химическому анализу и даже по его терминологии.

Иными словами, надо достигать консенсуса на профессиональной основе (в своем кругу) и стараться придерживаться этих договоренностей.

1.2. Аналитическая химия

Прежде всего следует договориться о том, что мы будем понимать под аналитической химией. Можно пожалть плечами: «Неужели на этот счет имеются разногласия? Всем же ясно, что такое аналитическая химия». Известный американский аналитик Ч. Н. Рейли, не пожелавший тратить много времени на дискуссию об определении нашей науки, написал то ли в шутку, то ли всерьез, что «аналитическая химия — это то, чем занимаются аналитики». Забавно, конечно, но ничего не проясняет.

Нужны ли вообще четкие определения таких достаточно ясных, казалось бы, понятий, как «аналитическая химия», «химический анализ»? Жизнь показала, что нужны и даже очень. В научно-исследовательских институтах, в центральных заводских лабораториях можно встретить такие вот вывески на дверях: «Лаборатория спектрального анализа», где сосредоточены атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный методы, а неподалеку — «Лаборатория аналитической химии». Значит, в этих институтах, на этих заводах спектральный анализ не считают частью аналитической химии? Или еще комбинация: «Лаборатория химического анализа», «Лаборатория хроматографического анализа», «Лаборатория рентгенофлуоресцентного анализа». Опять вопрос: а хроматографический анализ разве не химический анализ? Путаница очевидная: многие не различают химический анализ и химические методы анализа.

Более или менее согласованная дефиниция аналитической химии необходима, поскольку:

- разные школы специалистов-аналитиков могут вкладывать в термин «аналитическая химия» разное содержание;
- люди, принимающие решение, кредитордержатели и ученые-смежники должны иметь современное представление о том, что такое аналитическая химия; иначе, скажем, деньги, предназначенные для радиоактивационного анализа, пойдут не по ведомству аналитической химии, а к физикам-ядерщикам, возможно, маститый академик-органик будет искренне заблуждаться, что и ныне аналитическая химия — это классический качественный анализ и классический «мокрый» количественный, которые он изучал 50 лет назад;
- четкого определения требует преподавание аналитической химии, притом единое понимание должно быть в разных вузах, иначе мы запутаемся.

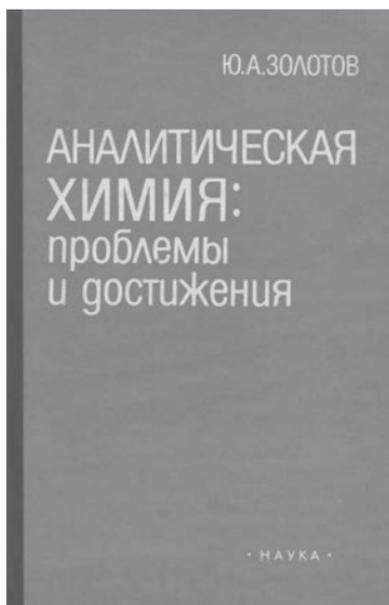


Рис. 1.1. Книга Ю. А. Золотова «Аналитическая химия. Проблемы и достижения»

Ну а теперь по существу. Проще всего сказать, что аналитическая химия — наука об определении химического состава веществ и материалов. В общем это хорошее определение, однако оно почти не раскрывает конкретного содержания этой науки.

Вот несколько другая дефиниция: аналитическая химия — наука о методах и средствах химического анализа веществ и материалов. Неплохое определение, но надо вспомнить, что наряду с методами и средствами в аналитической химии серьезно обсуждают еще принципы, общие подходы, общие аспекты анализа, например метрологию химического анализа, теорию отбора проб и т. д. Кроме того, помимо определения химического состава, аналитическая химия подчас имеет дело с изучением химического строения, особенно в сфере органического анализа. Не будем также забывать, что наша наука разрабатывает и способы анализа различных объектов.

Предлагалась и такая дефиниция аналитической химии: это наука о получении сигналов, несущих информацию о химическом составе.

Один раз на общеевропейском уровне была даже создана комиссия с задачей выработать определение аналитической химии, и автор этой книги входил в ее состав. После проведения конкурса комиссией была предложена следующая дефиниция:

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).

Автор этой книги находится в положении Рабиновича из известного анекдота советских времен: «Рабиновича спрашивают на партийном бюро, имеет ли он мнение по данному вопросу, Рабинович отвечает, что мнение он имеет, но с ним не согласен». Несмотря на участие в выработке приведенной дефиниции, автор предпочитает другую (я считаю, что «информация о природе вещества» — это уж слишком широко):

Аналитическая химия — это наука, создающая и развивающая общую методологию, методы и средства определения химического состава вещества, а также разрабатывающая способы анализа различных объектов.

Дадим небольшие пояснения. Общая методология — это, условно, все то важное, что не методы и не средства: упоминавшаяся метрология анализа и учение об отборе проб, принципы автоматизации и компьютеризации анализа, пути его миниатюризации и т. д. Под средствами определения химического состава понимаются приборы, аппаратура, реактивы, стандартные образцы и др.

Наша наука находится в периоде интенсивного развития, претерпевает качественные изменения. При сохранении общих целей (хотя и здесь нужны оговорки) изменяется ее содержание. При сильной деформации области знания, во время ломки старых представлений о ней вопросы «самопознания» науки, ее методологии всегда приобретают особую важность и интерес. Но вместе с тем в такие периоды и решать подобные вопросы труднее, поскольку многое еще не устоялось.

С быстрым развитием и трансформацией науки о химическом анализе связан и вопрос о ее названии. В названии «аналитическая химия» определяющее слово «химия», поэтому иногда появляется стремление выделить из аналитической химии физические и, например, биохимические методы анализа и даже хроматографию. Разумеется, это не только неправильно, но и недопустимо. Современная аналитическая химия уже давно не только химия. Арсенал ее подходов, методов и средств постоянно расширяется, в том числе путем создания новых методов на основе разнообразных свойств веществ, физических явлений и закономерностей. Однако название с ключевым словом «химия» подчас отпугивает, например, физиков, занимающихся химическим анализом и использующих для этого ядерно-физические или спектроскопические методы. Оно даже провоцирует неверные организационно-финансовые решения.

Современная аналитическая химия, оставаясь, с одной стороны, частью химии, с другой фактически становится самостоятельной областью знания, новой «мегадисциплиной». Аналитическая химия базируется на химии, физике, биохимии, математике, теории информации, на ряде чисто технических дисциплин. Отсюда и неудобство с названием «аналитическая химия», и это неудобство ощущается уже давно.

Возникает вопрос: что делать?

Здесь есть по крайней мере два варианта. Вариант первый: сохранить термин «аналитическая химия», постараться наполнить его новым содержанием и добиться повсеместного понимания этого нового содержания. По этому пути пошли в США. Вариант второй: ввести новое название. Но какое? И как его вводить — сразу или постепенно? Жестко или факультативно? Эти вопросы отчасти ушли в историю, поскольку уже предложено несколько названий и некоторые из них получили широкое распространение.

Что же это за названия?

Аналитика	Analytics (англ.), Analytik (нем.), Analytica
Аналитическая наука (науки)	Analytical Science (Sciences)
Химическая метрология	Chemical Metrology
Аналитическая технология	Analytical Technology

Русскоязычный термин «аналитика», предложенный автором этой книги в 1970-х гг., широко используется. Например, наиболее крупная конференция в нашей стране называется «Аналитика России»; каждые два года в Мюнхене проходит выставка «Analytica», а учебник Ю. Я. Харитонова для медицинских вузов имеет немного странное двойное название «Аналитическая химия. Аналитика». Кроме того, под названием «Аналитика» издается несколько журналов.

1.3. Химический анализ

Понятие «химический анализ» кажется совершенно ясным и не нуждающимся в определении; все же знают, что такое химический анализ.

Разумеется, все знают. Правда, иногда в это словосочетание вкладывают разный смысл, поэтому надо договориться о едином понимании и этого термина.

Химический анализ — это экспериментальное получение информации о химическом составе объекта и соответствующая область деятельности.

Понятие «химический анализ» детальнее будет рассмотрено чуть позже, в главе 2.

Мы будем иногда пользоваться еще понятием «аналитическая служба», под которой понимается система обеспечения аналитической информацией. Более четкая, более строгая дефиниция выглядела бы следующим образом: аналитическая служба — это система организаций, методов, приборов, нормативно-технической документации, средств метрологического обеспечения для выполнения конкретных анализов и осуществления аналитического контроля, обычно в массовом порядке.



Рис. 1.2. Некоторые журналы по аналитической химии не содержат в названии слов «аналитическая химия»

Разумеется, аналитическая служба должна постоянно подпитываться аналитической химией как наукой. Между аналитической химией и аналитической службой нет резкой границы; напротив, есть перекрывающиеся области. Создание и совершенствование методов анализа, изучение процессов, лежащих в основе методов,

развитие общей теории — вот прерогатива аналитической химии как науки. Выполнение конкретных анализов, осуществление контроля производства, например, пищевых продуктов или контроля химического состава объектов окружающей среды, участие в интерпретации полученных данных, сертификации продукции и т. д. — все это задачи аналитической службы. Разработкой же методик анализа конкретных объектов занимаются и аналитическая химия, и аналитическая служба. Способы обработки данных, обеспечение качества анализа лежат в сфере их совместных интересов.

К аналитической службе мы еще вернемся в следующей главе.

1.4. Другие понятия и термины

Ниже приведены рекомендации Научного совета РАН по аналитической химии, относящиеся к ряду важных терминов, постоянно используемых аналитиками [1].

Аналитический контроль — проверка соответствия результата анализа заданным требованиям, нормам, условиям.

Мониторинг — относительно продолжительное наблюдение за изменением параметров (состава) объекта или процесса, фиксация изменений во времени.

Термины «анализ», «контроль», «мониторинг» иногда отождествляют, между тем чаще всего эти термины невзаимозаменяемы. Анализ — понятие широкое; анализ делается для разных целей (в принципе — и без уточнения целей), в том числе и для контроля и мониторинга. Контроль же — это, как сказано выше, проверка соответствия заданным требованиям, известным условиям. Мониторинг — наблюдение за параметрами объекта или процесса, за явлениями в течение определенного или неопределенного времени. В ряде российских экологических документов определение мониторинга, включающее прогноз или принятие решений по результатам наблюдений и даже чуть ли не реализацию этих решений, представляется неоправданно расширенным.

Принцип анализа — явление, свойство или закономерность, положенные в основу метода анализа.

Метод анализа — достаточно универсальный и теоретически обоснованный способ получения информации о химическом составе вещества.

Методика анализа — подробное описание правил и операций определения состава объектов конкретного типа с использованием выбранных методов.

Аналит — обнаруживаемое или количественно определяемое вещество.

Измерение — получение информации о величине (значении) аналитического сигнала, т. е. физического свойства (параметра), величина которого функционально связана с составом, например с содержанием данного аналита.

Слова «измерение», «измерять» рекомендуется относить только к аналитическому сигналу. Это могут быть светопоглощение, сила тока, потенциал и т. п. К концентрации или количеству слова «измерение», «измерять» относить не рекомендуется. Например, не рекомендуется говорить «измерение содержания». Связано это, в частности, с тем, что между величиной аналитического сигнала и величиной концентрации есть уравнение связи (в разных методах, естественно, разное), которое может быть неидеальным и на параметры которого могут влиять условия эксперимента. Не говоря уже о том общеизвестном факте, что измерение аналитического сигнала — лишь одна из стадий анализа, причем часто не самая трудная (в том числе и с точки зрения сопровождающих стадию погрешностей).

Таким образом, рекомендуется применять следующие словосочетания: объект анализируют; компоненты (аналиты) обнаруживают, идентифицируют, определяют; аналитический сигнал измеряют.

Хотелось бы также привести определения некоторых других понятий и терминов. В отличие от рассмотренных выше, рекомендованных Научным советом, приводимые ниже дефиниции в известной мере несут на себе печать субъективности, так как отражают лишь мнение автора книги.

Химический сенсор — это устройство, в идеале портативное и не очень дорогое, позволяющее обратимо, непрерывно, в режиме реального времени или с малым временем отклика определять концентрацию одного вещества в определенной среде; методика



Рис. 1.3. Пример газовых сенсоров

определения вещества и градуировочная характеристика часто «защиты» в сенсор, дополнительная градуировка, как правило, не требуется.

Детектирование — термин, нередко используемый в значении и обнаружения, и определения. Его рекомендуется применять только в приложении к проточному анализу методами хроматографии, капиллярного электрофореза, проточно-инжекционного анализа и его аналогами. Другими словами, детектирование — это непрерывная и обратимая регистрация аналитического сигнала в потоке жидкости, газа или даже твердых веществ. Обычно термин «детектор» используют в приложении к таким системам, что сближает понятия «детектор» и «химический сенсор».

Термин «химические сенсоры» вошел в моду, его часто используют. Однако в это понятие вкладывают разное содержание, причем наблюдается тенденция расширительного толкования термина. Иногда химическим сенсором называют чуть ли не любые датчики в сложных аналитических приборах и в простейших аналитических тест-средствах. Этому способствуют и некоторые публикации, где даны определения химических сенсоров, хотя часть этих определений не обеспечивает конкретного, четкого, краткого толкования. В литературе, особенно в практических руководствах, прослеживается нестрогое употребление терминов «датчик», «детектор», «чувствительный элемент», «сенсор», «первичный преобразователь» и т. д. и различия между этими терминами не соблюдаются.

Более или менее ясно положение с детекторами: они ассоциированы с наличием потока вещества. Можно окончательно договориться, что детекторы функционируют в потоке и только в потоке. Детекторы работают главным образом в проточных методах анализа, т. е. в методах, где поток организуется в целях анализа самим аналитиком; это хроматография, ка-

пиллярный электрофорез, проточно-инжекционный анализ и его аналоги, а также в онлайн-анализе, например естественных потоков технологических растворов, воды по ходу судна, т. е. на производстве, в природной среде и т. д. Еще более важно отметить, что детектор функционирует обратимо, работает в определенном смысле непрерывно, с малым временем отклика или фактически в режиме реального времени.

Химическим же сенсором можно назвать устройство для химического анализа, позволяющее обратимо, непрерывно, в режиме реального времени или с малым временем отклика определять одно вещество или группу близких веществ в определенной среде; часто это миниатюрное устройство, которое можно массово тиражировать. Как уже говорилось, у детектора и химического сенсора характеристики близки, но для сенсора наличие потока не обязательно. Прототипом химического сенсора может служить такой физический сенсор, как настенный термометр, который непрерывно, обратимо, с малым временем отклика определяет температуру воздуха. А вот содержание монооксида углерода CO в воздухе определяют с помощью химического сенсора, который может висеть на той же стене рядом с термометром. Оба прибора не требуют градуировки — они проградуированы при изготовлении. Химический сенсор сконструирован так, что колебания температуры, влажности и присутствие других газов почти не влияют на его показания.

Сводки основных понятий и терминов по аналитической химии (в чем-то, конечно, устаревающие) не раз публиковались, см., например, [2–5]. Имеются также справочники терминов (без их толкования) на нескольких языках [6–10] и справочник аббревиатур [12].

Литература

1. *Золотов Ю. А.* Рекомендации по терминологии аналитической химии // Журн. аналит. химии. 2010. Т. 65, № 11. С. 1229–1230.
2. *Будников Г. К., Медянцева Э. П., Улахович Н. А.* Термины и основные понятия в аналитической химии. Казань: Изд. Казанск. ун-та, 1991. 132 с.
3. *Золотов Ю. А.* Терминология аналитической химии // Ж. Всесоюз. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. 1983. Т. 28, № 3. С. 75–81.
4. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. Т. 4. Аналитическая химия. М.: ВИНТИ, 1985. 180 с.

5. Compendium of Analytical Nomenclature. Definitive Rules. 1997. Prep. by J. Lenguel, A. M. Ure. 3-rd Ed. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1998.
6. Рекомендации и номенклатурные правила ИЮПАК по химии / сост. Б. Ф. Мясоедов, Ю. А. Золотов, В. М. Иванов, Е. К. Корчемная. М.: Наука, 2004. 158 с.
7. Multilingual Dictionary of Analytical Terms. English, French, German, Spanish, Russian, Chinese and Japanese. Prep. for publ. by R. A. Chalmers [Russian part: Yu. A. Zolotov, E. Ya. Neiman]. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1994. 275 p.
8. Русско-английский и англо-русский словарь терминов по аналитической химии / сост. и ред. Ю. А. Золотов, В. М. Иванов. М.: Изд-во Лаб-пресс, 2004. 192 с.
9. *Крылова И. А., Арсланова Н. В., Сорокина Е. В., Орлик Н. М.* (сост.). Указатель основных терминов по аналитической химии на русском и английском языках / под ред. Ю. А. Золотова и Е. Я. Неймана. М.: ВИНТИ, 1988. 108 с.
10. Указатель основных терминов по хроматографии на русском и английском языках / под ред. К. И. Сакодынского, В. Ю. Зельвенского, Б. Н. Колоколова, В. В. Бражникова. М.: ВИНТИ, 1991. 58 с.
11. *Крылова И. А., Колоколов Б. П., Кулагина Б. И.* (сост.). Англо-русский словарь аббревиатур по аналитической химии / под ред. В. М. Иванова. М.: ВИНТИ, 1999. 65 с.

Глава 2

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ



2.1. Значение анализа

В обычной заводской лаборатории проверяют сырье, контролируют технологический процесс, оценивают качество продукции. Экологи или сотрудники коммунальных служб доставляют в лаборатории образцы воды, чтобы получить сведения о ее чистоте. В клинических лабораториях поликлиник и больниц (а это касается всех нас!) выполняются клинические анализы крови, мочи и других биосред. Эксперт-криминалист использует разнообразное лабораторное оборудование, стремясь помочь следователю в поиске доказательств виновности или невиновности подозреваемого. Работники спецслужб в лаборатории могут определять, например, какие именно взрывчатые вещества были использованы при теракте. Одним словом, всем ясно, что лабораторные исследования, тесты, химические анализы играют огромную роль в экономике, медицине, контроле пищевых продуктов, в военном деле, охране окружающей среды и т. д.

В США численность аналитиков, т. е. тех, кто так или иначе занимается химическим анализом, связан с ним, очень большая, из химиков — членов Американского химического общества большинство аналитиков. Это подтверждается данными неоднократных опросов (см., например, табл. 2.1). Весьма вероятно, что подобную же картину мы имеем в России, во всяком случае для химиков с высшим образованием. Связано это с тем, что химический анализ и аналитический контроль осуществляют во многих сферах нашей деятельности, причем часто при этом требуется огромное

Таблица 2.1

Распределение членов Американского химического общества по специальностям (по роду реальных занятий), 2005 г.

Специализация	% от общего числа опрошенных	% от имеющих ученую степень
Аналитическая химия	17,1	12,2
Медицинская и фармацевтическая химия	10,9	2,2
Органическая химия	10,8	26,0
Химия полимеров	7,3	3,1
Преподавание химии	7,3	1,6
Химия окружающей среды	6,3	2,1
Наука о материалах	5,2	1,0
Биохимия	5,1	8,1
Физическая химия	5,1	11,3
Смежные области науки	4,7	3,7
Биотехнология	4,0	0,5
Неорганическая химия	3,5	9,5
Общая химия	3,1	11,8
Процессы и аппараты химической технологии	–	2,9
Другие химические дисциплины	2,9	1,7
Агрохимия, химия пищевых продуктов	2,8	1,0
Административная работа	1,6	1,0
Информатика	1,0	0,0
Юридическая практика	0,8	0,0
Клиническая химия	0,6	0,2

число анализов. Аналитики — выпускники вузов обычно не имеют проблем с трудоустройством, они нужны везде. Перспективы здесь тоже хорошие: и завтра, и послезавтра нужно определять химический состав веществ, а также контролировать многие тех-

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
<i>Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ</i>	5
1.1. Вводные замечания	5
1.2. Аналитическая химия	6
1.3. Химический анализ	10
1.4. Другие понятия и термины	12
<i>Глава 2. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ</i>	17
2.1. Значение анализа	17
2.2. Классификация химического анализа	20
2.3. Процесс анализа (аналитический цикл)	20
2.4. Аналитическая служба	25
<i>Глава 3. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ КАК НАУКА</i>	29
3.1. Вводные замечания	29
3.2. Разработка общей методологии химического анализа. Развитие теоретических основ аналитической химии	29
3.3. Создание и совершенствование методов и средств анализа. Теоретические основы некоторых методов анализа	30
3.4. Основы анализа групп объектов и определения аналитов	35
<i>Глава 4. МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</i>	38
4.1. Вводные замечания	38
4.2. Классификация методов аналитической химии	39
4.3. Классификация методов определения	43
4.4. Характеристики методов определения	46
4.5. Сопоставление методов определения	47
4.6. Названия методов определения	52
<i>Глава 5. ОБЪЕКТЫ АНАЛИЗА</i>	54
5.1. Вводные замечания	54
5.2. Геологические объекты	55
5.3. Металлы и сплавы	56
5.4. Вещества высокой чистоты	57
5.5. Объекты атомной промышленности	58

5.6.	Объекты сельского хозяйства	59
5.7.	Пищевые продукты	61
5.8.	Объекты окружающей среды	63
5.9.	Органические вещества	65
5.10.	Нефть и нефтепродукты	67
5.11.	Медицинские объекты	69
5.12.	Лекарственные вещества	77
5.13.	Военные объекты химического анализа. Борьба с терроризмом. Криминалистика	77
5.14.	Космические объекты	81
5.15.	Химический анализ в научных исследованиях	84
5.16.	Аналитическая химия элементов	88
<i>Глава 6.</i>	НОВЫЕ ВИДЫ АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НОВЫХ ЗАДАЧ	92
6.1.	Вводные замечания	92
6.2.	Локальный анализ	92
6.3.	Дистанционный анализ	94
6.4.	Непрерывный анализ	97
6.5.	Вещественный анализ	97
6.6.	Внелабораторный анализ	100
6.7.	Автоматизация анализа	102
6.8.	Миниатюризация	104
6.9.	От покомпонентного анализа к оценке интегральных показателей и общему образу объекта	105
<i>Глава 7.</i>	УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ	112
7.1.	Вводные замечания	112
7.2.	Литература	113
7.3.	Аналитические приборы	116
7.4.	Химические реактивы	124
7.5.	Научные общества и другие организации. Координация научной деятельности, обмен информацией	125
<i>Глава 8.</i>	ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АНАЛИЗА И ЕГО КОНТРОЛЬ	132
8.1.	Вводные замечания	132
8.2.	Стандартные образцы	133
8.3.	Унификация, аттестация и стандартизация методик	135

8.4.	Нормативно-техническая документация	136
8.5.	Хеометрика. Метрология анализа	137
<i>Глава 9. «КЛАССИЧЕСКАЯ» АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</i>		
	ОТ ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XIX В.	140
9.1.	Вводные замечания	140
9.2.	Период пробирного искусства	141
9.3.	Развитие химических методов анализа	146
9.4.	Теоретические основы химических методов анализа	153
<i>Глава 10. «ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ» АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</i>		
	В XIX–XX ВВ.	156
10.1.	Развитие инструментальных методов анализа	156
10.2.	Колориметрический, фотометрический, спектрофотометрический методы	156
10.3.	Люминесцентный анализ	159
10.4.	Атомно-эмиссионный анализ	160
10.5.	Атомно-абсорбционная спектрометрия	162
10.6.	Рентгеновские методы	164
10.7.	Радиоспектроскопические методы	165
10.8.	Масс-спектрометрический анализ	166
10.9.	Радиоаналитические (ядерно-физические и радиохимические) методы	169
10.10.	Хроматографические методы	171
10.11.	Электрохимические методы анализа	178
10.12.	Кинетические методы	182
<i>Глава 11. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ В СССР И РОССИИ</i>		
		184
11.1.	Вводные замечания	184
11.2.	Ранняя история	185
11.3.	Научные исследования в XVIII–XIX вв.	186
11.4.	Советский период	189
<i>Глава 12. ГЕОГРАФИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</i>		
		202
12.1.	Вводные замечания	202
12.2.	Аналитическая химия в России	202
12.3.	Украина	207
12.4.	Соединенные Штаты Америки	207
12.5.	Европейские страны	210
12.6.	Япония, Китай, Австралия	216

<i>Глава 13. ПРЕПОДАВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ.</i>	
ПОДГОТОВКА КАДРОВ	220
13.1. Вводные замечания	220
13.2. Содержание общего курса аналитической химии. . .	221
13.3. Методические вопросы.	222
13.4. Учебники	224
13.5. Кафедры аналитической химии.	227
13.6. Подготовка «профилированных» аналитиков	231
13.7. Подготовка кадров высшей квалификации	233
13.8. Переподготовка кадров.	234
<i>Глава 14. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ</i>	
<i>ХИМИИ</i>	239
14.1. Вводные замечания	239
14.2. Стимулы развития	239
14.3. Фундаментальный и прикладной аспекты.	240
14.4. Связи аналитической химии с другими науками . . .	241
14.5. Соотношения направлений и проблем аналитической химии	243
<i>Глава 15. ПЕРСПЕКТИВЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ</i>	
<i>И ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА</i>	246
15.1. Вводные замечания	246
15.2. Основные тенденции развития аналитической химии	246
<i>Приложение. Журналы, публикующие статьи</i>	
<i>по аналитической химии</i>	255