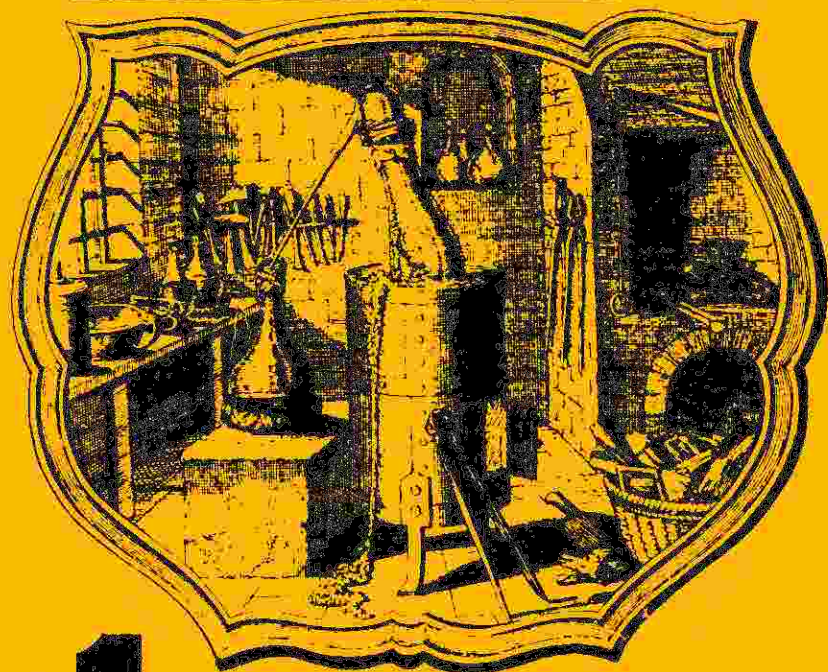


В. ШТРУБЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ХИМИИ



1

Что изучает наука история химии. Не с деяниями могущественных князей или прославленных полководцев, а с бессмертными именами Колумба, Коперника, Кеплера, Галилея, Ньютона связана история прогресса в естествознании и состояние духовного развития в наше время.

Юстус Либих

МИР

Der historische Weg der Chemie

Band I

Von der Urzeit bis zur industriellen Revolution

Von Dr. phil. habil.

Wilhelm Strube

3., überarbeitete Auflage

**VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
Leipzig**

В. Штрубе

Пути развития химии

В двух томах

Том 1

**От первобытных времен
до промышленной революции**

Перевод с немецкого
канд. хим. наук В. А. Крицмана

под редакцией
д-ра хим. наук Д. Н. Трифонова

Москва „Мир“ 1984

ББК 24
Ш93
УДК 54

Штрубе В.

Ш93 Пути развития химии: в 2-х томах. Т. 1. Пер. с нем.—
М.: Мир, 1984.— 239 с., ил.

Вопреки сложившейся традиции излагать историю науки как историю идей и теорий автор из ГДР В. Штрубе дает оригинальную трактовку развития науки: он стремится показать, как открытия, изобретения, накопление новых знаний и становление научной химии способствовали развитию общества.

Для широкого круга читателей.

Ш $\frac{1801000000-348}{041(01)-84}$ 3-84, ч. 1

ББК 24
54

Редакция литературы по химии

© VEB Deutscher Verlag für Grundstoffin-
dustrie, Leipzig, 1976, 1978, 1981
© Перевод на русский язык, «Мир», 1984

Предисловие редактора перевода

Эта небольшая по объему книга озаглавлена «Пути развития химии». Подзаголовок уточняет хронологические рамки излагаемого материала: «От первобытных времен до промышленной революции», т. е., по существу, до конца XVIII в. Столь огромный временной интервал предъявляет вполне определенные и серьезные требования любому автору, поставившему цель осветить важнейшие проблемы, связанные с возникновением и накоплением химических знаний и началом становления химии как науки. При этом первостепенное значение имеет умение автора отбирать соответствующие сведения и факты, выявлять их взаимосвязь, оценивать степень достоверности и устанавливать их роль в эволюции человеческих знаний. Особенно важно, чтобы автор поставил во главу угла свою, достаточно четкую концепцию, свое собственное видение последовательности и специфики развития химических представлений.

В мировой литературе насчитывается довольно много капитальных трудов, в которых с тех или иных позиций рассматривается процесс накопления химических знаний в период до становления химии как науки, но фактически такие труды не подвергались детальному анализу. Пожалуй, лишь Г. В. Быков — один из известных советских историков химии — кратко охарактеризовал наиболее фундаментальные из них*. Основываясь на его сводке, мы скажем несколько слов об этих трудах, чтобы читатель мог составить определенное представление об историографии химии.

Одной из самых ранних является работа Т. Бергмана, состоящая из двух частей: «О происхождении химии» (1779 г.) и «История химии в средние, или темные, века от середины VII в. до середины XVII в.» (1782 г.). Это, по-видимому, первый печатный источник, где развиваются соображения о предмете истории химии и пользе его изучения. В 1797—1799 гг. И. Гмелин опубликовал капитальный трехтомный труд «История химии со времен становления науки до конца восемнадцатого столетия», основанный на изучении первоисточников. В значительной степени он представляет собой аннотированную хронологию событий. Но в то же время Гме-

* См. Крицман В. А., Быков Г. В. Герман Копп (1817—1892).— М.: Наука, 1978.

лин обсуждал некоторые методологические проблемы истории химии, в частности отмечал влияние социологии, философии, потребностей медицины и т. д. на развитие химии. Трехтомник Гмелина послужил важным источником сведений для историков химии впоследствии. В первой половине XIX в. получили достаточно широкую известность двухтомная «История химии» (1830—1831 гг.) Т. Томсона, а также двухтомная «История химии с давних времен до нашей эпохи» (1842—1843 гг.) Ф. Хёфера.

Но, безусловно, центральной фигурой среди историков химии девятнадцатого столетия (да и всех предшествующих) стал Герман Копп, который посвятил историко-химическим проблемам почти 50 лет жизни. Едва ли будет преувеличением считать его основоположником современной научной истории химии. Им опубликовано несколько фундаментальных работ, среди которых подлинно классической является четырехтомная «История химии», увидевшая свет в 1843—1847 гг. Этот труд не утратил своего значения и до настоящего времени. Копп, по существу, впервые предложил научно обоснованную периодизацию развития химии, выделив пять самостоятельных этапов: 1) с древнейших времен до IV в. н. э. — период накопления эмпирических фактов, которые еще не охватывались теоретическими представлениями; 2) время расцвета алхимии (IV в. — начало XVI в.); 3) развитие иатрохимии (вторая четверть XVI в. — середина XVII в.); 4) господство теории флогистона (середина XVII в. — третья четверть XVIII в.) и 5) развитие количественных методов исследования в химии (начиная с последней четверти XVIII в.). Предложенная Коппом периодизация впоследствии подвергалась большей или меньшей детализации, но сохранила свой основной каркас.

Главная задача, которую ставил перед собой Копп, — подвести своеобразные итоги развития химии, ставшей к середине XIX в. самостоятельной областью науки. Большой интерес представляет высказанная им мысль, что изучение истории химии должно помогать дальнейшему развитию теоретических взглядов.

Копп принадлежит к числу крупнейших исследователей алхимии в ее исторической эволюции. В 1886 г. он опубликовал двухтомник «Алхимия в старое и новое время», где попытался дать анализ истории алхимии со времени ее возникновения до начала XIX в. Эта работа Коппа наряду с книгой его последователя Э. Липпмана «Возникновение и развитие алхимии» считается важнейшим материалом для исследователей, занимающихся историей алхимии.

Среди других крупных историков химии XIX в. следует назвать К. Шорлеммера, Э. Мейера (его книга «История химии от древнейших времен до настоящих дней» в 1899 г.

была переведена на русский язык с предисловием Д. И. Менделеева, который отметил чрезвычайную полезность издания), А. Вюрца, А. Ладенбурга.

Первым отечественным изданием по истории химии стала книга Н. А. Меншуткина «Очерк развития химических воззрений» (1888 г.), в основном посвященная проблемам теоретической химии.

В девятнадцатом столетии происходило стремительное накопление химических знаний; оно неизмеримо возросло в XX в. Четко обрисовалась тенденция к дифференциации химии на многочисленные самостоятельные научные дисциплины. Огромный объем накопленной химической информации закономерно привел к тому, что перед историками химии возникли новые специфические проблемы. Объектом исторического анализа все больше становилось не развитие химии в целом, начиная с древнейших времен, а отдельные периоды ее эволюции или развитие отдельных ее направлений с момента их возникновения. Одному автору оказывалось уже не под силу провести детальное исследование возникновения и прогресса химических знаний, доводя изложение до современной ему эпохи.

Единственная попытка такого рода в XX в. — грандиозный труд Дж. Партингтона «История химии», состоящий из четырех томов общим объемом более 3000 страниц; можно лишь выразить сожаление, что он не переведен на русский язык. При жизни автора были изданы три тома; второй том (1961 г.) охватывает период XVI—XVII вв.; третий (1962 г.) — XVIII в. и четвертый (1964 г.) — XIX в. и часть XX в. Первый том Партингтон не завершил, и книга была издана в 1970 г. после смерти автора. Этот том посвящен античным философским проблемам, которые впоследствии были так или иначе «ассимилированы» развивавшимися химическими представлениями. С наибольшей полнотой Партингтоном изложен материал, относящийся к истории химии XVI в. — первой половины XIX в. Далее же «дало себя знать» нарастающее обилие химической информации, и последующее изложение носит фрагментарный характер, содержит немало упущений и неточностей. В целом труд Партингтона скорее представляет (сошлемся на мнение видного советского историка химии С. А. Погодина) уникальный биобиблиографический справочник по истории химии, содержащий огромное количество фактов и сведений, особенно относящихся к XVI—XVIII вв. Что же касается влияния социологических и экономических факторов на развитие химии, то эти аспекты Партингтон фактически оставляет вне рамок своего рассмотрения. Учет упомянутых аспектов требует специального исследования.

В известной степени к таким исследованиям можно от-

нести предлагаемую вниманию читателя книгу В. Штрубе. Но все же основное ее содержание посвящено анализу, так сказать, обратной связи. Как пишет сам Штрубе в предисловии, в этой книге он пытался дать представление об основополагающих направлениях химии в диалектической взаимосвязи. Автор стремился тем самым ответить на вопрос, как открытия, изобретения и накопление новых знаний способствовали развитию общества.

Характеризуя поставленную задачу, В. Штрубе замечает, что небольшой объем этой книги позволяет сосредоточить внимание лишь на наиболее важных событиях истории химии; при этом главная цель состоит не в том, чтобы читатель узнал о бесчисленном количестве мелких фактов из истории химии, а в том, чтобы у него пробудилось историческое мышление и как следствие этого понимание исторической взаимосвязи различных событий развития химии.

В отличие от многочисленных изданий по истории химии, опубликованных за последние полтора века, В. Штрубе в настоящей работе предлагает читателю познакомиться с оригинальными концепциями исторического развития химии и с новой трактовкой исторических фактов.

Судя по всему, содержание данной книги находится в тесной связи с содержанием другой работы этого же автора «Химия и ее история», опубликованной в ГДР в 1974 г. Сам Штрубе указывает, что в ней детально обсуждаются предмет и метод истории химии, анализируются существующие монографии и характеризуются основные экспериментальные методы химии. Эта тематика получила определенное освещение и в настоящей работе автора, где он в ходе изложения материала часто опирается на сформулированные им в книге 1974 г. законы развития истории химии (законы расширения потребностей, накопления и наивысшего развития знаний, расширения проблематики) для анализа обширного фактического материала. В этом смысле налицо оригинальность авторского метода исследования, хотя принципы формулируемых им законов так или иначе использовались и другими историками химии и фактически отражают эволюционные и революционные фазы в развитии химии.

Мы отнюдь не ставим целью сколь-либо детальный разбор содержания «Путей развития химии» — это задача рецензентов. Разумеется, целостное впечатление о том, как Штрубе удалось реализовать свои концепции, можно будет получить после того, как выйдет в свет второй том этой книги, охватывающий период от промышленной революции до начала XX в. Но, безусловно, чтение книги Штрубе наводит на размышления, и уже в одном этом заключается ее достоинство. Она рассчитана преимущественно на достаточно подготовленного читателя, имеющего определенный запас знаний в области

истории химии и потому способного критически воспринимать существо излагаемого материала. Однако и для людей, далеких от истории химии, но интересующихся проблемами развития естествознания, знакомство с книгой В. Штрубе может оказаться весьма полезным.

Конечно, не со всеми утверждениями автора можно безоговорочно согласиться. В книге, кроме того, встречаются отдельные смысловые и хронологические неточности (по возможности они были устранены в процессе перевода). Тем не менее мы сочли целесообразным отказаться от подробного комментирования авторского текста. Лишь в ряде случаев переводчиком были сделаны необходимые примечания.

Приводимый в книге В. Штрубе список рекомендуемой литературы в основном содержит редкие, малодоступные издания. Для советского читателя мы можем рекомендовать отечественные работы, характеризующие тот хронологический период, который рассматривается в книге В. Штрубе. Из изданий последнего времени следует, например, отметить книги Н. А. Фигуровского «Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в.» (М.: Наука, 1969), В. Л. Рабиновича «Алхимия как феномен средневековой культуры» (М.: Наука, 1979), а также главы книги «Всеобщая история химии. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII в.» (М.: Наука, 1980), написанные Н. А. Фигуровским, И. Р. Селимхановым и В. В. Ивановым, А. В. Ахутиным, В. П. Визгиным.

Д. Н. Трифонов

Предисловие автора

В настоящем, третьем издании этой книги учтены результаты специально проведенной дополнительной исследовательской работы, а также приняты во внимание отзывы отечественных и зарубежных читателей первого и второго изданий.

Здесь, как и в предыдущих изданиях, основной упор делается на анализ важнейших процессов развития химии. Главная цель этой книги — не забивать голову читателя бесконечным числом частных фактов, а дать обобщенную картину исторического процесса и попытаться ответить на вопрос: как люди пришли к открытиям, изобретениям и новым знаниям, оказавшим определяющее влияние на развитие цивилизации.

Автор благодарен за ценные советы д-ру Ирен Штрубе, профессору д-ру Зигфриду Энгельсу, д-ру естественных наук Рюдигеру Штольцу, профессору д-ру Йосту Вейеру.

Вскоре читатель сможет ознакомиться и со вторым томом книги «Пути развития химии», который посвящен истории химии классического периода — с 1787 по 1913 г.

В. Штрубе

Что изучает наука история химии

Не с деяниями могущественных князей или прославленных полководцев, а с бессмертными именами Колумба, Коперника, Кеплера, Галилея, Ньютона связана история прогресса в естествознании и состояние духовного развития в наше время.

Юстус Либих [1]

Химия и цивилизация

Современное общество (современная цивилизация)— это результат развития человечества начиная с древнейших времен, о которых мы располагаем наименьшей информацией. Период времени, по отношению к которому мы осознаем себя, исторически необычайно мал по сравнению со многими тысячелетиями, прошедшими с той поры, когда человек появился на Земле.

Причины нашего внимания к прошлому весьма разнообразны. Каждое поколение людей, обращаясь к истории, стремится отыскать в прошлом новые факты и идеи. Решению основополагающих естественнонаучных проблем всегда сопутствует повышение интереса к изучению истории.

В наше время победное шествие научно-технической революции и тесно связанные с ней громадные социальные и политические проблемы повысили интерес к истории естествознания и техники. Сейчас любая область современного промышленного и сельскохозяйственного производства развивается в тесной взаимосвязи с естественными науками. Только благодаря достижениям естественных наук человек начал широко использовать электричество, радио, телевидение, минеральные удобрения, антибиотики, пластмассы. Именно естествознание сдвинуло с места автомобиль, подняло в воздух самолет, позволило получить аммиак из воздуха, обуздать энергию атома и т. д. За последние сто лет научная мысль совершила настоящую техническую революцию, не только качественно изменив уже существующую технику, но и создав совершенно новые направления технического прогресса.

Успехи естествознания и развитие техники решающим образом изменили облик современного мира. Со времен Коперника, Кеплера, Ньютона Земля больше не рассматривается как центр мироздания; наша Земля — это одна из планет в невообразимо громадном космосе. За последние 100—150 лет были успешно раскрыты тонкие механизмы процессов горения, роста растений, выявлены возбудители многих инфекционных заболеваний, открыт закон сохранения энергии и установлена взаимосвязь между массой и энергией, изучено

строение атома и распад атомных ядер. Современные представления о макро- и микромире сформированы благодаря трудам таких выдающихся ученых, как А. Лавуазье, Ю. Либих, М. Фарадей, Дж. Максвелл, А. Кекуле, Д. И. Менделеев, М. Планк, Э. Резерфорд, А. Эйнштейн, М. Борн, О. Ган, Ч. Дарвин, Л. Пастер, Р. Вирхов, Р. Кох, и многих других замечательных исследователей, а также их сотрудников.

Почти каждый человек сейчас отчетливо сознает, что достижения естествознания, техники и медицины оказали большое влияние на улучшение условий его жизни и работы. Однако мало кто задумывается о путях научно-технической революции и почти никто не вспоминает одно из важнейших положений диалектики Гегеля: ключ к пониманию любых явлений можно найти при рассмотрении процесса их возникновения, т. е. изучая их историю.

История — наука, целью которой является изучение процесса развития общества, — помогает осмыслить события, вызвавшие коренные изменения в общественной жизни. Лишь основанный на марксистском мировоззрении анализ истории позволяет сделать предметом исторической науки экономические проблемы и неразрывно связанные с ними вопросы развития промышленности, естествознания и техники. Правильная оценка исторических событий во многом определяется глубиной и многоплановостью понимания истории общества. История так же неразрывно связана с проблемами современности, как настоящее связано с прошлым и будущим. Задача истории как науки заключается в том, чтобы направить деятельность общества на путь социального прогресса и гуманизма. И в этом аспекте история естествознания имеет громадное значение для духовного и материального развития общества.

Индустриализация, связанная с развитием химии, породила немало проблем, которые нельзя разрешить, не понимая правильно историю человеческого общества. Загрязнение почвы, воды и воздуха, нарушение биологического равновесия, хищническая разработка месторождений полезных ископаемых — все это угрожает самому существованию цивилизации. Рост производства удобрений, пластических масс или текстильных изделий отнюдь не способствует уменьшению этой угрозы.

Фридрих Энгельс убедительно показал важность этой проблемы. «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой, — писал Энгельс, — за каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значения первых». Приведя исторические примеры, подтверждаю-

щие эти положения, Энгельс продолжал: «и так на каждом шагу факты напоминают нам о том, что мы отнюдь не властвуем над природой так, как завоеватель властвует над чужим народом, не властвуем над ней так, как кто-либо находящийся вне природы,— что мы, наоборот, нашей плотью, кровью и мозгом принадлежим ей и находимся внутри ее, что мы, в отличие от других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять»*.

Не следуя такому единственно правильному отношению к природе, человечество может уподобиться ученику волшебника (природы), желающему получить от учителя лишь формулу потребления, которая оказывается в конце концов формулой разрушения, а не рецептом разумного использования богатств природы. История сохранила многочисленные примеры такого нерасчетливого отношения к природе, однако новые поколения людей либо не знают о них, либо просто не принимают их во внимание. Вряд ли кто-либо решился бы утверждать, что актуальные в наши дни проблемы охраны окружающей среды никогда ранее никем не ставились. Но угроза загрязнения нашей планеты, возможно, не приняла бы таких размеров, как теперь, если бы в сознании ученых — естествоиспытателей и творцов новой техники — уроки истории получали бы такой же отклик, как сообщения о научных достижениях.

Химия и производство

С начала XX в. химия приобрела столь большое значение в жизни общества, что могло показаться невероятное: химикам удалось наконец-то получить таинственный «философский камень», поисками которого на протяжении столетий тщетно занимались алхимики. Создание фундаментальных химических теорий, а также широкое использование химических методов для изучения строения и свойств разнообразных веществ определили в значительной мере поразительный прогресс сельского хозяйства, промышленности, медицины. Это время ознаменовалось резким увеличением объема производства и значительным повышением качества красителей, удобрений, лекарственных препаратов, взрывчатых веществ, газов, бумаги, масел, жиров, моющих средств, косметики, пленок, строительных материалов, металлов, стекла и керамических изделий. На основе химических процессов возникли абсолютно новые отрасли промышленности, продукция которых убедительно говорит о широких возможностях химии.

Действительно, немного найдется наук, которые бы оказали такое же сильное влияние на развитие цивилизации,

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 495—496.

как химия. И вряд ли в наши дни можно назвать хоть одну область деятельности человека, где бы не применялись ее достижения.

Значение химии

Нередко временем формирования химии как науки считают XIX в. Однако вряд ли справедливо полагать, что до этого химия играла менее важную роль в жизни человеческого общества. И нет большего заблуждения, чем считать более чем тысячелетний период развития химических знаний — эпоху алхимии — временем бессмысленного растрачивания энергии людей в тщетных попытках получения золота.

Лайнус Полинг, один из выдающихся химиков XX в., определил химию как «науку о веществах — об их строении, свойствах, о реакциях, в результате которых одни вещества превращаются в другие» [2, с. 1]. Таким образом, можно сказать, что химия охватывает все области человеческой деятельности, в которых используются превращения веществ. А превращения происходят повсюду (правда, с различной скоростью), если имеется хотя бы небольшое количество веществ, которые могут взаимодействовать при определенных условиях. Поэтому область применения химических знаний необычайно широка.

В 1877 г. «Союз охраны интересов химической промышленности Германии» принял решение субсидировать развитие отраслей производства, которые могли иметь прямое отношение к химической индустрии. В этом решении перечислялись следующие области химической промышленности: производство неорганических веществ (соды и серной кислоты); сухая перегонка древесины; получение азотсодержащих веществ и карбидов; производство красителей из каменноугольной смолы; получение взрывчатых веществ, фотохимических реактивов, минеральных красителей, препаратов для дубления кож, а также изготовление косметики, чернил, штукатурки, составов для полировки и очистки поверхностей. Вниманием «Союза» было отмечено: производство асфальта, толя, эфирных масел, душистых веществ, фосфорных удобрений, клеев, желатины, олифы и лаков, а также смолокурение. Кроме того, указывались: получение первой пластмассы — целлулоида; изготовление красок для покрытия стеклянных и керамических изделий, а также препаратов, предохраняющих от гниения кожу; получение искусственного шелка и, наконец, средств для дезинфекции. Правда, в этом решении к химической промышленности не были отнесены отдельные производства, в которых на важнейших технологических стадиях использовались химические реакции и которые своим возникновением и развитием были обязаны химии. Это — металлургия,

коксование каменного и бурого угля, получение светильного газа и минеральных масел, производство цемента и стекла, выделка кожи, получение целлюлозы и бумаги, сахароварение, пивоварение, виноделие и винокурение.

Разграбление различных областей промышленности все более усложнялось, что было вызвано требованиями экономики. В конце XIX в. возникали новые методы синтеза и на их основе зарождались новые отрасли химической промышленности. В 1877 г. ни один даже самый образованный и широко мыслящий химик не мог предположить, что лишь спустя несколько десятилетий можно будет получать путем синтеза такие вещества, как аммиак из азота воздуха, бензин из каменного угля и многие другие важные продукты (резину, пластмассы, синтетические волокна). При этом, как сказано выше, многие отрасли, использующие химические методы обработки веществ, не считались отраслями химической промышленности, поскольку сложилось убеждение, что к чисто химическим относятся лишь производства, в которых химические процессы лежат в основе получения большей части продукции.

По сути же дела любое производство, в котором используется химическое превращение веществ, является химическим. Другая группа производств основана на физических процессах, приводящих главным образом к изменению формы вещества или к преобразованию энергии. Третью группу составляют производства, основанные на биологических процессах.

Для химического производства характерно то, что в нем осуществляется направленное превращение вещества вплоть до образования нужного продукта или до выделения его из смеси либо до его разложения. Причем, чтобы провести химическую реакцию с образованием вещества повышенной ценности, как правило, требуется затратить энергию (тепловую или электрическую) либо использовать катализаторы.

Для механической обработки природных материалов необходимы такие инструменты, как топоры, пилы, молотки, веретена и т. п., чтобы при помощи их можно было изготовить из дерева, скажем, стол, из жести кастрюлю, из шерсти пряжу. Чтобы, например, приготовить вино из винограда, сварить пиво, перегнать этиловый спирт, получить серную кислоту или соду, и вообще получить продукты химической переработки, нужны исходные вещества, сосуды для проведения превращений и разнообразные приспособления (насосы для перекачки жидкостей, устройства для их перемешивания), а также энергия для проведения реакции и т. д.

Вначале химия существовала как ремесленное производство. Впоследствии в результате разделения труда и развития химического производства на его основе возникли новые

направления человеческой деятельности. К ним относятся натурфилософские системы античности, древний пробырный анализ, алхимия. Затем возникли медицинская химия и «экспериментальная натурфилософия» эпохи Возрождения. Далее последовательно формировались теоретическая и прикладная химия (XVIII в.), промышленная, органическая и физическая химия (XIX в.), радиохимия, биохимия и квантовая химия (XX в.). Но при всем разнообразии отраслей химии всех их объединяет общая цель — путем химического превращения получить нужный продукт или новые знания о природе веществ.

Все эти вопросы и составляют предмет изучения истории химии.

Химия и ее история

Это издание не претендует на всеобъемлющий анализ общей картины развития естественных наук. Небольшой объем книги позволяет сконцентрировать внимание лишь на наиболее важных событиях истории химии. Мы стремились не к тому, чтобы познакомить читателя с многочисленными мелкими фактами из истории этой науки, а к тому, чтобы дать общую картину развития химии в исторической взаимосвязи различных событий. По трактовке и освещению многих событий эта книга отличается от трудов по истории химии, изданных за последние полтора века. В связи с этим мы должны сделать несколько замечаний.

Около двухсот лет назад были предприняты первые историко-научные исследования и написаны первые книги по истории химии. Это было время скачкообразного развития самой науки. Более чем тысячелетний период накопления естественнонаучных знаний закончился в XVIII в. формированием химии как самостоятельной научной дисциплины, были созданы новая система обучения и терминология. Химические исследования были направлены на решение актуальных задач познания природы и на использование достижений химии в промышленности.

Результаты наблюдений химиков-практиков средневековья в это время начали забываться, поскольку в XVIII в. было получено много новых, гораздо более точных, экспериментальных данных. Но ведущие химики XVIII в. понимали громадное значение работ своих предшественников. Поэтому они приложили немало усилий для публикации многочисленных сборников химических «операций», проведенных в средние века.

На первых историков химии — Торберна Бергмана, Иоганна Христиана Виглеба и Иоганна Фридриха Гмелина — обилие накопленных результатов исследований произвело очень

большое впечатление. Поэтому они пытались собрать все эти наблюдения и описать их в хронологическом порядке.

Их последователи — Иоганн Бартоломей Троммсдорф, Жан Батист Дюма, Юстус Либих, Герман Копп, Фридрих Хёфер — уже делали попытки проанализировать исторические факты с определенной точки зрения. Более всех это удалось Герману Коппу. Он пришел к убеждению, что характер проводимых работ определялся главным образом задачами, поставленными химиками перед собой. Так, например, на протяжении довольно долгого исторического периода (от 300-х и до 1600-х гг.) они стремились получить золото из неблагородных металлов. Поэтому Копп назвал этот период алхимическим. Тогда, разумеется, еще не существовало подлинно научной химии, хотя и в древности люди использовали многие химические превращения. Но методы химиков тех времен Копп рассматривал как чисто эмпирические и найденные случайно. Исторический период, последовавший далее, Копп назвал периодом иатрохимии (медицинской химии), поскольку основным направлением химических знаний до 1700-х гг. было получение лекарств. Вслед за периодом иатрохимии Копп выделил еще два периода развития химических знаний: периоды флогистонной и количественной химии. Период флогистонной химии Копп назвал по господствовавшей в XVIII в. «флогистонной теории». Термин «флогистон» образован от древнегреческого слова «флогистос», что означает «воспламеняемый», «горючий»; «флогистон» — особая «субстанция», которая якобы определяет механизм процессов горения.

В конце XIX в. немецкий ученый Альберт Ладенбург принял в качестве главного принципа науки истории химии представления своего соотечественника Вильгельма Оствальда: без анализа прогресса химического эксперимента и развития химической промышленности нельзя понять общие закономерности становления химии как науки.

Среди ученых часто вспыхивают споры вокруг проблемы: начиная с какого исторического момента можно говорить о возникновении химии как науки? Одни исследователи отстаивали точку зрения, что химическая наука возникла лишь после того, как ученые смогли объяснить причины и особенности протекания реакций. По мнению других, возникновение научной химии следует датировать временем постановки учеными перед собой научно-исследовательских задач. Копп, например, считал научными даже задачи алхимии, хотя, как стало ясно в XX в., задачи алхимиков были нереальны и в общем-то антинаучны.

Развитие химии всегда шло в нескольких направлениях, но в различные периоды на первый план выдвигались разные исследовательские задачи. Отличие заключено в характере

основополагающей в то или иное время научной идеи или теории. Специфика использования химического превращения веществ определяется тем, какую цель она преследует — получение какого-либо продукта или накопление новых знаний. Действительно, обе эти задачи вечно стоят перед человечеством, так как неразрывно связаны с целенаправленным использованием химических превращений.

Однако если абсолютизировать значение лишь одного направления в развитии химии, то, несомненно, нельзя избежать трудностей, с которыми и столкнулся Колп. Он рассмотрел эти трудности, проанализировал их с разных сторон, но не сумел найти удовлетворительного пути их преодоления.

Возникает вопрос: правомерно ли выделять в истории химии различные этапы (или периоды) развития? Никто не отрицает, что между химической практикой и теорией в древности, с одной стороны, и в наши дни — с другой, существует громадное различие. Разница (хотя и несколько меньшая) отчетливо заметна и при сопоставлении химических знаний иных, более близких исторических периодов. Для того чтобы провести периодизацию развития химии, нужно найти правильные критерии выделения исторических этапов. Эти критерии можно получить как следствия из закона накопления знаний и их наивысшего развития [3, с. 125—135]. Согласно этому закону, постепенное накопление практических и теоретических знаний приводит их к новому качеству, которое в свою очередь может служить основой дальнейшего развития науки. Постепенное накопление знаний за продолжительный исторический период приводит в конце концов к возникновению «революционной фазы», во время которой достигается наивысший уровень развития в теории или практике либо и в теории, и в практике.

Интенсивное развитие теории и практики в истории химии не всегда проходило одновременно. Фаза наивысшего развития знаний выявляется при анализе не только общего развития химии, но также и при рассмотрении эволюции ее отдельных направлений. И разумеется, в отдельные периоды и для различных направлений развития химии эти фазы наивысшего развития знаний различаются. Если, например, подразделить реальный материал истории химии на две исторические эпохи, то при подобном анализе становится очевиден глубочайший процесс преобразования фазы наивысшего накопления знаний в химии с конца XVIII в. С этого времени теория в химии стала приобретать все большее значение как неперемное условие целенаправленного проведения разнообразных превращений веществ. До конца XVIII в., напротив, особо важное значение для прогресса химии имели не столько теоретические основы, сколько практическое проведение разнообразных химических «операций».

Деление истории химии на эмпирические и теоретические эпохи нельзя понимать буквально: будто первые были посвящены главным образом практическим работам, а вторые — лишь теоретическим. В истории вообще (и в истории химии, в частности) не существует застывших границ между историческими периодами: и в «эпохи практики» проводились теоретические изыскания, и в «теоретические эпохи» практика всегда имела немалое значение для развития химии. Поэтому такое однозначное название эпохи не отражает ее содержания. Оно характеризует лишь направление работ, которое определяет специфику развития химических знаний в рамках значительного исторического периода.

Рассмотренные подходы к периодизации можно также положить в основу выделения исторических периодов становления химии в соответствии с законом накопления и наивысшего развития знаний.

Вопрос, на который постоянно должен отвечать историк науки, — как методологически подходить к анализу предмета — относится к области истории логики. Для его решения нужно выяснить, какое значение имели важнейшие события истории науки для развития общества. В этом случае наиболее полно будет проявляться фаза наивысшего развития знаний. Однако нельзя забывать, что развитие науки происходило не во всех странах и частях мира. Кроме того, понимание вклада ученых разных стран в развитие химических знаний зависит от уровня наших знаний об основополагающих химических исследованиях, проведенных в различные исторические эпохи. Довольно достоверны известные историкам науки сведения о развитии химических знаний и навыков в древних Индии, Китае, средневековой Аравии, а также в средневековой Европе.

Название «химия» происходит, как считают ученые, от древнегреческого слова «хемейя» (так называли Египет); другое предполагаемое, тоже древнегреческое слово, от которого образовался термин «химия», — «хюмейя» (от «хюма»), что означает «литье» металлов.

С самого начала использования человечеством химических превращений стали накапливаться определенные знания об особенностях их проведения. Позже на основе таких наблюдений возникли первые гипотезы о составе и свойствах веществ. Одновременно (в значительной мере под влиянием потребностей ремесленной практики) сформировалось мнение о том, что для развития человечества практические методы получения больших количеств различных веществ гораздо важнее, чем химические теории. Нельзя не отметить ограниченности любой одноплановой точки зрения. В действительности теоретический и практический аспекты изучения природы веществ развивались в тесной взаимосвязи; полученные

при этом знания и навыки привели впоследствии к возникновению научного естествознания. Хотя существующие в наши дни отношения между естественными науками и производством сформировались лишь в XIX в., предпосылки научного естествознания были созданы еще во времена античности. Однако долгое время развитие естественнонаучных представлений определялось главным образом результатами наблюдений, полученными в ремесленной практике при проведении разнообразных процессов. Поэтому, чтобы правильно понять существование в древности и в средние века соотношения между ремесленной (а позже производственной) практикой и развитием представлений о природе вещей, не следует оценивать эти отношения лишь с точки зрения современных взаимосвязей естествознания и промышленности.

В значительной мере такие рассуждения относятся и к развитию химической науки и химической промышленности. Химия как самостоятельная наука в современном понимании этого слова возникла лишь в XVIII в. До этого химические знания накапливались главным образом в процессе развития химических ремесел. Среди них в XVI—XVII вв. очень большую роль играло приготовление лекарственных препаратов. Развитие фармации в первую очередь, а также совершенствование иных химических ремесел определяли в то время прогресс химических знаний. Термин «знания» употребляется здесь не в узком смысле, описывающем только развитие теоретических представлений, но в гораздо более широком плане — как историческая категория.

В работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» Фридрих Энгельс выделил различные этапы «развития общества»*. В основу такого подразделения он положил труд, который рассматривал не как механическое выполнение операций, а как деятельность, точно определенную Карлом Марксом в «Капитале». Маркс определял труд как физические, психические и интеллектуальные возможности, которые реализуются лишь в сложном «процессе целенаправленного, целесообразного общения людей друг с другом»**. В простейшем же случае под трудом понимают — сознательно или неосознанно — опыт, который является исходным пунктом любого дальнейшего развития: определенные способы воздействия на вещества, связанные с конкретными операциями, ведут к некоторым предполагаемым результатам. Повторение этого процесса приводит к накоплению практических навыков и знаний, совершенствующихся при переходе от поколения к поколению. Под практическими навыками понимают не только механическую последовательность опе-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 486—499.

** Там же, т. 23, с. 189.

раций, но и совершенствование прикладных знаний. Применяемое здесь понятие «знание» — не априорно данное понятие, а исторически понимаемая категория. Так, например, для людей каменного века понимание влияния различных условий на рост растений имело такое же большое значение для прогресса в развитии навыков и знаний, как открытие важности применения удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, сделанное в XIX в. Юстусом Либихом.

В книге «Химия и ее история» [3] читатель найдет детальное рассмотрение предмета и метода истории химии, анализ опубликованных книг в этой области, ознакомится с основными методами экспериментирования в химии, узнает законы развития истории химии (расширения потребностей, накопления и наивысшего развития знаний, расширения проблематики). Читатель сможет получить также представление о месте истории химии в системе научных знаний, о соотношении истории химии с общей историей, а также о закономерностях развития химии, ее историографии и, наконец, об основных требованиях, предъявляемых к научным биографиям, и способах их написания.

В книге И. Вейера «Историография химии от Виглеба до Партингтона» (см. список рекомендуемой литературы в конце книги) детально рассмотрены важнейшие проблемы этой науки и приведен список работ немецких исследователей, а также ученых других стран по истории химии.

Химическая практика в древности (до нашей эры)

Как ни мало историческая наука знает до сих пор развитие материального производства, следовательно, основу всей общественной жизни, а потому и всей действительной истории, однако, по крайней мере, доисторические времена делятся на периоды на основании естественнонаучных, а не так называемых исторических изысканий, по материалу орудий и оружия: каменный век, бронзовый век, железный век*.

Карл Маркс

Огонь

Многokrатно проверенное на опыте убеждение, что целенаправленные действия всегда приводят к достижению определенных результатов, оказало очень сильное прогрессивное влияние на развитие цивилизации. Именно это убеждение помогло первобытным людям решительно раздвинуть рамки свойственной им в течение многих тысячелетий «первой животнообразной инстинктивной формы труда» [5, с. 185]**. Независимо от того, каким образом сформировалось это убеждение — при использовании биологических, физических или химических процессов, — понимание причин и особенностей превращения (даже если оно трактовалось как проявление сверхъестественных сил) способствовало осознанному применению орудий труда или использованию природных процессов. Собираение съедобных растений и охота привлекли внимание людей к изучению растений и животных. В то же время первобытный человек научился, используя такие простейшие орудия, как камень, дубинка, палка, копье или стрела, значительно увеличивать «силу» и «длину» своих рук.

В доисторические времена наибольшие знания сумели накопить земледельческие племена, ведущие оседлый образ жизни. Они раньше других поняли истину: от природы можно получить намного больше, если не ограничиваться лишь потреблением ее богатств, а пытаться их умножить. Для этого в первую очередь нужно улучшить условия выращивания необходимых для пищи растений — удобрить и тщательно подготовить почву, посеять достаточное количество семян, обильно поливать растения и следить, чтобы они не вымерзли. Все это позволяет значительно увеличить урожай, что хорошо понимали первобытные земледельцы. Земледельческие племена первыми приступили к одомашни-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 191.

** В этом источнике приведена цитата из т. 1 «Капитала». См. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 189. — Прим. перев.

ванию диких животных, а затем и к специальному разведению домашнего скота. Они сумели сделать правильные выводы из накопленных ранее охотничьими племенами наблюдений за повадками животных и рыб и за образом их жизни. Хотя истоки возникновения человеческого общества не прослеживаются четко, несомненно, что скотоводство и земледелие ускорили его развитие.

Переход людей от одной формы производственной деятельности к другой происходил в результате наблюдений и опыта за сотни и тысячи лет и, как правило, сопровождался революционными изменениями в техническом развитии и в общественной жизни; эти изменения находили свое отражение в значительном росте производительности труда и заметном улучшении условий жизни людей. Более высоких форм общественного развития смогли достичь только те народы, которые сменили кочевой образ жизни на оседлый. Накопленный ими опыт выращивания растений и ухода за животными послужил основой для получения новых, более сложных знаний. В этом проявляется характерная черта развития человеческого общества, описываемая законами накопления и наивысшего развития знаний; она заключается в постепенном накоплении результатов опыта и переходе их в новые знания.

Покорение огня

Огонь — универсальное средство защиты от диких зверей, холода, темноты — оказался в то же время необходимым средством труда*: с его помощью люди еще в древности жарили мясо и выпекали изделия из муки, добывали соль и сушили одежду. Огонь для первобытного человека был загадкой; он, казалось, «пожирал» древесину и, «пожирая», давал не только свет и тепло, но и очень нужную для земледелия золу; к тому же горение стало тем природным процессом, которым научились «управлять» первобытные люди.

Никакое другое средство труда не оказало такого громадного влияния на переход человечества к оседлому образу жизни, как огонь, который, правда, в то время весьма нелегко было добывать. Поэтому огонь нужно было постоянно поддерживать в очагах каждого жилища. Только повседневное использование огня позволило людям впервые осознать существование взаимосвязи природных явлений, преодолеть страх перед «диким зверем», «драконом» — огнем, попы-

* «Средство труда» — термин, широко использованный К. Марксом в т. 1 «Капитала». «Средство труда, — по К. Марксу, — есть вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат для него в качестве проводника его воздействий на этот предмет». См. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 190. — Прим. перев.

таться познать его сущность и «приручить». «Укротить» огонь удалось лишь тогда, когда человек научился не только поддерживать горение, но и самостоятельно добывать огонь. Остроумные приспособления, разнообразнейшие усовершенствования способов сохранения и получения огня, накопленные в течение тысячелетий, были в конечном счете посвящены одной цели — сделать природный процесс горения всеобщим средством труда и использовать его в разнообразных областях человеческой деятельности.

«На пороге истории человечества стоит открытие превращения механического движения в теплоту: добывание огня трением; в конце протекшего до сих пор периода развития,— писал Ф. Энгельс,— стоит открытие превращения теплоты в механическое движение: паровая машина. И, несмотря на гигантский освободительный переворот, который совершает в социальном мире паровая машина,— этот переворот еще не закончен и наполовину,— все же не подлежит сомнению, что добывание огня трением превосходит паровую машину по своему всемирно-историческому освободительному действию. Ведь добывание огня трением впервые доставило человеку господство над определенной силой природы и тем окончательно отделило человека от животного царства»*.

Значение огня для жизни ощущалось первобытным человеком настолько сильно, что в древности даже возникла легенда о даровании огня людям богами (легенда о Прометее). При переходе к оседлому образу жизни люди вынуждены были сразу же начать совершенствовать новое средство труда, используя его в первую очередь для развития земледелия. Затем огонь стал использоваться в разнообразных, тесно связанных с земледелием областях человеческой деятельности: при добывании воды, при строительстве жилых зданий и укреплений, для защиты от врагов. Без применения огня нельзя было и разводить домашних животных, которые так же, как почва и вода, по словам К. Маркса, являются «важнейшими средствами труда»**.

На осмыслении результатов использования разнообразных средств труда основаны и все открытые впоследствии важнейшие законы природы: биологические, физические, химические. До того как люди сумели их открыть и затем в полной мере оценить, в течение многих тысячелетий они практически применялись неосознанно, так как для практического применения оказалось достаточным обнаружить лишь внешние проявления этих фундаментальных законов. Человек «использовал механические, физические, химические свойства вещей для того, чтобы заставить их служить своим целям,

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 116—117.

** Там же, т. 23, с. 190.

сделать средством власти над другими вещами» [8, с. 18]. Любая область человеческой деятельности подтверждает правильность следующего положения К. Маркса: «животное, производящее орудия труда», отличается от обычного животного тем, что первое может произвести именно тот предмет, который оно себе заранее представляет. «Но самый плохой архитектор,— считал К. Маркс,— от наилучшей пчелы с самого начала отличается тем, что, прежде, чем строить ячейку из воска, он уже построил ее в своей голове. В конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в представлении человека, т. е. идеально. Человек, не только изменяет форму того, что дано природой; в том, что дано природой, он осуществляет вместе с тем и свою сознательную цель, которая, как закон, определяет способ и характер его действий и которой он должен подчинять свою волю. И это подчинение не есть единичный акт. Кроме напряжения тех органов, которыми выполняется труд, в течение времени труда необходима целесообразная воля, выражающаяся во внимании, и притом необходимая тем более, чем меньше труд увлекает рабочего своим содержанием и способом исполнения, следовательно, чем меньше рабочий наслаждается трудом как игрой физических и интеллектуальных сил»*. Вместе с тем исторически и логически ясно определено, что труд, который преодолел свою «первую животноеобразную инстинктивную форму», становится навсегда связанным с познанием взаимосвязей в природе*.

Таким образом, начало естественнонаучной деятельности человечества можно отсчитывать не с появления первых теорий, а с гораздо более раннего исторического периода, когда люди начали применять процессы изменения свойств веществ с целью получения необходимых для их существования продуктов. Теоретические знания вначале не имели никакого значения для использования этих процессов. С другой стороны, каждый факт выяснения взаимосвязи природных явлений, который устанавливали даже при неосознанном использовании процессов превращений веществ, способствовал становлению естественнонаучных знаний. Эти знания облегчали людям использование процессов получения разнообразных необходимых веществ.

Историки химии долгое время оживленно обсуждали принципиальный вопрос о непрерывности развития химических знаний. В большинстве историко-химических книг считалось, что химия как научная, «истинная» химия возникла лишь в конце XVIII в. Такое рассмотрение разрушает культурные, ис-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 189.

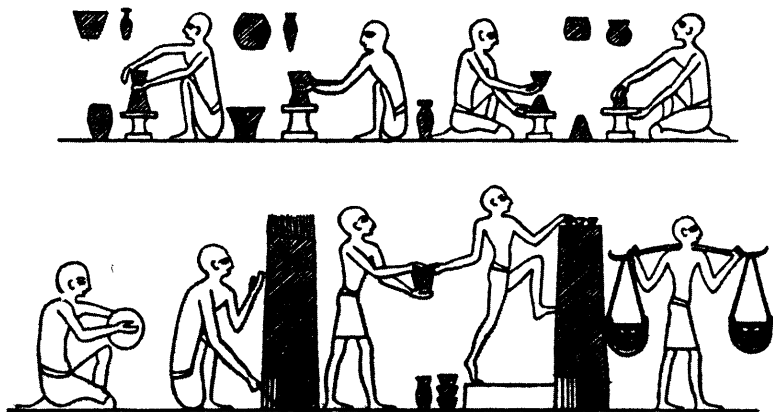
торически сложившиеся связи и прежде всего игнорирует тот факт, что человек стал использовать химические превращения веществ с той поры, когда он стал *homo sapiens*.

Во все исторические эпохи человек стремился осуществить превращения веществ.

Отдельные периоды развития химии различались, по существу, лишь глубиной понимания человеком важнейших законов превращений веществ. Огонь с самого начала его использования на заре истории человечества стал важнейшим средством труда. По мере развития ремесел в первобытном обществе в различных районах земного шара люди не только увидели новые возможности использования огня, но и осознали его важнейшее значение для совершенствования техники.

Первобытные земледельческие племена производили столько продуктов питания, что могли прокормить не только самих себя, но и ремесленников. Это обусловило дальнейшее разделение труда в обществе. Уже в то время, когда важнейшим сырьем для изготовления инструментов и оружия, кроме дерева и кости, считался камень, происходила концентрация ремесленного производства, главными продуктами которого были орудия из камня (кремня) и украшения (нередко из янтаря). Разделение труда получило дальнейшее развитие после появления и совершенствования гончарного искусства, с которого, пожалуй, началось первое широкое использование огня для получения важнейших предметов обихода. Это привело — уже на заре развития общества — к изготовлению керамических сосудов и иных изделий, предназначенных для сбора, хранения и перевозки воды, а также других продуктов. Сосуды из желудков животных, мелких плодов, древесины, кожи, применявшиеся до керамических, нельзя было подвергать нагреву. Поэтому использование сосудов из обожженной глины различных сортов оказало громадное влияние на совершенствование таких изделий. А это в свою очередь раздвинуло границы использования огня человеком.

Развитие гончарного искусства стимулировало широкое применение в первобытной технике еще одного вида природного сырья — различных сортов глины. В результате широкого использования различных сортов глины для изготовления керамических изделий возникла новая область техники того времени — обжиг. При помощи обжига стали изготавливать не только сосуды, но и кирпичи — очень важный строительный материал. Использование устойчивых к нагреванию сосудов позволяло не только готовить более вкусную пищу, но и консервировать ее (путем упаривания). Широкое применение этих процессов позволило уже в древности сделать ценные наблюдения и практические открытия. Важнейшими среди них были выделение жира, получение травяных отваров, упаривание растворов, получение яда из семян ядовитых растений для



Производство глиняных сосудов в Древнем Египте.

пропитки стрел — очень действенного оружия охотников и воинов. Все эти операции могли быть проведены лишь при нагревании различных продуктов растительного и животного происхождения в сосудах, устойчивых к действию огня. Таким же образом были получены животные жиры и различные масла — важнейшие материалы для осветительных устройств.

Наблюдения за изменением свойств жиров при нагревании оказали большое влияние на развитие способов освещения. Открытое пламя и лучину для освещения со временем сменили факелы и керосиновые лампы. Только после этого стала возможна постоянная работа в темных закрытых помещениях или шахтах, пробитых в горах для добычи полезных ископаемых. Вплоть до 1866 г., когда была изобретена динамо-машина, и даже до 1906 г., когда была изобретена электрическая лампа с танталовой нитью накаливания, на протяжении тысячелетий сжигание растительных и животных жиров оставалось основой разнообразных осветительных устройств. (Лишь ненадолго во время своеобразного «междоусобия» в господстве способов освещения на первое место выдвинулись лампы, в которых сжигалась нефть, а также газовые светильники — лампы и фонари.) Громадное влияние на развитие техники осветительных устройств оказало использование глиняных, а позже и металлических сосудов; это необычайно усовершенствовало изготовление светильников.

Производство гончарных изделий и другой ремесленной продукции способствовало благодаря первому естественному разделению труда возникновению торгового обмена. В дальнейшем, принимая все более регулярные формы, этот обмен происходил вначале между близко живущими племенами, а затем и между народами различных частей земного шара.

Необходимое для торговли широкое использование эквивалентов оценки разнообразных товаров, таких, как раковины, янтарь или жемчужины, подготовило возникновение денежного хозяйства. Развитие торгового обмена стимулировало также расширение потребностей людей в товарах. Оно сильно повлияло не только на становление ремесел, но также на совершенствование языка и письменности, развитие поэзии и искусства.

Результаты наблюдений за процессом обжига керамических изделий и совершенствования разнообразных конструкций печей для обжига способствовали развитию методов регулирования силы огня и достижения высокой температуры, что в свою очередь привело к повышению прочности сосудов после обжига. Достижение высоких температур имело очень важные последствия — оно позволило широко использовать новый вид минерального сырья — металлы.

Металлы и древесный уголь

Первые металлы, полученные из руд в нагревательных печах, — золото и серебро — не применялись для изготовления орудий труда. Эти металлы использовались лишь для выделки украшений и сосудов: чаш, кубков, бокалов. Изучение плавления металлов позволило развить представление о «земле», которая ведет себя совершенно по-иному при нагреве, чем различные виды глины. Глины, по своей природе мягкие и формующиеся, в огне становились твердыми. Другие «земли» (в основном загрязненные примесями) были хрупкими, но при нагреве становились жидкими — возникал расплав. Расплавленная очищенная «земля» (образовавшийся чистый металл или очень часто сплав золота и серебра) легко приобретала форму изделия, а после охлаждения становилась твердой, как камень.

Уже около 3000 лет до нашей эры искусство плавления металлов было известно в Египте, Вавилоне, Персии, Индии, Китае. Так огонь приобрел еще одно важное значение как орудие труда. Огонь использовали не только для получения металлических «земель», но и для разрушения скал, освещения рудников и шахт.

В результате многовекового опыта работы с печами для обжига люди научились подбирать и использовать горючие и огнеупорные материалы, а также создали устройства для подачи воздуха в печи. Древесный уголь и кузнечные мехи были «волшебным средством», позволившим уже в древности создать основы металлургической техники, которая вплоть до конца XVIII в. в принципе мало изменилась (за исключением объемов производства). Результатом вначале разрозненных,

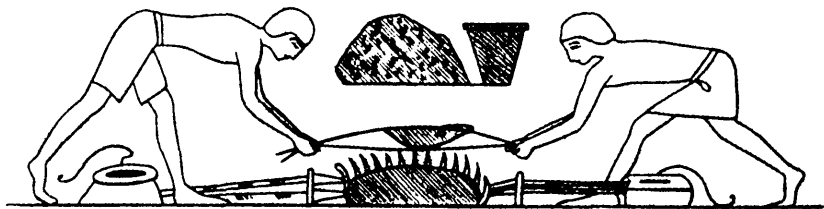


Получение металлов из руды и древесного угля в яме. Воздух вдувается кузнечными мехами.

а затем систематических наблюдений за горением различных видов древесины в открытых, полуоткрытых или закрытых печах было создание способов получения древесного угля. Только использование древесного угля позволило достичь высоких температур, с помощью которых оказалось возможным расплавить медь, олово и свинец. Древесный уголь люди смогли получить лишь после осознания роли воздуха при горении и при достижении довольно высокого уровня развития техники обжига. Наблюдения показали, что в процессе получения древесного угля образуются и другие продукты. Из них наибольшее значение для развивающейся техники того времени имели смола и вар. Они использовались для пропитки древесины при постройке судов, а также для обработки природных волокон при изготовлении водонепроницаемой одежды.

Дальнейшее развитие способов воздействия огня на вещество привело к становлению металлургии меди и особенно бронзы. Это в свою очередь оказало громадное влияние на всю историю человечества.

Медь, из которой изготавливали сосуды и украшения, была практически непригодной для изготовления инструментов и оружия. Ее можно было использовать для этих целей, лишь предварительно соединив в довольно твердом сплаве с мышьяком (как это делали, например, в Древнем Египте). Достижение высоких температур и изучение расплавов «земель» привели людей в дальнейшем к использованию других металлов: олова, свинца, ртути и железа. Металлургии древности, установившие, что из определенной смеси меди и олова (жители Вавилона вместо олова использовали свинец) можно изготовить сплав по пластичности и твердости не



Добыча металла в Древнем Египте. В неглубокую яму укладывали слоями руду и древесный уголь. Смесь поджигали и покрывали глиняной пластиной. При помощи кузнечных мехов в яму вдвухали воздух.

хуже сплава меди с мышьяком, по своей наблюдательности вряд ли уступали С. Томасу или Г. Бессемеру — реформаторам металлургии XIX в. В металлургии бронзы воплотились с наибольшей силой знания о свойствах металлов, накопленные ранее при развитии металлургии золота и серебра. Это в первую очередь знания индивидуальных свойств золота и серебра, а также представления об изменении свойств при смешении этих металлов.

В исторической науке выделяют даже специальные периоды, связанные с преобладанием в жизни человеческого общества определенного материала, — «каменный век» и «бронзовый век». Правда, такое выделение периодов довольно несовершенно, поскольку оно связано лишь с использованием одного вида сырья. С таким же правом можно было бы говорить о «масляном веке»: так же как в наши дни, в древности использование нефти оказало громадное влияние на развитие ремесел. В древнем мире широкое применение бронзы стимулировало совершенствование техники металлургии цветных металлов: использование древесного угля, мехов для подачи воздуха и иных технических устройств. И все-таки весьма спорно целую эпоху развития человечества характеризовать лишь по использованию одного из видов сырья, потому что сырье не может в значительной степени определять развитие техники на протяжении громадной исторической эпохи. Категории типа «каменный век», «бронзовый век» и т. д. надо применять очень осмотрительно. Так, например, в «каменном веке» действительно из наиболее твердых и острых камней изготавливали особые орудия труда — для обработки веществ ударом и резанием. При этом ни в коем случае не следует забывать, что в «каменном веке» большое значение как сырье для изготовления орудий труда имели также дерево, кость и, конечно, различные виды глины. Учитывая влияние бронзы на переход от «каменного века» к «эпохе металлов», многие историки назвали первый

этап этого периода «бронзовым веком». Но предпосылки для создания металлургии были заложены в гораздо большей мере не распространением бронзы, а начавшимся незадолго до этого широким применением огня в качестве средства труда. С помощью нагревания люди сумели получить все известные в то время металлы.

Бронза заменила камень как основной материал для изготовления орудий труда, оружия и предметов обихода.

Эта замена означала переход к более высокой производительности труда. Даже само изготовление бронзовых инструментов по сравнению с выделкой каменных приспособлений требовало более квалифицированного труда. «Прибавочный продукт» при этом возрастал, а труд людей становился более производительным. Это время ознаменовалось распадом первобытнообщинного строя и возникновением в некоторых районах Земли рабовладельческих государств, которые укреплялись и расширяли свои границы. Однако в других частях мира, как, например, в Северной и Центральной Европе, «бронзовый век» (1900—650 гг. до н. э.) прошел под знаком первобытнообщинных отношений.

Какие же все-таки преимущества несло применение бронзы? Многие виды посуды, орудий труда и оружия из бронзы, несмотря на использование более сложной техники, можно было изготовить гораздо легче и быстрее, чем аналогичные изделия из камня. Еще одним преимуществом бронзы перед камнем оказалась ее менее трудоемкая механическая обработка: из бронзы легко получались изделия разной формы. Применение бронзы позволило также изготавливать предметы, которые просто невозможно было сделать из камня,— щипцы, лампы, мечи, шлемы. И наконец, большим преимуществом бронзы оказалась возможность ее многократного использования; например, если кремневый топор раскалывался, то его выбрасывали, а сломанный топор из бронзы можно было переплавить, отлить заново и наточить. Но даже в «бронзовый век» камень не был совсем забыт как сырье для изготовления орудий труда: бронза была дорога и не так прочна, чтобы повсеместно заменить камень. Только после широкого распространения железа отпала необходимость использовать камень и бронзу для изготовления разнообразных изделий.

Однако не следует забывать, что потребности человечества в сырье в различные исторические эпохи не могли быть полностью удовлетворены использованием только камня, бронзы или даже железа. Эти потребности всегда были значительно шире; для различных целей применялись самые разнообразные материалы. Так, для возведения жилищ и иных строений (например, мельниц) вплоть до наших дней важнейшими материалами были отнюдь не металлы, а дерево,

камень, песок, известь; для выделки кожи нужны зола и дубильные вещества; для изготовления текстильных изделий — протрава и краски. При получении стекла незаменимы древесный уголь, песок и сода. Древесина вплоть до начала XX в. вообще использовалась как универсальное сырье — как топливо, как материал для изготовления инструментов, машин, транспортных средств (вагонов, судов), для производства древесного угля, получения смолы, вара, поташа. Широкое применение нашла древесина также при строительстве жилищ, мостов и других сооружений.

История развития производства (даже рассмотренная с точки зрения проблемы важнейшего сырья) определяется в очень небольшой степени тем, что один основной вид сырья вытесняет другой в различные исторические эпохи. Главным условием развития производства во все времена является постоянное повышение качества и увеличение количества важнейших видов сырья.

Железо, полученное металлургами древности, еще не могло по своим свойствам превзойти бронзу: оно было недостаточно твердым. Это объяснялось низким уровнем металлургии. С помощью применявшихся в то время простых кузнечных мехов нельзя было нагреть железо до 1500°C — температуры его плавления. Поэтому металл не полностью отделялся от шлака. Лишь примерно в 1000-х гг. до н. э. в таких разбогатевших районах, как Индия, Армения, Месопотамия, Египет, были разработаны методы выплавки железа, оказавшие определяющее влияние на развитие металлургической техники. Они основывались на следующем наблюдении: железо становится более твердым при его повторном нагревании в печи с горящим древесным углем и может быть превращено в ковкую сталь. Этот процесс получения стали почти не изменился до появления в конце XVIII в. метода пудлингования.

После разработки способов получения стали уже за десять веков до нашей эры оказалось возможным получить орудия труда очень высокого качества. С тех пор резко выросла потребность в железе. Развитие металлургии железа стимулировало совершенствование конструкции печей для его выплавки. Совершенствовались и методы выплавки других металлов, а также их сплавов; среди них медь, олово, свинец и их сплавы — бронзы и латуни. (Латунь — сплав меди с цинком, часто с его кремнекислой солью — галмеем.) Свинец, например, применялся при отливке ядер для пращей, изготовления досок для письма, грузил, монет, украшений, а также для разделения благородных металлов. Кроме того, в дальнейшем свинец шел на изготовление красок, таких, как свинцовые белила, сурик, которые хорошо защищают поверхности различных веществ от разрушающего действия

влаги. Например, древние греки уже во времена Геродота* красили корпуса кораблей суриком. Краски получали и из других металлов и минералов, например смальты, яри-медянки, железной охры, киновари, аурипигмента, реальгара. Для нерастворимых в воде минеральных красителей в качестве связующего использовались масла.

По свидетельству Плиния**, ртуть очищали, продавливая ее через кожу. Диоскорид*** упоминает об очистке ртути путем перегонки. В древности были известны металлические ртуть и киноварь (сульфид ртути). Киноварь применялась как пигмент при получении красителей и изготовлении украшений, а также как сырье для выделения металла. В отличие от золота или меди ртуть не служила материалом для изготовления изделий, а применялась лишь для амальгамирования.

В течение всего рассмотренного нами периода развития человеческого общества люди знали о существовании лишь семи металлов, широко используемых в различных областях человеческой практики: золота, серебра, меди, олова, свинца, ртути, железа. Некоторые сведения имелись тогда и об использовании соединений цинка. Цинк в металлическом состоянии был получен лишь в XVI в. Однако соединения этого металла (например, галмей) довольно широко применялись еще за 500 лет до н. э., особенно для получения латуни.

До нашей эры были известны и некоторые другие сплавы. Наиболее широко использовался сплав, состоящий из трех частей золота и одной части серебра. Древние египтяне называли его «аземом», а древние греки — «электроном» и считали индивидуальным металлом.

Итак, возникновение металлургии позволило человечеству практически овладеть двумя важнейшими химическими процессами: обжигом — окислением металла и обратным превращением — восстановлением оксида в металл. «Методически этим были заложены основы практической металлургии, или выплавки металлов из руд», — писал П. Вальден. — Так эмпирически было открыто принципиально важное для химии положение об обратимости процесса, или реакции; однако для научного осмысления этого положения потребовалось длительное развитие химии — в течение нескольких тысячелетий. Это произошло лишь в конце XVIII в.» [4, с. 6].

* Геродот (490—480 — 425 до н. э.) — древнегреческий историк; за полноту и систематизацию сведений об истории Древней Греции, Персии, Египта его называли «отцом истории». — *Прим. перев.*

** Имеется в виду Плиний Старший (ок. 24—79 н. э.) — знаменитый древнеримский писатель и ученый, автор «Естественной истории» — энциклопедии естественнонаучных знаний античности (в 37 томах). — *Прим. перев.*

*** Диоскорид Педаний (I в. н. э.) — древнеримский врач (по национальности грек). Основное сочинение — «О лекарственных средствах», где систематизированы сведения о всех известных тогда веществах, употреблявшихся как медикаменты. — *Прим. перев.*

Применение высоких температур имело большое значение, так как дало возможность осуществить перегонку жидкостей и плавление металлов. Высокие температуры были необходимы также для получения фаянса, кирпича, для выплавки стекла, изготовления фарфора. Тысячелетиями люди накапливали знания о способах обращения с «красным цветком», как поэтично назвал огонь Р. Киплинг. Используя накопленные знания, люди научились строить печи для обжига различных веществ, плавящихся до 1500°C . Во всемирно известной лаборатории Юстуса Либиха в Гиссенском университете еще полтора века назад студенты допускались к экспериментальной работе лишь после того, как они овладевали «искусством» поддержания температуры при горении древесного угля (газовая горелка была изобретена немецким химиком Р. Бунзеном лишь в 1850 г.). Невозможно перечислить все способы применения огня как основного средства труда и важнейшего источника энергии. В древности эти способы определяли уровень развития человеческого общества. Даже в наши дни, когда после изобретения динамо-машины все большее значение стала приобретать электрическая энергия, существенная часть энергии (тепловая) получается с помощью огня. Правда, в середине XX в. появились иные источники энергии — первые атомные реакторы. Однако окончательная замена химических процессов горения атомной энергетикой — все же дело будущего.

Огонь как средство труда дал мощный импульс развитию техники обжига, а значит, гончарного ремесла и металлургии. Наблюдения за процессами обжига различных веществ создали также предпосылки для возникновения впоследствии производства фарфора.

При помощи огня человек научился изготавливать важный строительный материал — кирпич и черепицу. Уже в Вавилоне примерно за 600 лет до н. э. искусство обжига кирпича находилось на очень высоком уровне. Об этом с поразительной наглядностью свидетельствуют хранящиеся в берлинском музее «Пергамон» образцы покрытий улиц, применявшихся в Вавилоне. Воображение посетителей музея поражают не только прочность материала, но и искусная обработка, а также прекрасная цветовая гамма глазури.

Для покрытия кирпичей глазурью была разработана особая техника, дальнейшее развитие которой привело к возникновению искусства выплавки стекла. Для получения стекла использовалась сода, месторождения которой (известные как залежи «троны») находились в Древнем Египте. Кроме того, применялся и поташ, который получали при выщелачивании золы растений и при прокаливании «вин-

ного камня». Первое стекло было непрозрачным и мутным. Лишь впоследствии удалось создать прозрачное стекло, которое научились окрашивать в голубой, зеленый или красный (рубиновое стекло) цвет. Уже за несколько веков до новой эры люди поняли возможность широкого использования ценных свойств стекла; была разработана стеклодувная техника, мало изменившаяся до начала XX в. Искусство росписи по стеклу распространилось широко на территории Римской империи, а также и за ее пределами — в Испании, Галлии и прибрежных областях.

Для развития строительной техники была необходима также известь. В связи с этим большое значение имели обжиг извести, ее гашение и использование для получения цемента. Известь, кирпич, гравий, глина, древесина и (с конца средневековья) оконное стекло всегда оставались важнейшими строительными материалами. Разумеется, довольно часто для строительства применялся и природный камень (наиболее яркий пример — постройка пирамид), но его обработка была слишком трудоемка.

Перечислим еще некоторые химические ремесла, для которых было необходимо использование огня (главным образом как источника энергии). Это — крашение, мыловарение (омыление жиров щелочами с добавлением извести), получение клея, скипидара (последнего — простой перегонкой), выделение древесной смолы, масел (химической обработкой семян масличных растений). Очевидно, что важное значение огонь имел также для пивоварения, получения сажи (важнейшего компонента красок и чернил), изготовления некоторых красок (например, синей египетской — сплавлением песка, соды и медной стружки в глиняном сосуде), лекарственных средств (таких, как сернистый цинк, — путем нагревания серы с цинком) и т. д.

Итак, мы видим, что огонь, оказавшись в руках человека, «дал жизнь» самым разнообразным ремеслам, многие из которых явились, по существу, первым опытом химического производства. В северных странах огонь был необходим и для отопления помещений. Для приготовления пищи также повсеместно применяли огонь и воду. Если огонь — это «универсальное средство труда», то вода — наиболее важное для жизни человека вещество, с которым связано огромное число химических превращений.

Превращения веществ без нагревания

До сих пор мы рассматривали химические процессы, осуществление которых было практически невозможным без воздействия огня. Другую группу химических процессов составляют превращения, которые в большинстве случаев протекают «добровольно». Иными словами, эти реакции идут

при нормальных условиях (температуре и давлении), и для их проведения не требуется применения огня.

Эта группа превращений не столь многочисленна, как реакции, протекающие при нагревании. Но тем не менее реакции, которые происходят при нормальных условиях, оказали большое влияние на развитие производственной деятельности. С одной стороны, они обусловили рост производства в соответствии с законом расширения потребностей, поскольку давали возможность получать новые продукты. С другой стороны, их изучение способствовало накоплению нового знания о закономерностях протекания химических превращений.

Процессы брожения.

Изготовление красок и косметических средств

Одним из первых веществ животного происхождения, используемых человеком, стало молоко. Уже в глубокой древности человек оценил вкус молока. Было обнаружено, что в результате быстро протекающих в молоке превращений образуется немало других продуктов — кислое молоко, сыворотка, творог, сыр. Люди научились получать разнообразные молочные продукты, ассортимент которых очень мало изменился до настоящего времени.

Процессы брожения сладких соков, приводящие к получению спиртов, также известны людям с давних времен. Пивоварение (приготовление пива из зерна), о котором мы упоминали выше, тоже основано на процессе брожения.

Из зерна получали не только пиво, но и выделяли крахмал, который был необходим при изготовлении клея, а также лекарственных препаратов. В древности люди наблюдали превращение крахмала в сладкие соки и научились использовать этот процесс в своей деятельности, хотя были еще очень далеки от понимания природы и специфики действия ферментов. Они заметили, что при брожении виноградного или иного фруктового сока без каких-либо внешних воздействий в одних условиях образуется вино, а в других — уксус. Уксус так же, как вино и пиво, был широко распространенным продуктом и притом не только пищевым. Он применялся в ремесленной практике, например при изготовлении свинцовых белил. Для получения всех этих веществ использовались следующие операции: вымачивание, измельчение, продавливание через отверстия, процеживание, а также сушка (в том числе на нагретых солнцем камнях) и т. п.

Для изготовления папируса, а впоследствии бумаги и чернил — веществ, роль которых в развитии цивилизации трудно переоценить, — неизбежно было применение на практике знаний химических свойств различных веществ. Произ-

водство кож было бы невозможно без умения химически обрабатывать шкуры животных. При этом широко использовались такие хорошо известные к тому времени природные соединения, как поваренная соль, квасцы, дубильные вещества (из коры сосны, ольхи и дуба), а затем и красители. Например, в черный цвет кожу окрашивали обработкой медным купоросом. Медный купорос в свою очередь получали кристаллизацией из водного раствора соли. При этом воду соляных месторождений, содержащую сульфат меди, упаривали, а остаток кристаллизовали в специальных емкостях. Другие красители для кож добывали из лотоса, марены, кошенили*.

При обработке текстильных изделий природные волокна подвергались химическим превращениям под действием разнообразных веществ — красителей, протрав, моющих средств. Красители получали из веществ растительного и животного происхождения, а также из минеральных солей. Среди растений наиболее широко использовались сафлор, хна, индиго, марена, шафран, резеда, вайда (синильник), дуб, дрок, орех, а также черника. Самым распространенным красителем, добываемым из живых организмов, был пурпур, который извлекали из пурпурных улиток**. В качестве протравы служили квасцы, известь, мочеви́на, смесь оксидов железа с уксусом, медный и железный купорос, экстракт чернильных орешков. Для отмывки тканей применялись растворы соды и аммиак (который добывали из мочи).

В живописи также нужны были краски — охра, оксиды железа и меди, сурик и др., причем качество полученных красок было таково, что они тысячелетиями сохраняли свой цвет.

В косметике черную краску готовили из свинцового блеска и антимонита (сурьмяного блеска); черную и коричневую — из пиролюзита (диоксида марганца) и некоторых видов глины, содержащих железо, а также из оксида меди; зеленую — из соединений меди (например, яри-медянки); красную — из экстракта хны.

Важнейшими косметическими средствами были мази и духи. Мази готовили на основе масел и жиров — чаще всего ланолина. Ланолин получали из шерсти овец, выполняя при этом ряд последовательных операций — кипячение, промывание смеси морской водой, фильтрование продукта, его отбеливание на солнце. Масла добывали выдавливанием из оливок, миндаля, орехов (фундука и грецких), плодов кунжута. Эфирные масла извлекали из цветов при обычной или по-

* Насекомые, из которых добывается краска кармин. — *Прим. перев.*

** Пурпурные улитки — морские моллюски, содержащие в специальных железах пурпур — красящее красновато-фиолетовое вещество. — *Прим. перев.*

вышенной температуре экстрагированием оливковым или ореховым маслом. Так получали, например, розовое масло. Косметическими средствами считали также кремы и лекарства, которые смешивали с красящими веществами, с консервирующими добавками соли, со смолой и смолоподобными веществами. Поваренную соль получали выпариванием морской воды и воды минеральных источников; с древнейших времен она нашла разнообразное применение в жизни человека, стала важнейшим средством для консервирования продуктов питания. В Древнем Египте ее использовали также для мумификации.

Химические вещества как предметы натурального обмена имели большое значение для развития торговли между народами.

Лекарства, яды

По свидетельству римского историка Плиния в его время было известно большое количество медицинских препаратов, действующих на человеческий организм как расслабляющие, успокаивающие, возбуждающие и болеутоляющие лекарства, а также яды. Например, железный купорос с древности использовался как рвотное средство, растворы квасцов — для компрессов и полосканий горла, экстракт из семян мака — как снотворное, сок цикуты* — как яд. Разнообразие фармацевтических и косметических препаратов, применявшихся в эпоху античности, свидетельствует о довольно высоком уровне знаний химических свойств многих веществ. Были известны также различные виды минеральных вод и их целебное действие на организм человека.

Хотя в то время людям не была понятна химическая сущность веществ, пагубное действие ядов на живой организм было хорошо знакомо. Так, хотя люди не знали, что монооксид углерода — индивидуальное газообразное вещество, зато замечали, что при сгорании древесного угля получается «дым», который при добавлении к воздуху даже в довольно незначительных концентрациях приводит к смерти людей и животных. Яды в древности были одним из наиболее распространенных средств борьбы с врагами. Знатные сановники зачастую прибегали к помощи яда в борьбе за власть. Это было настолько распространенным явлением, что многие из них имели даже специальных слуг, которые опробовали напитки и кушанья. Известно, что императрица Агриппина отравила своего мужа римского императора Клавдия (I в.

* Цикута (вех) — род многолетних водных и болотных растений семейства зонтичных; некоторые из них сильно ядовиты. — *Прим. перев.*

н. э.), вероятно, соком аконита. Молва гласит: кто пьет из глиняных кружек, тому не страшен сок аконита; пусть его боится только тот, кто пьет из драгоценных кубков (как писал древнеримский сатирик Ювенал). Сократ был отравлен соком цикуты во исполнение смертного приговора, вынесенного ему афинским судом.

Во время военных действий сражающиеся забрасывали на укрепления или на корабли противника глиняные сосуды с ядовитыми змеями. Бывало, что это решало исход сражения, как в случае победы карфагенян под командованием Ганнибала над флотом пергамского царя Эвмена*. Еще не была открыта синильная кислота, но люди хорошо знали, что в горьком миндале и в косточках персика содержатся весьма ядовитые вещества. И все же было известно, что человеческий организм можно приучить (в какой-то мере) к приему определенных доз яда. Злоумышленное отравление не было связано с риском разоблачения отравителя, поскольку было трудно установить, что смерть наступала именно в результате действия яда. Но число преступлений такого рода резко сократилось, когда в XIX в. были открыты химические реакции, позволяющие обнаружить в организме отравляющие вещества.

Яды издавна широко использовались как на охоте, так и во время войн. Ими смазывали наконечники стрел и копий. Кроме того, их употребляли для борьбы с вредными насекомыми. Так, например, сосуды для приготовления и хранения вина предварительно «окуривали» серой. Дымом, получавшимся при сгорании специально приготовленной смеси серы, масла и смолы, уничтожали вредителей виноградных лоз. Специально приготовленными «маслами» обрызгивали посевы зерновых культур, чтобы уничтожить вредных насекомых. В Древнем Китае за 200 лет до н. э. использовали мышьяк для борьбы с насекомыми, а также применяли специальные вещества для обработки семян перед посевом. Тогда не были известны такие специфически действующие вещества, как стрихнин или кониин. Эти и многие другие соединения были открыты химиками и выделены в чистом виде лишь в XIX в. Но уже в древности люди знали и широко использовали свойства многочисленных веществ — ядовитых, опьяняющих, успокаивающих (в том числе наркотических средств, притупляющих сознание). В качестве наркотиков часто применялись экстракты из семян белены или корня мандрагоры, в которых содержатся алкалоиды (особенно скополамин) [5, с. 54 и сл.].

* Эвмен II (197—159 гг. до н. э.) — царь Пергамского царства — эллинистического государства, существовавшего в 283—133 гг. до н. э. в Северо-западной части Малой Азии. При Эвмене II Пергамское царство воевало с Карфагеном на стороне Рима. — *Прим. перев.*

Невозможно даже перечислить все химические процессы и все соединения, использовавшиеся человеком древнего мира: до нас дошло слишком мало исторических источников, которые помогли бы представить уровень химических знаний тех времен. Вероятно, основные источники по тем или иным причинам утеряны. Кроме того, зачастую ремесленники тщательно хранили тайну известных им способов превращений веществ. Передача знаний (в том числе и химических) во времена античности происходила в значительной мере «из уст в уста». Обучение нередко было связано с обязанностью обучающихся сохранять полученные знания в тайне. Того, кто пренебрегал этой традицией, ждало презрение окружающих и даже смерть. Ремесленники таким образом стремились обеспечить себе монополию на продажу производимой продукции. Сохранение «секретов» превращений веществ сыграло важную роль в развитии ремесел и в конечном счете общества в целом. Такой способ передачи навыков потерял свое значение только тогда, когда научное познание природы превращений веществ в XIX—XX вв. позволило раскрыть тщательно охраняемые «секреты» ремесленников. Это стало возможным в результате значительного расширения и углубления химических знаний, а также появления специальных учебных заведений для передачи этих знаний всем желающим изучать химию. Таким образом, наши знания о химических методах и веществах, использовавшихся в эпоху античности, не очень велики. В дальнейшем мы остановимся лишь на важнейших достижениях ремесленной химической практики в древности.

Накопление химических знаний. Случайность или пробирный анализ?

Рост потребностей

В предыдущих разделах говорилось, что в химических ремеслах широко применялись такие природные вещества, как сода, глина, поташ. Кроме того, используя разнообразны процессы, ремесленники получали и выделяли многочисленные вещества и их смеси: краски, протравы, дубильные и косметические средства, жиры, масла, яды, лекарства, этиловый спирт, пиво, вино и т. д. Изучение истории древних рабовладельческих государств подтверждает сформулированное ранее положение: вещества по-разному внедряются в практику — одни способствуют появлению у людей новых потребностей, а другие позволяют по-иному удовлетворять возникшие ранее потребности. Этот процесс, который можно назвать законом роста потребностей, играет большую роль в развитии человеческого общества [3, с. 123 и сл.].

Мы уже показали, какие большие возможности предоставило человеку развитие химической ремесленной практики. С одной стороны, были получены вещества, на основе которых возникли новые химические ремесла. С другой стороны, разработка новых способов получения различных веществ позволила изменить выбор важнейшего сырья, например использовать вместо камня металлы для производства орудий труда и предметов повседневного обихода. Троммсдорф писал в своей книге: «Лишь после того, как человек сумел осознать потребность в чем-либо, он должен был приложить усилия для ее удовлетворения» [6, с. 123]. И. Виглеб в труде «Историко-критическое исследование алхимии» анализировал особенности раскрытия тайн природы. «Поскольку все тела природы без исключения являются химическими телами,— отмечал Виглеб,— то можно, не опасаясь впасть в ошибку, заявить, что человечество даже для удовлетворения самых насущных потребностей должно было иметь определенные знания о свойствах веществ. Необходимость заставила человека еще в глубокой древности использовать природные вещества; здравый смысл подсказал человеку пути их наилучшего применения» [7, с. 2].

Закон роста потребностей имеет много аспектов. Во-первых, его применение зависит, разумеется, в каждом конкретном случае, от уже существующего уровня развития потребностей. Во-вторых, от уровня развития производства, позволяющего, как подчеркивал К. Маркс, удовлетворять лишь определенные потребности на конкретном этапе развития общества.

При этом, разумеется, следует отличать насущные нужды человечества от запросов представителей того или иного класса общества. Возможности удовлетворения потребностей в свою очередь зависят от уровня развития производственных отношений и состояния производительных сил на каждом этапе истории человеческого общества.

Потребности различались по своему значению для функционирования общества: от простейших, необходимых для каждого человека, до значительно более сложных, возникающих на определенном этапе развития общества. Первые — это потребность в пище, жилье, одежде, средствах передвижения. Вторые — это возникновение и совершенствование информации, торгового обмена, образования людей, удовлетворение их культурных запросов. Каждому времени соответствуют и требования моды в одежде, обстановке и даже в стиле поведения людей. Все эти виды потребностей тесно связаны друг с другом; их удовлетворение в значительной мере определяется уровнем развития общества, с одной стороны, и стимулирует это развитие — с другой. Большое значение имеет и способ удовлетворения различных потреб-

ностей. Нередко появление «высокомерных» или даже «вредных» претензий не только отдельных личностей, но и групп людей обусловлено спецификой конкретного периода развития человечества.

Следует обращать внимание и на то, что характер потребностей может иметь не только положительные, но и отрицательные последствия для человечества. Вредные привычки одного человека могут привести к нарушению его здоровья. Разрастание же «общественных болезненных потребностей» может поставить под сомнение основы самого существования человеческого общества [8, с. 168]. Так проявляется закон: чем более развито человеческое общество, тем в более интенсивном экологическом равновесии с окружающей средой оно должно находиться. Эти вопросы уже были рассмотрены в предыдущих разделах нашей книги. Здесь мы вновь обращаем внимание читателей на эти проблемы, поскольку химия играет громадную роль в увеличении возможностей удовлетворения постоянно возрастающих потребностей человека.

Опыт и знание

Труд, который, по К. Марксу*, является целесообразной и целенаправленной деятельностью, требует от человека не только затраты физических сил, но и напряженной умственной работы. В истории человечества нередко недооценивались профессиональные знания работников на первый взгляд преимущественно физического труда. Именно поэтому у историков науки сложилось одностороннее представление, принижаящее достижения древних ремесленников в накоплении знаний о составе веществ и особенностях их превращений. Между тем достижения в познании природы и химических свойств веществ в средние века и даже возникновение науки нового времени были бы невозможны без знаний, накопленных ремесленниками в древности. Среди историков химии все еще распространено мнение, что химические знания в античную эпоху основывались на случайном наблюдении. Только для очень близких по характеру явлений использовались объяснения по аналогии с уже изученными превращениями [9, с. 10]. Немецкий ученый Эрнст Мейер упрекал натурфилософов и химиков-практиков античности в «недостаточном количестве результатов наблюдений». «Нежелание получить результаты наблюдений,— отмечал ученый,— основано на известной нечувствительности природных процессов» к воздействию на них способами, имевшимися в то время. Все это Мейер назвал

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 195.

«характерными признаками рассмотрения природы в древности» [10, с. 19].

Герман Копп примерно 150 лет назад гораздо осторожнее оценивал состояние химических знаний в античном мире. По его мнению, историк химии не должен пренебрегать «рассмотрением химических знаний» в «истории химии старого времени», поскольку «сама научная химия» не только «находится в тесной связи с эмпирическим химическим знанием», но и опирается на него [11, с. 19].

Накопление знаний о протекании химических процессов, проводившихся «химиками-практиками» античности, — намного более высокая ступень познания, чем первые наблюдения отдельных химических свойств веществ, случайно попавших в руки первобытного человека. Термин «случай» часто ныне воспринимают и применяют весьма неточно. Его либо понимают как одну из возможностей (вариант), либо рассматривают как противоположность «необходимости». Конечно, «случай» означает несколько неожиданное и непредвиденное явление, но только тот, кто подготовлен к восприятию такого явления, может сделать открытие. Это подтверждает вся современная практика развития науки и производства. В более поздние исторические эпохи в результате естественного исторического процесса разделения труда в обществе произошло и разделение химических знаний на ремесленные и научные. Но на этом основании нельзя сделать вывод, что в отличие от талантливых ученых, работавших в лабораториях, среди ремесленников древности практически не было поистине замечательных химиков. В химической практике древности были слиты воедино ремесло, эксперимент и теоретические представления. Пауль Вальден так охарактеризовал деятельность «античных химиков»: «Эти эмпирики древности в высокой степени овладели искусством превращения веществ только путем систематических опытов и наблюдений, осмысленного «опробирования» и «обдумывания» результатов» [4, с. 11].

Пожалуй, все использовавшиеся в химических ремеслах способы обработки веществ вошли в практику химических лабораторий. К ним относятся обжиг, плавление, кипячение, фильтрование, осветление, сушка, кристаллизация, перегонка, закалка, купелирование и цементация. Такие вещества, как металлы и их соединения, соли, щелочи, сера и ее соединения, вещества растительного и животного происхождения, которые ранее использовались ремесленниками, нашли широкое применение и в химических лабораториях нового времени.

Одним из первых опытов перегонки жидкостей было получение терпинеола — очень важного растворителя, выделявшегося из кипящей древесной смолы; терпинеол осаждался на пучке шерсти, помещаемом в верхней части перегонного уст-

ройства. Уже в древности люди знали, что влагу, образовавшуюся после конденсации паров нагреваемой морской воды, можно пить [12, с. 16 и сл.]. Для выделения чистого золота или серебра из их сплавов друг с другом или с иными металлами были изобретены специальные способы обработки сплавов: методы чистой пробы, монетной пробы или огненной пробы, что было связано с развитием ремесла чеканки монет. До XIII в., когда стали широко применяться минеральные кислоты, не было надежных методов разделения и определения золота и серебра. Ремесленники решали эту задачу способами цементирования и пробирного анализа. При цементировании нагревали сплав двух благородных металлов с сульфатом железа, кирпичной пылью и поваренной солью. При этом серебро переходило в хлорид. Пробирным камнем служил черный кремнистый сланец, на поверхность которого наносили царапину сплавом благородных металлов. Цвет следа сравнивали с цветом линии, оставленной пробирной иглой, содержание золота в которой было строго определенным [12, с. 18].

Венгерский химик Ф. Сабадвари в своей книге сообщает также об известных в древности способах определения чистоты олова. О них еще в XIX в. упоминал М. Бертло. Согласно одному из этих способов, лили расплавленное олово на кусок папируса. Если олово чистое, то папирус прогорал. Когда в олове содержались примеси, папирус не горел: температура плавления «нечистого» металла была ниже температуры воспламенения папируса [12, с. 19].

Для того чтобы проверить, не смешана ли медная зелень (яр-медянка) с сульфатом железа, ее помещали на раскаленный клинок. Если при этом появлялось красное пятно, то, значит, в меди были примеси железа. Бумага, смоченная настоем чернильного орешка, также помогала обнаруживать примеси сульфата железа в медной зелени [13, с. 24].

Издавна люди прекрасно понимали разницу в свойствах воды минеральных источников, речной и морской воды. Выводы о целебном действии минеральных вод на человеческий организм были сделаны не из умозрительных представлений, а на основе многочисленных наблюдений. Также было известно о выделении примесей из воды при ее нагревании в котлах, а также об очистке воды фильтрованием и ее осветлении с помощью яичного белка.

В Лейденском и Стокгольмском папирусах, относящихся примерно к 300 г. н. э. (см. разд. «Об источниках»), описаны многочисленные химические методы обработки веществ, приведенные в 250 рецептах. Принимая во внимание довольно медленное развитие химических ремесел в то время, а также опираясь на иные доказательства, можно предположить, что описанные в этих папирусах способы были известны к тому

времени уже сотни, если не тысячи лет [13, с. 15]. К сожалению, не осталось никаких сведений о сокровищах искусства, хранившихся в почитавшихся в древнем мире храмах Египта. По повелению древнеримского императора Диоклетиана в 296 г. н.э. все рукописные сочинения, в которых содержались рецепты приготовления поддельных золота, серебра и драгоценных камней, надлежало сжечь. Можно лишь предположить, что, кроме обнаруженных в 1828 г. Лейденского и Стокгольмского папирусов, существовало еще очень много других рецептурных сборников, в которых были описаны и иные способы обработки веществ. Все эти способы использовались в древности для изготовления поддельных драгоценных камней и красок. (Зачастую слово «подделка» интерпретируется лишь как обман. Однако этим термином можно обозначить и способ воспроизведения свойств природных веществ, а также возможность получения искусственных продуктов.)

Подделка золота проводилась различными способами. Один из них, например, таков: «медь слабо нагреть с вязким раствором золота в ртути до того, чтобы ртуть испарилась и образовался тонкий слой золота на меди» [14, с. 35]. Повторив эту операцию четыре-пять раз, ремесленники получали достаточно толстый слой золота, чтобы подделка могла быть принята за золото при ее проверке на пробирном камне. Более дешевые способы изготовления модных поделок «под золото» состояли в многократном нанесении краски, «приготовленной из красной киновари, красного сульфида мышьяка, золотисто-блестящего серного колчедана, а также из уксуса, квасцов и мочи ребенка». Ремесленники древности изобрели также методы, которые позволяли как бы «увеличить» массу золота или серебра в изделии. Эти способы именовались «диплозисом» (удвоение массы) и «триплозисом» (утроение массы), и, кроме золота и серебра, при этом использовали обычные металлы. Точные соотношения различных компонентов, указанные в дошедших до нашего времени рецептурах изготовления благородных металлов и их сплавов, свидетельствуют о том, что ремесленники нередко действительно стремились получить благородные металлы из обычных. Но они старались сохранить в тайне такие рецепты, чтобы можно было изготовить дешевые сплавы неблагородных металлов, почти неотличимые по внешнему виду от золота и серебра [14, с. 35]. При проверке золота или серебра на чистоту в древности в основном полагались на органы чувств. Вот выдержки из описания принятых в то время способов определения подлинности благородных металлов. «Чистое серебро должно быть белым в расплаве, а также довольно мягким; добавку к серебру свинца можно определить по потемнению окраски расплава, а добавку меди —

по пожелтению расплава и увеличению твердости сплава по сравнению с чистым серебром». Золото, «если оно чистое, должно иметь определенную твердость и желтый цвет расплава; добавка серебра придает ему беловатый оттенок, прибавление свинца делает сплав более темным и более мягким, чем чистое золото, а введение в сплав меди или цинка увеличивает прочность сплава и делает его красноватым» [14, с. 36]. Из этих и других дошедших до наших дней документов отчетливо видно, что уже на заре цивилизации ремесленники очень хорошо представляли себе различное влияние добавок отдельных металлов на свойства сплавов. Такие знания могли быть получены только в результате осмысления многочисленных опытов по сплавлению разнообразных металлов. Этот вывод подтверждается анализом и других описаний проверки подлинности благородных металлов.

На основании археологических раскопок ученые пришли к выводу, что не только знатные женщины, но и богатые вельможи в рабовладельческих государствах древности широко использовали в повседневной жизни разнообразные косметические вещества. Среди них были кремы, благовония, средства ухода за волосами, составы для гримировки — от палочек для подкрашивания губ до теней для век. В моде были разнообразные украшения из драгоценных металлов: кольца, браслеты, цепочки и амулеты. Так же высоко, как золото и серебро, ценился жемчуг. В Стокгольмском папирусе приведен рецепт изготовления поддельного жемчуга [14, с. 36]: мелко раздробленный мариенглас (вид прозрачного гипса) и рыбью чешую «нагреть с воском и смешать с горячим коровьим молоком». К этой смеси добавить яичный белок и камедь. Из образовавшейся массы вылепить «жемчужины» и сушить их, подвешивая на специальных волокнах. Высохшие «жемчужины», отполированные мягкой тряпкой, «выглядят лучше, чем настоящий жемчуг».

Для изготовления поддельных драгоценных камней применяли минералы пористой или слоистой структуры, которая способствовала хорошему поглощению растворов красителей. Оксиды одно- или двухвалентной меди применялись в качестве основы для красно-коричневого и черного тонов. Оксид кобальта давал голубую окраску, а оксиды двух- и трехвалентного железа — цвета от красного до пурпурно-фиолетового. Окрашенные таким образом кусочки минералов в смеси с ярью-медянкой, гематитом, суриком, черепаховым панцирем пропитывались такими жидкостями, как, например, сок чистотела или тувовника, желчь телят, и продавались под видом изумрудов, рубинов, гранатов, аметистов, бериллов и хризолитов [14, с. 36].

Из маленькой железы, находящейся в голове пурпурной улитки (средиземноморский моллюск), добывали один из

самых ценных красителей античного мира — пурпур. Для получения одного грамма пурпура требовалось десять тысяч моллюсков. В то время не могли синтезировать вещества, не существующие в природе, однако умели искусственно получать из природных соединений вещества с большим набором необходимых свойств. Так уже на пороге нашей эры люди словно предугадали некоторые черты современной химии. Применялось, например, несколько способов достижения пурпурного окрашивания без использования пурпура. Согласно одному из этих «рецептов», нужно хорошо высушенную, размолотую и просеянную древесную муку из корня краппа* выварить в дождевой воде, а затем смешать образовавшийся продукт с плодами бобов и белой глиной. С полученным красящим веществом следует нагреть, перемешивая, шерсть, «предварительно хорошо очищенную растворенной в воде золой и глиной» и «окрашенную в голубой цвет синильником**». Выкрашенную шерсть хорошо прополоскать в растворе квасцов и высушить в тени на воздухе.

«Таким же великолепным получается окрашивание, как и при использовании пурпура, если ткань обработать соком тутовника в смеси с мелкой железной стружкой и красным железняком. Затем ткань надо обработать соком чернильных орешков или известковой водой для придания ей блеска, после чего немного осветлить содой...» [14, с. 38].

Такие рецепты, разумеется, было бы невозможно составить, если бы ремесла древности опирались лишь на отдельные случайные или даже на множество несистематизированных наблюдений. Более того, весьма спорно утверждение некоторых исследователей, что такие рецепты появились лишь в результате ремесленной практики человека. Скорее появление подобных рецептов было результатом пробирного анализа, связанного с развитием ремесленного производства и выделившегося как самостоятельное ремесло.

Очень большое влияние на становление химических ремесел оказал пробирный анализ («пробирное искусство») — одна из древнейших форм проведения эксперимента. В те времена экспериментатор еще не задавал «вопрос природе», чтобы понять специфику протекания процессов, а стремился лишь найти новые способы получения важных для практики веществ, опираясь на значительное количество эмпирических наблюдений.

Почти все народы, прошедшие такой же путь развития, как Китай, Египет, Вавилон, Греция и Рим, пережили эпоху

* Крапп — многолетнее растение из семейства мареновых (марена красильная). Крапп — это и красящее вещество, находящееся в корнях марены красильной. — *Прим. перев.*

** Вайда (синильник) — род травянистых растений, широко распространенных в Европе и Азии. Из них получают синюю краску. — *Прим. перев.*

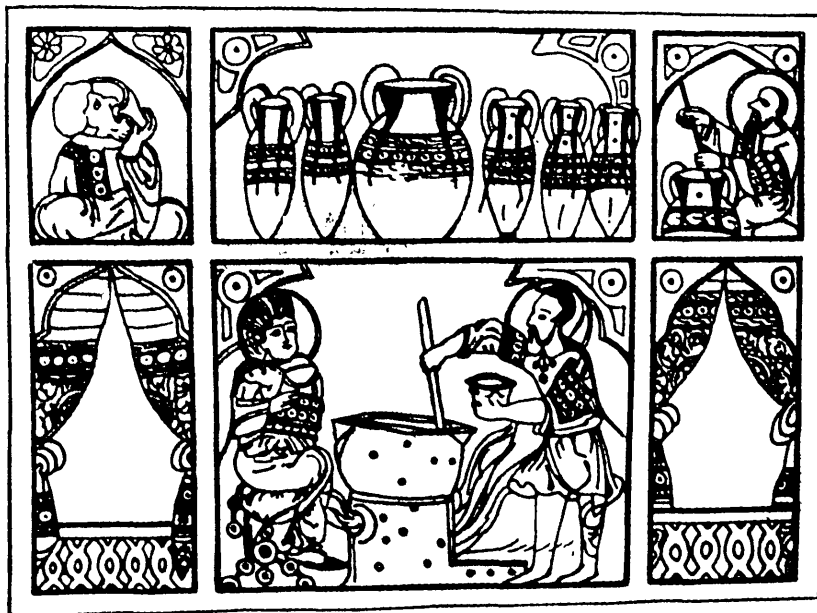
расцвета пробирного искусства. Но далеко не все возможности пробирного анализа были исчерпаны. И хотя век эмпирической химии ознаменовался такими важными событиями, как изобретения фарфора и пороха, открытие минеральных кислот и разработка метода перегонки спирта, подлинное развитие химии началось лишь после того, как были связаны воедино три области химических знаний, долгое время развивавшиеся, по существу, независимо друг от друга, — ремесленное производство, экспериментальное «искусство» и теория.

Химия древности не сводилась только к ремесленной практике. В результате наблюдений химических свойств веществ из поколения в поколение люди накапливали знания о различных реакциях и о природе образующихся при этом продуктов, а также о влиянии условий на протекание реакций. Были изучены также свойства ядов, лекарств, красителей, в общем «тел растительного, животного и минерального царств». Результаты проводившихся в течение многих веков наблюдений над превращением веществ помогли химикам-практикам осознать важность познания закономерностей природных явлений для совершенствования химических ремесел. В древних государствах — Египте, Вавилоне, Индии, Китае — наиболее надежным и перспективным способом приобретения знаний о природе и химических свойствах веществ считалось систематическое проведение пробирного анализа благородных металлов и их сплавов. Пробирное искусство древности не надо смешивать с возникшей во времена становления научного естествознания теорией эксперимента. Напротив, его следует рассматривать лишь в свете ремесленной деятельности человека, без аналогии с теоретическим анализом. «Теоретической» основой химических знаний древности были вначале мифологические, а затем философские взгляды. Для древнего пробирного анализа характерно то, что он был построен на чисто эмпирической основе и сам послужил основой для создания натурфилософских теорий.

Об источниках

Прежде чем приступить к рассмотрению древних истоков натурфилософской мысли, необходимо сопоставить важнейшие источники, содержащие сведения о химических ремеслах до нашей эры.

Изучение ранних периодов истории многих народов дает представление о характере человеческого общества до появления великих цивилизаций древности. Археологи на основании научного анализа обнаруженных ими при раскопках предметов воссоздали довольно подробную картину образа



Изображение древней персидской аптеки (по Диоскориду).

жизни и характера труда древнего человека. Изучение остатков каменных стен, керамических и стеклянных сосудов, инструментов, оружия, фрагментов росписи стен, отдельных кусков мозаики, украшений (все эти экспонаты можно видеть в музее «Пергамон» в Берлине, в Британском музее в Лондоне и многих других музеях мира) позволяет сделать важные выводы о характере развития химических ремесел. Таким образом, можно понять, какие из химических процессов наиболее широко использовались в то время для получения разнообразных веществ, важных для жизни людей.

В 1872 г. неподалеку от египетского города Фивы был найден папирус, возраст которого составил, по мнению ученых, 36 веков. По имени расшифровавшего текст известного немецкого египтолога Георга Эберса он был назван папирусом Эберса и отдан на хранение в библиотеку Лейпцигского университета. В этом документе собраны многочисленные фармацевтические и медицинские рецепты Древнего Египта. Примерно на два столетия меньше возраст найденного при раскопках в столице Древнего Египта Мемфисе «папируса Бругша»; в нем также приведены фармацевтические и медицинские рецепты.

Упомянем о некоторых других важных письменных источниках, содержащих сведения о теоретических представлениях и о практических способах превращений веществ в древности. Это в первую очередь Библия, «Илиада» и «Одиссея» Гомера, отрывки из сочинений досократиков* и из диалога «Тимей» Платона, сочинения Аристотеля «О небе» и «О возникновении и уничтожении», книги Теофраста «О минералах».

Из I в. н. э. до нас дошли два труда — «Естественная история» знаменитого древнеримского ученого Плиния Старшего и трактат Диоскорида «О лекарственных средствах», в которых подробно и очень интересно (хотя и не без ошибок) изложены представления античных философов о составе и свойствах веществ. Там же приведены многочисленные рецепты получения различных веществ.

В сочинениях великих врачей античности Эмпедокла (V в. до н. э.; его труды сохранились лишь в виде фрагментов), Гиппократе (III в. до н. э.) и Галене (Клавдия) (II в. н. э.) обсуждались главным образом вопросы медицины и фармации. Неудивительно, что при этом рассматривались и тесно связанные с медицинской практикой достижения химиков-практиков (аптекарей), занимавшихся приготовлением фармацевтических препаратов. Достижения медицины, химии и фармации не только в древности, но и в средние века, а также в эпоху Возрождения были тесно связаны друг с другом. Вплоть до XVIII в. химия и врачебное искусство соприкасались настолько тесно, что нередко замечательные врачи и аптекари одновременно были и великими химиками.

Наиболее важными письменными источниками сведений о состоянии химических ремесел в древнем мире стали два папируса, найденные в 1828 г. при раскопках в Фивах. По местоположению библиотек, в которые они затем были помещены на хранение, эти папирусы получили названия «Лейденский» и «Стокгольмский». В них приведены многочисленные сведения о известных в древности веществах и о способах их выделения и получения в довольно больших

* Досократики — так называют некоторых древнегреческих философов, живших в VII—начале IV вв. до н. э. Многие из них разрабатывали свои философские системы до появления учения Сократа (470—399 до н. э.); их можно считать основателями натурфилософии — умозрительного учения о природе. Основным предметом рассуждений досократиков был Космос. Космос, по их представлениям, состоял из чувственно ощущаемых «первозлементов» — стихий: земли, воды, воздуха, огня (или эфира). Эти стихии взаимно переходят друг в друга при «сгущении» и «разрежении». Досократиками были знаменитые древнегреческие философы Фалес, Анаксимен, Анаксимандр, Гераклит, Ксенофан, Пифагор, Парменид, Эмпедокл, Анаксагор, первые атомисты — Левкипп и Демокрит. Велика роль стихийного материализма досократиков в борьбе с мифологическими антиматериалистическими взглядами. — *Прим. перев.*

количествах. Хотя эти папирусы написаны в начале нашей эры, их содержание позволяет предположить, что приведенные в них рецепты были созданы на основе тысячелетней традиции развития химических ремесел. Такой вывод можно сделать на основании общеисторического анализа развития ремесел, связанного с передаваемой из поколения в поколение традицией сохранения тайны «производственных секретов». Эта традиция была нарушена лишь в XVIII в. и особенно в XIX—XX вв., т. е. в период возникновения научного естествознания и технической революции.

«Химические теории»^{*} до начала новой эры

Чрезмерное увлечение фактами — чаще всего признак изъядна идеи. Не богатство, но скудость мыслей рядится в пышные одежды, или, напротив, напяливает на себя старые лохмотья.

Юстус Либих [1]

От Фалеса до Платона

Как уже было показано, химические превращения использовались людьми еще в те времена, о которых не сохранилось письменных памятников. Эти химические «средства труда» (и прежде всего реакции горения) имели очень большое значение. При их помощи были заложены основы развития почти всех областей производства веществ, необходимых для прогресса человеческого общества. Огонь, очаг, печь, гончарное ремесло, металлургия, изготовление стекла, обработка кожи, приготовление продуктов брожения, красок, лекарств, средств косметики — основные ступени совершенствования и использования использованных человеком средств труда. Без расцвета разнообразных химических ремесел вряд ли было бы возможно появление высокоразвитых цивилизаций древних государств — Китая, Индии, Вавилона, Египта, Греции и Рима — с их товарообменом, письменностью и замечательной культурой.

В древности наивысший уровень химических знаний совпал с расцветом Римской империи. Рабство как источник дешевой рабочей силы в течение долгого времени обеспечивало рост производства. Довольно высокого уровня развития достигли горное дело, металлургия, кораблестроение, красильное и гончарное ремесла, строительство пирамид и храмов. Но все это было результатом труда громадного количества рабов. Однако попытки принципиально изменить технику путем совершенствования методов труда и применения новой технологии в рабовладельческом обществе очень редко приводили к успеху. Как хозяин дешевой рабочей силы рабовладелец не был заинтересован в техническом прогрессе, и на первом плане для него находилось не совершенствование средств производства, а политическая деятельность, занятия философией и искусством.

^{*} Так В. Штрубе назвал созданные в древности представления о природе веществ и специфике их превращений. — *Прим. перев.*

По мере углубления противоречия между «высокой» и «низменной» деятельностью основа экономики рабовладельческих государств — ремесла и торговля — стала приходить в упадок. В конце концов это привело в первые века нашей эры к замене рабовладельческого общества новыми социальными формациями. Огромные экономические, военные и политические перемены, происходившие в эпоху крушения рабовладельческих держав, были не особенно благоприятны для развития новых способов производства. И тем не менее в эту эпоху начали совершенствоваться методы получения различных веществ.

Натурфилософия против мифологии

Признаки упадка рабовладельческого общества отчетливо проявились во всех крупных государствах древности: в Вавилоне, Египте, Иудейском царстве, Ассирии, Греции, Риме. Едва ли можно установить специфические черты падения каждого государства, хотя некоторые важные обстоятельства достаточно очевидны. Например, вавилоняне и египтяне не имели тех форм демократии, которые были развиты в ряде государств Древней Греции и в Риме. В Вавилоне и Египте существовали лишь поддерживаемые светской и духовной властями бюрократические учреждения, которые привели к более быстрому упадку эти государства в сравнении с Древней Грецией и Римом. В Вавилоне и Египте, несмотря на уже существовавшие в то время достижения древнегреческих философских школ, практически не изучались явления природы и проблемы развития общества. Поощрялась лишь мифология, которая стала важнейшим средством сохранения власти привилегированных классов. Религии, основанные на мифологии, были в этих государствах идеологической опорой власти. Неудивительно, что там не поощрялось изучение законов окружающего мира, и в первую очередь установление причин разнообразных природных явлений. Развитие ремесел в этих государствах находилось под неусыпным контролем касты жрецов, а все, кто занимался изучением природных явлений, обязаны были хранить в строжайшей тайне результаты своих наблюдений. Поясним это на примере.

Было бы невозможно построить храмы в Древнем Египте без использования разнообразных превращений веществ, в том числе и химических. Однако, археологами обнаружены лишь медные и железные инструменты, керамические и стеклянные изделия и папирусы, и нет никаких свидетельств существования в Древнем Египте натурфилософских представлений о процессах превращения веществ.

«Теоретическое естествознание, — писал Ф. Энгельс, — если оно хочет проследить историю возникновения и развития

своих теоретических общих положений, вынуждено обращаться к грекам»*. Древнегреческие натурфилософы пытались найти объяснения разнообразных явлений природы и процессов. Развитию оригинальных натурфилософских концепций греческих философов в значительной мере способствовала гораздо более демократическая обстановка в Древней Греции по сравнению с Вавилоном и Египтом. Об этом свидетельствуют представления великих античных философов Анаксагора (500—428 до н. э.), Сократа (470—399 до н. э.), Аристотеля (384—322 до н. э.). Однако было бы неправильным говорить о громадном различии идейного мира древних египтян и вавилонян, с одной стороны, и древних греков — с другой.

С течением времени философы все дальше отходили от материалистических исходных положений первых античных мыслителей. В конце концов они заменили материалистический подход к анализу проблем рассмотрением истории человеческой мысли лишь как эволюции различных идей. Отсюда можно сделать вывод, что древнегреческие философы, включая и натурфилософов, нередко и природные явления рассматривали лишь умозрительно. Они пытались получить естественнонаучные знания на основе наиболее общей системы взглядов.

Эрнст Мейер писал: «Резкой противоположностью антипатии древних народов к эксперименту, с помощью которого можно раскрыть тайны природы, стала их явная симпатия к умозаключениям, на основе чего они отважно пытались объяснить причины всех явлений» [10, с. 5]. Герман Копп совершенно по-иному рассмотрел развитие античных представлений о природе веществ и их превращений. «Каким бы важным ни был подъем, — подчеркивал Копп, — который позже наметился в развитии греческой философии, основные естественные науки, для которых главными были наблюдения над явлениями природы, лишь незначительно продвигались вперед. Особенно заметно это было в области химии, влачившей в то время жалкое существование. Наука находилась преимущественно под духовным влиянием древнегреческой философии и могла выбирать себе средства и методы лишь из числа имевшихся в ней, не пытаясь даже проверить соответствие этих философских идей точно установленным фактам действительности» [11, с. 25]. Копп и Мейер, таким образом, пробовали в XIX в. заложить общие представления о развитии экспериментальных методов в химии. При этом они не пытались решить проблему: какое соотношение теории и эксперимента могло иметь место на начальном этапе развития химических знаний и как оно развивалось? Копп и Мейер хотели лишь выявить, как складывались эти отношения в

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 369.

«ключевых ситуациях», т. е. на основополагающих этапах истории химических знаний.

Анализ дальнейшего развития химических знаний в эпоху античности привел к следующим выводам. Древнегреческие натурфилософы, оказавшие большое влияние на развитие естественнонаучных знаний, всегда пытались понять наиболее общие закономерности. Частностям они уделяли гораздо меньше внимания. Определенный интерес древнегреческие философы проявляли к отдельным явлениям лишь только в тех случаях, если при изучении этих явлений подтверждалась правильность наиболее общих положений натурфилософии. Это не означает, что натурфилософы вовсе не придавали значения отдельным явлениям и что они имели лишь минимальные знания о явлениях природы и особенностях ремесленной техники. Отдельные примеры говорят о весьма точных и детальном знании античных натурфилософов. И все же к деталям они проявляли значительно меньший интерес, чем к познанию общих закономерностей.

При изучении греческой натурфилософии прежде всего нельзя недооценивать историческую ситуацию. Ведь в те времена, когда теории противопоставлялся миф, познанию — вера, философии — религия, было особенно важно найти всеобщее объяснение природы материальных процессов. Для того чтобы ниспровергать богов с пьедесталов, недостаточно было объяснять лишь отдельные явления природы. Нужно было создать представления, которые помогли бы объяснить природу многочисленных явлений, не опираясь на веру в богов, и которые бы заменили религиозные учения [15, с. 1824].

В более поздние времена, как считал Ф. Энгельс, «на известной ступени развития законы, абстрагированные из реального мира, противопоставляются ему как нечто самостоятельное, как явившиеся извне законы, с которыми мир должен сообразоваться»*.

Развитие мышления было сложным процессом. Оно шло собственным и часто непредвиденным путем через сотворение мифов, верований, создание религий и разнообразных культов. При этом формировались новые категории и понятия. Абстрактное мышление должно было реализовываться в совершенно иных измерениях по сравнению с привычным ранее ходом мышления. Пути, которыми свободная от религии мысль развивалась дальше в этом направлении, — необычайно интересная сфера исследования. К сожалению, мы не можем заниматься здесь этим вопросом.

Формирование иных способов мышления предъявляло людям новые требования. «Люди стоят перед противоре-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 38.

чием,— считал Ф. Энгельс,— с одной стороны, перед ними задача — познать исчерпывающим образом систему мира в ее совокупной связи, а с другой стороны, их собственная природа, как и природа мировой системы, не позволяет им когда-либо полностью разрешить эту задачу. Но это противоречие не только лежит в природе обоих факторов, мира и людей, оно является также главным рычагом всего умственного прогресса и разрешается каждодневно и постоянно в бесконечно прогрессивном развитии человечества.

Фактически, каждое мысленное отображение мировой системы остается ограниченным, объективно — историческими условиями, субъективно — физическими и духовными особенностями его автора»*.

Основные черты мышления первых философов-материалистов, свободного от религиозных канонов, можно проследить, несмотря на явный недостаток первоисточников. Особенно интересны взгляды древних философов на протекание химических процессов, так как уже во время начальной фазы накопления знаний представления о процессах развивались в русле общего понимания природы материального мира.

Формирование абстрактных понятий

В наши дни особенно интересно рассмотреть развитие этого вида умственной деятельности людей по следующим направлениям. Во-первых, узнать, на какой основе возникли абстрактные понятия, и особенно учесть при этом значение наблюдений древних ремесленников за химическими процессами, которые они проводили. И во-вторых, определить, какое влияние использование этих понятий оказало на дальнейшее развитие химических знаний.

Абстрактные понятия, которыми пользовались древнегреческие натурфилософы, в значительной мере были результатом осмысления ими явлений природы и процессов, лежащих в основе химических ремесел. Попытки выяснения первопричины процессов, а также состава веществ «минерального, растительного и животного царств» ставили перед древними философами множество вопросов. При этом должны были выявиться две важнейшие особенности превращений веществ: постоянство воспроизведения определенных свойств и постоянство происходящих изменений веществ. Эти выводы, полученные людьми из наблюдений, способствовали развитию ремесленной практики.

Совершенствование процессов превращения веществ, ранее наблюдавшихся лишь в природных условиях, достигалось

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 36.

«хитроумием» ремесленников. При этом возможности людей поднимались на новый качественный уровень. Человек сумел подчинить ранее противостоявшие ему силы природы, которым вначале он приписывал божественное происхождение. Это привело к мысли, что могущество богов не безгранично и они вынуждены раскрывать человеку свои тайны. Однако еще довольно долгое время люди продолжали оставаться в плену мифологических воззрений. На основе мифологических и религиозных догматов они пытались объяснить природные явления и превращения веществ «божественным промыслом». Только благодаря долголетнему опыту проведения разнообразных производственных процессов были накоплены знания о превращениях веществ. На основе их осмысления возникли впоследствии современные естественные науки.

Все теоретические взгляды в эпоху античности базировались на следующем положении: какие-либо поступки обуславливают проявление соответствующих ответных действий, а определенные природные процессы можно повторить в искусственных условиях, если разработать представления о специфике их протекания. Эти знания, полученные из наблюдений, подготовили ученых к пониманию законов природы.

Результаты практической деятельности человека приближали его к познанию природы веществ и путей их превращения. С этой точки зрения интересно рассмотреть следующий вопрос: какие представления о протекании химических превращений веществ в природе и в ремесленной практике (включая и пробирное искусство) использовались первыми натурфилософами для теоретических обобщений? Насколько нам известно, древнегреческие философы (от Фалеса до Аристотеля) наблюдали немало превращений веществ и в природе, и в ремесленной практике. Взгляды их различаются по степени достоверности представлений о превращениях веществ; разнообразны и подходы к пониманию сущности процессов превращения.

Определяющей стадией интеллектуального развития античного общества стало выдвижение первыми натурфилософами представлений о том, что «в основе вещей лежат лишь материальные первопричины» [16]. Это положение о единстве происхождения мира берет свое начало в учении Аристотеля, который не во всем был согласен со своими предшественниками. Однако он подметил, что взгляды натурфилософов о первоматерии, первичном веществе-элементе, или субстанции, принципиально мало различаются. Разница состоит лишь в том, как философы эту субстанцию называют, и считают ли ее единой или существующей в нескольких формах. Но в основе всех этих суждений лежала мысль, что не божественное или духовное, а материальное начало являет-

ся первичной субстанцией всех вещей. Столь же важным для развития философской мысли оказалось другое положение натурфилософии — о вечном существовании одной или нескольких первичных субстанций.

Таким образом, особое внимание натурфилософов привлекли следующие общие проблемы: 1) материальность мира; 2) невозможность появления «из ничего» новой материи и полного исчезновения ее (превращения в «ничто»); 3) способность материи принимать различные взаимопревращающиеся формы при сохранении ее основной субстанции.

Наименование основных субстанций натурфилософами является вторичной проблемой. Однако и она имеет определенное значение, так как взгляды натурфилософов в этой сфере способствовали развитию представлений о природе веществ. Первичной материей различные философы древности считали наиболее важные для жизни человека вещества или явления окружающего мира: Фалес (ок. 600 до н. э.) — воду, Анаксимен (585—525 до н. э.) — воздух, Гераклит (544—483 до н. э.) и Гиппий* (ок. 450 до н. э.) — огонь. Весьма важными для развития философии и естествознания оказались попытки создания представлений о многообразии проявлений и функций веществ, возникших из определенной первичной субстанции. Например, пифагорейцы считали действия огня и солнца похожими.

Автором наиболее общих натурфилософских представлений был Анаксимандр (610—547 до н. э.). Он считал, что первичная субстанция не какое-либо конкретное вещество, а полностью неопределенный абстрактный принцип («апейрон»). Все вещества материального мира возникают в результате проявления апейрона в различных формах.

Для развития натурфилософской мысли не имело существенного значения, является первоматерия конкретным веществом (воздух, вода, земля) или неопределенным «принципом» (апейроном). Принципиальной была лишь гипотеза о материальности мира, его единстве и многообразии. На основе этой гипотезы были предприняты первые попытки осмысления окружающего мира с помощью разума, свободного от религиозных учений.

Лишь освободившись от мифологического подхода к пониманию мира натурфилософия смогла стать основой естественнонаучных знаний. Научная мысль в эпоху античности находилась в таком же положении, как мифический герой Геракл во время борьбы с многоголовыми гидрами. На месте одной отрубленной головы чудовища вырастали две новые!

* Гиппий из Элиды (2-я половина V в. до н. э.) — древнегреческий философ-материалист, один из первых софистов. — *Прим. перев.*

Этот процесс характерен также для развития ремесел и познания природы в эпоху античности. Его описывает закон расширения проблематики. Согласно этому закону, разрешимость каждой проблемы является лишь относительной, а решение одной проблемы вызывает появление новой; они сцеплены друг с другом, как звенья в цепи [3, с. 135 и сл.].

Возбудив однажды человеческое любопытство, многообразие превращений материи оставалось постоянно в поле зрения людей. Накопление знаний о некоторых явлениях природы стимулировало выдвижение гипотез, привлечение новых понятий для объяснения явлений и развитие оригинальных представлений. Все это способствовало тому, чтобы полнее отразить многообразие форм и свойств веществ.

Центральной проблемой античной натурфилософии был вопрос о том, как многообразие веществ могло возникнуть из одной или нескольких первичных субстанций. Их возникновение и взаимопревращения Анаксимандр пытался объяснить с помощью понятия «движение», которое он считал свойством «апейрона». Одновременно философ использовал понятие «противоположность». Анаксимандр предполагал, что «противоположность» является побуждающей силой развития, т. е. возникновения субстанций из их «первоосновы» и приобретения ими важнейших качеств (горячее, холодное, влажное, сухое). В своем представлении о вечной повторяемости мировых процессов Анаксимандр приближался к формулированию категории «необходимость»: «Там, где возникают вещи, там они и обязаны уйти» [3, с. 135]. Эта мысль имела очень большое значение для формирования новых философских понятий (категорий). Так слова, обозначающие абстрактные величины, становились орудиями философского исследования. Сформулированные Анаксимандром категории — движение, противоположность, необходимость («обязанность») — столь содержательны, что они до сих пор являются важным инструментом научного познания.

Следующий значительный шаг вперед в развитии естественнонаучных взглядов после Фалеса и Анаксимандра сделали натурфилософы Анаксимен и Гиппий из Элиды, которые ввели понятия «сгущение» и «разрежение». Они привлекли эти понятия, чтобы объяснить на основе наблюдений явлений природы возникновение веществ из первичных субстанций — «воздуха» или «огня» — и особенности их превращений. В дальнейшем подобный метод формирования понятий снова и снова повторялся в истории науки. Вначале наблюдение внешних признаков процессов и явлений, потом все более глубокое проникновение в их сложные свойства, затем формулирование термина и его определение. Впоследствии совершенствование знаний о процессах и одновременно возможно более широкое обобщение термина и, наконец, его

признание и широкое использование в научной деятельности.

Гипотеза Анаксимена и Гиппия о возникновении различных веществ из большого количества первичных субстанций значительно способствовала становлению общего представления о возникновении и превращениях веществ. Например, гипотеза о первичной субстанции — «огне» привела Ксенофана (конец VI—конец V вв. до н. э.) к формулированию понятия «огненной частицы». Это в свою очередь послужило отправной точкой для теорий Эмпедокла и атомистов, которые создали новые представления о структуре материи.

Большая группа новых понятий была введена пифагорейцами, элеатами* и последователями философии Гераклита. Особенно много было сделано этими натурфилософами для изучения количественных отношений свойств «тел», которые считались в эпоху античности отражением сущности различных тел окружающего мира. Число, по представлениям пифагорейцев, — основа всего существующего; символами тел (кроме чисел) могут быть и геометрические фигуры. Для развития философской категории «противоположности» важно было то, что пифагорейцы рассматривали «противоположность» в тесной взаимосвязи с другими качествами тел. Таким образом, они положили начало диалектической трактовке этой категории.

Пифагореец Алкмайон из Кротона (ок. 500 до н. э.) выдвинул гипотезу о заболевании как о нарушении «равновесия сил» в человеческом организме [15]. Во времена Возрождения Парацельс положил это представление в основу своих воззрений о функционировании человеческого организма. Взгляды Алкмайона разделяли немало натурфилософов и врачей и в эпоху античности. Его представления о равновесии сил использовались Гераклитом, Эмпедоклом, Демокритом в разработке учений об отношениях противоположностей (в попытках решить проблему взаимодействия веществ). Взгляды Алкмайона

* Элеаты (элейцы) — представители древнегреческой философской школы VI—V вв. до н. э., основанной в городе Элее, на юге Италии. Основателем школы некоторые ученые считают древнегреческого философа и поэта Ксенофана (ок. 570—после 478 до н. э.). Но большинство современных исследователей не относят Ксенофана к элеатам, хотя и отмечают определенное влияние его взглядов на мировоззрение элейской школы. Бесспорно, представителями элейской школы являются ученик Ксенофана Парменид, ученик Парменида Зенон (оба из Элеи), а также Мелисс Самосский. Элеаты были убеждены, что достоверные знания можно приобрести лишь на основе разумных (логичных) умозаключений, а чувственные ощущения приводят лишь к ложным выводам. Они первыми попытались применить к многообразию окружающего мира наиболее общие философские категории: бытие, небытие, движение. Но отрыв знания от чувственного восприятия и (в более широком плане) от опыта вообще привел элеатов к ложным умозаключениям: отрицанию реального существования вещей, попыткам доказать невозможности движения. Поэтому Платон называл элеатов «неподвижниками», а Аристотель — «противоестественниками». — *Прим. перев.*

применялись и при рассмотрении проявлений чувств человека, а также реакций нервов и мозга.

Гераклит (ок. 544—483 до н.э.) в созданной им теории противоположностей более точно определил «равновесие сил» как результат единства противоположностей. Гераклит считал, что единство противоположностей может определять не только гармонию, но и противоречия в мире. Противоположности представлялись Гераклиту движущей силой, которая вызывает превращения веществ и изменение их качеств [15, с. 1826]. Об этом свидетельствуют такие высказывания философа: «все происходящее совершается благодаря противоречию», «холодное становится теплым, теплое — холодным, влажное — сухим, сухое — влажным», «огонь живет смертью земли, воздух — смертью огня, вода — смертью воздуха, а земля — смертью воды» [15]. Взгляды Гераклита способствовали развитию диалектических представлений о природе и закономерностях природных явлений. Для химии особенно важно представление о соединении друг с другом различных веществ. «Вещи соединяются,— считал Гераклит,— за счет существующих между ними отношений противоположностей» [15]. Гераклит отличал чувственное восприятие мира от его познания с помощью разума. Чувственное восприятие, по мнению философа, основа наблюдений над явлениями природы и их осмысления, но чувственный опыт сам по себе еще недостаточен для возникновения знаний, а «разум должен использовать его как мерило истины» [15, с. 1826]. Так были значительно усовершенствованы понятия об истинности и познании.

На основе этих представлений Гераклита в дальнейшем разрабатывалась диалектика познания и изучались взаимосвязи практики и теории. Взгляды Гераклита оказали значительное влияние на натурфилософские учения эпохи Возрождения. Согласно этим взглядам, разум (иными словами, теория или научное познание) должен использовать практику как критерий правильности выдвигаемых гипотез.

Противоположных взглядов придерживались представители элейской философской школы. Умозаключения элеатов — пример сложного, извилистого пути, которым развивается мышление. Парменид противопоставил диалектике Гераклита метафизику как метод мышления. Он утверждал, что образование и превращения веществ существуют лишь в представлениях человека, что явления природы также на самом деле не существуют и что доверяться чувственному опыту нельзя, а истинные знания можно получить лишь в результате умозаключений. Зенон дополнил рассуждения Парменида некоторыми диалектическими представлениями.

Элеатам удалось внести определенный вклад в развитие

натурфилософии. Они пытались определить важные понятия, которые стали потом основополагающими в науке (величина, объем, масса, пространство), стремились осмыслить многообразие и делимость «тел» (хотя нередко ставили это многообразие под сомнение). Элеаты подняли философскую мысль до уровня абстрактных обобщений, сосредоточив внимание на поисках «вечных истин», основ явлений и вещей, названных позже Платоном «идеями».

Впервые попытался объяснить окружающий мир на основе обобщенной теоретической системы Эмпедокл из Агригента на Сицилии (490—430 до н. э.) — знаменитый натурфилософ, знаток ремесел и врач. В системе Эмпедокла были диалектически осмыслены первые попытки познания природы как единой системы. Представления Эмпедокла ознаменовали развитие первого этапа наивысшего развития знаний эпохи античности. Во время этого этапа были диалектически осмыслены важнейшие понятия в их тесной взаимосвязи.

В истории науки нередко значительный период развития знаний (фаза накопления знаний) завершает фаза высшего развития знаний, определяющаяся деятельностью одного ученого. В дальнейшем на основе этой фазы начинается новый период накопления знаний, в течение которого происходит развитие до определенного уровня новых основополагающих теорий. Для этапа высшего развития знаний недостаточно лишь простого обобщения ранее выдвинутых гипотез. Для него характерно создание значительно более глубокой и детально разработанной теории и осознание ее определяющего места в системе знаний. Этого можно достичь только тогда, когда одновременно вводятся новые важные экспериментальные данные и делаются попытки их осмысления.

Элементы Эмпедокла

Эмпедокл был не только чрезвычайно тонким наблюдателем явлений органической и неорганической природы, но и хорошим знатоком ремесленной и фармацевтической практики. (Не исключено, что Эмпедокл сам изготовлял лекарства.) Это подтверждают выдвинутые им представления о давлении воздуха (!), об «элементах» и их соединениях, о мельчайших частицах («осколках») элементов, о соединении веществ («теория пор», представление об «избирательном сродстве»), об «огненном веществе» воздуха [15, с. 1827]. Эмпедоклу были известны не только многочисленные вещества, но и способы их приготовления. Приводимые в его работах данные говорят о том, что он превосходно владел способами «экспериментального искусства» [15].

Представления Эмпедокла, переосмысленные и разви-

тые Аристотелем, оказали значительное влияние на развитие естествознания вплоть до XVIII в.

Рассмотрение взглядов Эмпедокла мы начнем с наиболее разработанных им представлений об элементах. В основе теорий Эмпедокла и его последователей лежит представление о четырех вечно существующих первичных субстанциях (первостихиях, первоэлементах): огне, воде, воздухе, земле. В дальнейшем были развиты более детальные представления о составе и свойствах этих элементов, а также об их движении и смешении.

Выделение четырех элементов как основы материального мира стало первой в науке попыткой классификации веществ, исходя из общего принципа (выражаясь современным языком) агрегатных состояний. Подобный подход впоследствии был использован учеными для нахождения общности состава и свойств веществ; в 1750 г. этот принцип развил немецкий химик Иоганн Юнкер [17].

Важную роль играло описание специфики первоэлемента с помощью сочетаний неизменных качеств — сухости, влажности, тепла и холода. На основе дошедших до нас отрывочных знаний о взглядах Эмпедокла трудно судить, насколько всеобъемлющей была его характеристика веществ по сравнению с теорией Аристотеля [16]. Во всяком случае, именно Эмпедокл первым попытался определить неизменные качества первичных элементов. Например, согласно его характеристике, огонь — теплый и сухой, вода — влажная и холодная, воздух — влажный и теплый, земля — сухая и холодная.

Очень важным было также представление Эмпедокла, что из четырех элементов образуются мельчайшие «осколки». Это представление явилось не только вехой на пути развития атомистики (как и «частицы огня», введенные Ксенофаном). Эмпедокл первым предположил, что из этих «осколков» образуются соединения качественно различных веществ [15, с. 1827]. Если при этом допустить существование различных элементов и их «смесей», то таким способом можно объяснить многообразие веществ.

Если бы основная субстанция была едина, то все вещества по своей сути были бы однообразны; тогда для объяснения различных свойств веществ вполне достаточно оперировать понятиями «уплотнение» и «разбавление». Но если считать, что основных элементов несколько, то необходимо было предложить новые теории, объясняющие многообразие веществ. Это и сделал Эмпедокл, впервые применив понятия «объединение» и «разъединение». Эмпедокл считал, что многообразные вещества образуются в результате качественно различных объединений частиц первоэлементов [15]. Таким образом, становилось понятным существование разнообразных форм материи и возможности ее превращений. Как мы уже

знаем, всю совокупность органических и неорганических веществ, согласно взглядам Эмпедокла, образуют четыре основных элемента. Элементы состоят из мельчайших, недоступных чувственному восприятию частиц. За счет их многократного соединения и разъединения образуется громадное количество разнообразных веществ и тел.

По сравнению с существовавшими ранее натурфилософскими системами эти представления позволяют намного легче объяснить природу веществ и их превращений. Воззрения Эмпедокла оригинальны и постановкой вопроса об особенностях протекания «соединения» и «разъединения» частиц элементов. Тем самым Эмпедокл значительно развил представления о соединении веществ. Характер представлений Эмпедокла о превращениях веществ позволяет предположить, что он неоднократно сам проводил разнообразные реакции [15, с. 1837].

Представления Эмпедокла о «порах», «симметрии», «избирательном родстве» — теоретические модели предполагаемого элементарного строения различных веществ, отражающие их способность к соединению [15, с. 1828]. Предположения, что частицы элементов различаются по структуре и имеют поры, через которые могут проникать друг в друга, было, по сути, механистическим. В то же время биоморфные гипотезы Эмпедокла о симметрии и избирательном родстве, об объединении и разъединении, о «живущих» и «страдающих» частицах элементов способствовали развитию динамического направления в натурфилософии [15].

Среди элементов Эмпедокла особую роль играл огонь — «огненное вещество», «растворенное» в воздухе. Понятие об «огненном веществе» впоследствии было использовано для изучения такого важного химического процесса, как горение. Введенное Эмпедоклом «огненное вещество» в трудах арабских и европейских алхимиков трансформировалось в «серу», позже Г. Бехер назвал его «горючей землей», Г. Шталь — «флогистоном», а К. Шееле и Дж. Пристли в конце XVIII в. — «огненным воздухом». И наконец, вскоре «огненное вещество» получило от А. Лавуазье современное название «кислород»^{*}. Однако еще несколько десятилетий после Лавуазье (пока ученые окончательно не установили, что причина тепла — движение^{**}) существовало близкое к воззрениям Эмпедокла понятие

^{*} На самом деле кислород был получен в 1772—1775 гг. независимо тремя учеными — представителями различных стран: шведом К. Шееле, англичанином Дж. Пристли, французом А. Лавуазье. Подробнее о истории открытия кислорода рассказано в кн.: Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д. Как были открыты химические элементы. — М.: Просвещение, 1980, с. 42—48. — *Прим. перев.*

^{**} Качественное рассмотрение движения молекул как причины теплоты провели в 1740-х гг. М. В. Ломоносов, а также швейцарские физики Даниил и Иоганн Бернулли. Однако существовавшая тогда сильная традиция рассмотре-

о «веществе тепла» — «теплороде».

Эмпедокл рассматривал также особенности взаимодействия частиц в процессе их движения, в результате которого происходит не образование, а распад веществ. Последний процесс, который Платон считал происходящим «случайно, поневоле», по мнению Эмпедокла, протекает «согласно природе вещей» [15]. Таким образом, Эмпедокл попытался диалектически рассмотреть протекание природных процессов. Оригинально и иное умозаключение Эмпедокла: все сущее может быть одновременно единым и многообразным. При этом Эмпедокл использовал элементы философии Парменида и Зенона, например: объединение есть одновременно и разрушение, а разрушение — объединение; целое возникает из единичного, а единичное — из целого; движение вечно, как первома́терия, а отдельные вещи имеют конец [15, с. 1826].

Представление Эмпедокла о «ненависти» и «любви» между частицами «элементов», из-за которых «элементы, длительно перегруппировываясь, приходят в движение», противоречило мнению Платона, что соединение веществ происходит «случайно, поневоле» [15]. «Любовь» и «ненависть» между частицами, по Эмпедоклу, существуют как принципы, исключительно вне вещей. Эти принципы в некоторой степени аналогичны противоположностям — частному и целому, постоянно присутствующим в «вещах». С другой стороны, «любовь» и «ненависть» между частицами тесно связаны с разработанными Эмпедоклом понятиями «симметрия» и «избирательное сродство». В дискуссиях ученых XVIII в. эти понятия играли важную роль. Они подготовили почву для формирования представлений о сродстве как причине химического взаимодействия [17].

Большое значение для развития естественнонаучных знаний имело также выяснение Эмпедоклом природы органов чувств и их способности к ощущению, наблюдению и восприятию конкретных «вещей». Он внимательно изучал границы познания и критиковал философов, пытавшихся «познать всю действительность». Эмпедокл считал, что «каждый, обладая весьма ограниченными возможностями, должен стараться охватить лишь узкий круг явлений» [15, с. 1829].

Анаксагор развил представления Эмпедокла, сформулировав принцип: все различные частицы обладают неоди-

ния теплоты как специфической «материи» и невозможность в XVIII — начале XIX вв. углубленного количественного изучения механической природы теплоты не позволили в то время утвердиться представлению, что «причина тепла — движение». Только разработка в 1847—1862 гг. немецкими физиками Г. Гельмгольцем, А. Крёнигом и Р. Клаузиусом кинетической теории газов привела к окончательному признанию в науке механической теории теплоты. См. об этом подробнее в кн.: Павлова Г. Е., Федоров А. С. Михаил Васильевич Ломоносов. — М.: Наука, 1980, с. 158—160; Льюис М. История физики. — М.: Мир, 1970, с. 236—237. — Прим. перев.

наковым весом (массой). Так был введен новый классификационный принцип в развитие естественнонаучных знаний: различные вещества образуются соответственно из качественно неодинаковых частиц первоматерии. Это обусловило появление новой натурфилософской проблемы — проблемы индивидуальности и чистоты (однородности) веществ. Согласно взглядам Анаксагора, в каждом веществе содержатся частицы разных «элементов», но лишь частицы какого-либо одного «элемента» присутствуют в наибольшем количестве. Они-то и определяют основные качества вещества. Анаксагор писал: «Во всех телах следует определить основную часть» и «то, что присутствует преимущественно в каком-то количестве каждого тела, и определяет свойства конкретного тела» [15, с. 1837]. Позже эту мысль развил Аристотель. Он рассматривал способность веществ к «смешиванию» (соединению) как особое качество.

Причиной движения материи, ее изменения и относительно го расположения Анаксагор считал «дух» как объективную реальность. Аристотель заметил про Анаксагора, что тот использовал понятие «дух» во всех случаях, когда не мог указать иную причину явления [15, с. 1829]. Анаксагор приписывал духу, идее лишь роль основополагающего «принципа». В то же время многообразие веществ Анаксагор объяснял как возникающее «само по себе». Платон заметил, что Анаксагор, по существу, не нашел какого-либо реального применения понятию «дух» [15]. По сути своих взглядов Анаксагор был материалистом. «Видимые вещи, — по его мнению, — являются основой для познания невидимых» [15].

Анаксагор считал, что в своей бесконечной делимости частицы веществ достигают размеров, которые выходят за пределы чувственного человеческого восприятия. Для развития естественнонаучных знаний была особенно важной конкретизация представления о существовании необычайно малых частиц первоматерии. Это сделали Левкипп и Демокрит, сформулировав понятие об атомах. Так представления о строении материи поднялись на новую ступень развития. Это означало наступление следующего этапа высшего развития знаний.

Атомистические представления античных натурфилософов развивались в сочинениях некоторых арабских мыслителей в средние века. Однако лишь в XVI—XVII вв. был достигнут существенный прогресс атомистических воззрений в результате работ Зеннерта, Юнгиуса и Бойля. И наконец, в начале XIX в. атомистика стала теорией, важнейшей для познания химических явлений, благодаря основополагающим исследованиям Дальтона и Берцелиуса.

Левкипп (ок. 500—440 до н. э.) и Демокрит (ок. 460—370 до н. э.) создали атомистическое учение, опираясь на взгляды своих предшественников: атомами назвали мельчайшие, неделимые и однородные частицы первоматерии. Анализ этого определения приводит к вопросу: каким образом из однородных первичных элементов могло возникнуть столько качественно неоднородных веществ? Левкипп и Демокрит отвечали на вопрос следующим образом. Во-первых, атомы могут быть различной формы и величины. Это определяет возможности их разнообразных соединений. Во-вторых, порядок и расположение атомов в веществах, т. е. структуры веществ, могут существенно различаться. Благодаря различным комбинациям разнообразных атомов образуется бесконечное множество веществ [15, с. 1830].

Объяснение многообразия веществ их различной формой и величиной сыграло важную роль в формировании «корпускулярной теории» Бойля и Лемери. Это объяснение легло в основу механистических теорий химических реакций. Гипотеза об образовании различных комбинаций атомов использовалась Д. Дальтоном в его атомистике. В дальнейшем Л. Пастер, И. Виллигнус, Я. Г. Вант-Гофф применили эти представления при разработке стереохимических воззрений (особенно понятия о стереоизомерах) в конце XIX в.

Атомистические представления оказали влияние на развитие диалектического направления в философии. В первую очередь это относится к формулировке закона о переходе количества в качество. Однако нерешенным оставался вопрос о причине движения атомов. В отличие от Анаксагора Левкипп и Демокрит считали, что движение атомов не связано с внешней силой. Они рассматривали движение атомов как присущее им изначально («внутренне») свойство либо как способ их существования.

Во взглядах Демокрита заметны противоречия. Согласно одним его высказываниям, атом первично неподвижен и лишь в ответ на удары («толчки») приходит в движение. Согласно другим, движение присуще атомам изначально «как вечное свойство» [15, с. 1830]. Кроме того, Демокрит считал, что движение и взаимодействия частиц материи необходимы, а вещества образуются случайно.

На вопрос, изменяют или сохраняют атомы свою природу, соединяясь друг с другом, смогла ответить лишь наука конца XIX—XX вв., когда были сформулированы представления о ионах, открыт электрон и изучено строение атома [15]. Тем самым представления о движении и взаимодействии «веществ» были «конкретизированы» (хотя еще и в довольно отвлеченном виде). После открытия в начале XIX в. законов пос-

тоянных и кратных отношений элементов в соединениях (Дальтон, Берцелиус) и их интенсивного применения на практике химии перешли от статических (механистических) представлений о протекании превращений к динамическим [18].

Атомистам удалось внести немалый вклад в учение об образовании сложных веществ. Но при этом возникла и новая проблема: изменяются ли свойства атомов, когда соединившись они образовали новое вещество, или же, как представлял Демокрит, они остаются прежними [15]? Аристотель оспаривал эту точку зрения, поскольку такое механистическое представление не позволяло объяснить качественный скачок при образовании новых веществ. Для науки часто бывает важно не то, насколько верна гипотеза, а то, какое она имела значение для развития научной мысли.

Демокрит по-новому определил понятие об «элементах» как о простых «телах», составленных из более мелких частиц. Эти представления расширил и дополнил Аристотель. На более высоком уровне знаний в XVI в. эти взгляды были конкретизированы Бойлем. Лавуазье, Дальтон и Берцелиус положили их в основу научной атомистики.

Следующим важным шагом вперед на пути понимания атома как основы материального мира стало представление о пустом пространстве между атомами, или «пустоте» как объективной реальности. Согласно представлениям Левкиппа и Демокрита, существование пустоты было основополагающим условием для взаимодействия атомов с образованием различных веществ. Только в пустоте атомы могли встречаться и взаимодействовать, изменяя при этом порядок своего взаимного расположения в различных соединениях [15, с. 1831]. Таким образом, понятия «сущее» и «ничто», «полное» и «пустое», метафизически противопоставленные друг другу в предшествующих теориях, в античной атомистике были проанализированы диалектически. Однако только после определения веса (массы) воздуха, его давления и введения понятия вакуума в XVI—XVII вв. использование атомистических представлений привело ученых к важным для практики выводам.

Левкиппа и Демокрита можно считать основоположниками античной атомистики. Их воззрения различались несущественно. Представления Демокрита об отталкивании или, наоборот, взаимном притяжении атомов, т. е. о противоположных свойствах материи, внешними проявлениями которых были вид и форма веществ, при дальнейшем развитии превратились в учение о фундаментальных свойствах материи [15]. Однако до того, как этот раздел атомистики стал приносить важные для практики результаты, предстояло появиться еще многим теориям; надо было осуществить разнообразные эксперименты, в частности те, что привели к развитию учения об электричестве. Первые успехи в этом направлении были до-

стигнуты за несколько десятилетий XIX в., когда в химии господствовала дуалистическая теория, созданная Берцелиусом.

Атомистика стала областью естествознания, существенно обогатившей материалистическое мировоззрение. Со времени Возрождения учение об атомах приобретало все большее значение для материалистического осмысления явлений природы и как идеологическое оружие в борьбе против мистицизма. Философским фундаментом атомистики в XIX в. стало материалистическое мировоззрение натурфилософии, уже уступавшей место научному естествознанию. Развитие атомизма также способствовало философскому обоснованию развития естествознания.

Во взглядах античных атомистов было немало противоречий, преодоление которых обусловило дальнейший прогресс философии. Так, Демокрит считал, что на самом деле существуют только те вещи, которые (как, например, атомы) «могут быть постигнуты одним лишь разумом» [15]. Однако на самом деле между познанием и чувственным восприятием существует очень большое различие. Интересно, что древнеримский врач Гален привел высказывание Демокрита, которое, напротив, очень близко к естественнонаучным взглядам и уже содержит идею о важности опыта [15, с. 1832].

Хотя Демокрит отмечал особенно важную роль разума в познании, он допускал, что приобретение опыта посредством чувственного восприятия не только возможно, но и существенно для познания, особенно для проверки знаний. Конечно, это еще не означало, что Демокрит считал практику критерием истины при познании. До появления такой концепции науке предстояло пройти долгий путь развития. Использование достижений теории в практической деятельности человека — основная черта развития современного естествознания — было неосуществимым в условиях общественных отношений того времени. Для такого основополагающего изменения характера естествознания нужна была техническая интеллигенция как социальная группа, возникшая благодаря производственной деятельности человека и тесно с ней связанная. Она выделилась во времена Возрождения из среды буржуазии.

Пришедшие на смену первым атомистам философы почти не занимались естественнонаучными проблемами. Они считали гораздо более важным изучение природы человека и путей совершенствования общественного устройства, открытие и освоение новых богатых стран, постижение законов мышления. Все это, разумеется, косвенно способствовало развитию естествознания. Однако господствовавшие в античной философии научные школы от первых атомистов до Платона и Аристотеля не привели к значительному развитию естественнонаучных представлений.

«Геометрический» метод философии Платона

В отличие от своего учителя Сократа Платон (427 или 428—348 или 347 до н. э.) рассматривал явления природы в качестве основного предмета философского исследования. На базе его представлений после их критического рассмотрения Аристотель создал собственную научную систему. Учение об идеях — исходный пункт и основа философии Платона — оказало большое влияние на развитие естественнонаучных знаний и привело к появлению новых представлений о специфике природных явлений. Согласно учению Платона, идея не есть «нечто», существующее наряду с материей. По Платону, идеи — это активные силы, придающие форму вещам и лежащие в их основе, а вещи и явления — «тени» идей, существующих независимо от материальных «тел». Материальный мир, по Платону, — это лишь «тени идей». Идеи можно понять и познать лишь «душой».

Платон придавал большое значение и изучению явлений природы. В диалоге «Тимей» Платон описал множество глубоких наблюдений явлений природы, обнаружил недюжинные познания в различных ремеслах. Платон так же хорошо знал ремесла, как Аристотель; он изучал и животный мир. Но знания свойств «вещей» не идентичны пониманию причин их существования.

Платон искал черты вечных «идей» с тем же пристрастием, с которым он стремился найти путь преодоления политического кризиса древнегреческих городов-государств, узаконить их архаические общественные отношения, раз и навсегда остановить развитие, которое приносило с собой новые социальные потрясения.

Платон сумел сформулировать с высокой степенью абстракции наиболее общие и существенные философские понятия, выявить законы их развития. На первый взгляд может показаться, что это не принесло реальной пользы для развития естественнонаучных знаний. Однако дальнейшая история науки свидетельствует, что учение Платона имеет непреходящее значение для движения познания от частного к общему, к открытию главных закономерностей и созданию теорий. Система Платона оказалась наиболее ценной для первой стадии научного поиска; она послужила основой для подборки и классификации веществ и явлений, проводимых Аристотелем, но позднее особенно характерных для биологических исследований вплоть до начала XIX в.

В этом смысле изучение явлений играло необычайно важную роль. Меньшее значение для анализа первоматерии имело рассмотрение ее в виде «элементов» и близких к ним по сути «геометрических форм». Предположения о первоначальной материи и ее существовании в виде четырех первоэлементов

уже ранее использовались античными философами. В отличие от Эмпедокла Платон пытался изучить природу частиц «элементов», а не просто обозначить их [19, с. 49].

Для развития химических знаний большое значение имела разработанная Платоном теория соединения первоэлементов. По-видимому, под влиянием атомистов Платон в отличие от Эмпедокла образно представлял себе взаимодействие «элементов» как изменение формы определенных «геометрических фигур». Платон считал, что треугольники, образующие первоэлементы, могут возникать при «распаде» равносторонних треугольников и квадратов. Треугольники первоэлементов, различающиеся своими размерами, постоянно взаимодействуя друг с другом, образуют многообразие веществ. Новые вещества возникают как при разных комбинациях треугольников, так и при распаде образовавшихся фигур.

Платон уточнил, что понятие «элемент» применимо лишь к «элементам» в чистом виде, что бывает довольно редко. Так, например, «элемент» вода может существовать в различных «формах» с иными, чем у воды, свойствами, например вино, уксус, масло. Кроме того, Платон развил понятие «элемент» и показал особенности его использования для описания многочисленных «модификаций» твердых, жидких, летучих или «огнеподобных» веществ. При этом Платон исходил из предположения, что первичные элементы в чистом виде могут существовать лишь как исключения. Обычно они входят в состав различных соединений. Таким образом, большинство доступных чувственному восприятию вещей возникает, как правило, в результате смешения разных первичных элементов. Например, вода под влиянием «огненных» элементов переходит вначале в воздух, а затем в град, лед или снег. Железо — это «труднотекущая» форма воды с небольшим включением «земляных» элементов, которые постепенно выделяются в виде ржавчины [15].

Эти представления об образовании различных соединений были качественно переработаны и дополнены Аристотелем с учетом положений атомистики. Вплоть до XVIII в. они играли важную роль в развитии химических знаний, например помогли химикам найти выход из тупика в эпоху флогистонной химии. Однако особо важную роль эти представления сыграли для более правильного понимания особенностей протекания химических превращений веществ. Хотя представления Платона об образовании веществ из треугольников и «элементарных» частиц едва ли были прямо использованы химиками, они, несомненно, оказали влияние впоследствии на формирование взглядов о пространственном строении соединений.

Платон считал, что вещества могут возникать в результате соединения и распада треугольников, из которых состоят четыре первичных «элемента». Но, по мнению Платона, лишь одна

земля — неизменный элемент, а огонь, воздух и вода — принципиально иные и могут превращаться друг в друга. «Когда земля встречается с огнем,— считал Платон,— она растворяется и остается в нем самом либо в соединениях огня и воздуха или воды. Так происходит до тех пор, пока частицы земли снова не встретятся и не соединятся друг с другом. Тогда они снова становятся веществом земли. Но ни при каких условиях эти частицы не переходят в другие состояния. Зато частица воды, встречаясь с воздухом или огнем, может разделиться и превратиться в частицу огня и две частицы воздуха. Частица воздуха может превратиться в две частицы огня. С другой стороны, если смешиваются воздух и огонь, вода или земля (пусть даже в различных отношениях), между частицами возникает борьба — и из двух огненных частиц образуется одна частица воздуха; затем воздух оказывается побежденным — и из двух с половиной воздушных частиц возникает одна частица воды» [19].

Так Платон гениально предвидел, что вода образована из двух газообразных веществ. В 1783 г. Г. Кавендиш обнаружил это с помощью экспериментов, а вскоре Лавуазье доказал аналитически. Конечно, и тот и другой химики отнюдь не руководствовались умозаключениями Платона, который исходил при формулировании своей гипотезы из совсем иных предположений. Однако некоторые умозаключения Платона долгие столетия оказывали влияние на развитие химических знаний. Так, вплоть до 1770 г. считалось, что вода может превращаться в землю. Лишь Шееле и Лавуазье опровергли это мнение при помощи экспериментов. Теория Платона о возможности взаимопревращения трех из четырех основных «элементов» углубила представления мыслителей античности о структуре вещества.

Наряду с определением понятия «элемент» перед исследователями встал вопрос: как смешать первоэлементы, чтобы получить нужное соединение?

Разумеется, было бы неправильно рассматривать учение о превращениях веществ лишь как развитие представлений Платона, усовершенствованных Аристотелем. Оба этих философа рассматривали природу чисто абстрактно. Только когда химики-практики стали искать теоретическое обоснование для получения таких веществ, как золото или лекарственные средства, они обратились к представлениям Платона и Аристотеля. Правда, некоторые химики иногда использовали и атомистические представления, но взгляды Платона и Аристотеля были лучше разработаны и применялись намного чаще.

Представления Аристотеля о природе первоначальной и форме «тел»

В эпоху, когда жил выдающийся ученик Платона Аристотель (384—322 до н. э.), античная натурфилософия достигла высшей стадии развития. Следующий за этим период накопления знаний продолжался почти два тысячелетия. За это время при изучении явлений природы не было выдвинуто новых основополагающих представлений; в философских учениях, которые появлялись после Аристотеля, лишь развивались высказанные им мысли. Незначительный прогресс наблюдался и в производственной деятельности людей, хотя здесь он был заметнее, чем в философии. Принципиальные изменения произошли лишь в XIII в., когда в Европе стали складываться новые общественные отношения.

Как уже неоднократно указывалось, рабовладельчество было главной причиной упадка в античных государствах. Аристотель считал рабов «говорящими инструментами» с низменными чувствами. Пропасть между правящими и поработанными классами была так велика и положение рабов так ужасно, что последним оставалось лишь мечтать о мессии — боге угнетенных — или искренне завидовать участи животных. Практика считалась все более «низменным» занятием, а философские системы, процветавшие в античных государствах начала нашей эры, носили главным образом идеалистический характер; натурфилософия уступала место мистике. Такие общественно-экономические условия в конце концов должны были привести к застою и в духовной жизни. Развитие теорий без какой-либо связи с практикой возможно на протяжении довольно длительных исторических периодов. Однако бесконечно так продолжаться не может. Как мифический герой Антей непобедим лишь до тех пор, пока касается земли, так и теория получает новые стимулы для своего развития, лишь когда опирается на практический опыт. Антей, поднятый Гераклом на воздух, терпит поражение. Так оторванные от практики, чисто дедуктивные теоретические умозаключения на определенном этапе развития приводят мысль к догматизму, а духовную жизнь — к упадку и регрессу.

Материя и форма

Вслед за более ранними древнегреческими философами Аристотель исследовал значение практики для познания. В созданной им философской системе Аристотель плодотворно переработал положения существовавших ранее натурфилософских теорий и поднял естественнонаучное знание на качественно более высокую ступень. Он развил натурфилософские взгляды

Платона (впервые сделавшего изучение природы основной задачей философии).

Особое внимание Аристотель уделил изучению превращений веществ. Ему удалось систематизировать знания, обобщив и развив существовавшие до него положения натурфилософских концепций. Неудивительно, что в трудах Аристотеля нередко встречаются положения его предшественников, как, например, многие рассуждения из философского трактата Платона — диалога «Тимей».

Среди работ современных авторов, изучающих влияние взглядов Аристотеля на развитие химии, особый интерес представляет книга Ирен Штрубе «Аристотель и кризис учения о химических процессах» [20]*. В этой работе, в частности, утверждается, что Аристотель не копировал взгляды своих предшественников на явления природы, а пытался создать новое всеобъемлющее учение. Аристотель разделял основное положение философии Платона о том, что «познание и восприятие исходят при всех обстоятельствах из принципов, или причин, или элементов» [20, с. 1839].

В то же время Аристотель отвергал содержащиеся в философии Платона идеалистические взгляды, например будто явления представляют собой лишь «тени идей». Для Аристотеля частное и целое неразрывно связаны. Поэтому анализ отдельных явлений философ рассматривал как основу для познания целого, подразумеваемая, что сущность отдельного явления позволяет понять всеобщее. Познание невозможно без формирования абстрактных понятий на основе изучения окружающего мира.

Для развития естественнонаучных знаний плодотворным было дуалистическое представление Аристотеля о «сущем», которое является единством формы и материи. Аристотель считал, что форма олицетворяет активные, а материя — пассивные начала «вещей». Форма является к тому же сущностью, причиной движения и целью явлений. Лишь благодаря воплощению в различные формы материя приобретает реальные свойства (подобно тому как камень трудом ваятеля превращается в скульптуру). По взглядам Аристотеля, форма есть проявление того, что в материи заложено лишь как возможность. Сущность явления также в виде возможности содержится в материи.

По Аристотелю, существует иерархия форм, отражаемая иерархией понятий. Наивысшей форме соответствует представление о божестве как «перводвигателе» Вселенной. Аристотель

* В СССР «химия Аристотеля» проанализирована в работе: *Визгин В. П.* Возникновение и развитие натурфилософских представлений о веществах. — В кн.: *Всеобщая история химии. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII в.* — М.: Наука, 1980, с. 135—166. — *Прим. перев.*

считал, что суть и особенности превращения веществ можно постигнуть разумом. В основе познания лежит чувственное восприятие, исходящее из опыта (эмпирии). Иными словами, на основе понимания явлений должно вырабатываться понятие о них. Значит, в системе Аристотеля, как и во взглядах Платона, наиболее существенным является то, что рассматривается не нечто стоящее вне явлений, а сама их суть.

Мы рассказали об основных особенностях философской системы Аристотеля, чтобы стало понятно, почему «химические теории» Аристотеля (основанные на его общеполитических взглядах) более чем две тысячи лет оказывали такое громадное влияние на развитие естественнонаучных знаний. Для объяснения столь длительного воздействия аристотелевской философии на человечество, разумеется, необходимо учесть также ее многогранность, ее общий характер, а также традиционность мышления людей. Из философских систем досократиков на протяжении более двух тысяч лет использовались лишь отдельные фрагменты. Такое положение вещей было крайне неблагоприятным для развития естественнонаучных знаний. Поскольку практически никто не решался выступить против положений Аристотеля, авторитет его для ученых древности (и особенно средневековья) был непререкаем. Этот авторитет в средние века оказывал тормозящее влияние на развитие оригинальных научных идей. Оно усиливалось по мере того, как все большее число толкователей взглядов Аристотеля прославляли древнегреческого ученого, считая его величайшим философом всех времен. В XIII в. система Аристотеля была канонизирована христианской церковью. Это привело к безудержному восхвалению его взглядов, некритическому отношению к ним.

Засилье взглядов Аристотеля сказалось на развитии науки особенно сильно, потому что отсутствие оригинальных теорий всегда влечет за собой ограничение областей использования естественнонаучных знаний и упадок «экспериментального искусства». К счастью, Аристотель не игнорировал работы своих предшественников — натурфилософов, и поэтому в средневековье были известны взгляды многих крупных ученых античности. Однако Аристотель подвергал часто односторонней и недоброжелательной критике взгляды таких крупнейших мыслителей древности, как Фалес, Анаксимен, Гиппий, Гераклит, Эмпедокл, Анаксагор, Демокрит, Левкипп и других.

Новые представления о природе веществ

Хотя Аристотель не был последовательным материалистом, ему удалось приблизиться к решению проблемы, на которую не обратили внимания или не смогли решить его предшествен-

ники — атомисты. В труде «О возникновении и уничтожении»^{*} Аристотель выдвинул принципиально новое диалектическое положение: возникновение новых веществ сопровождается изменением качеств. Тем самым он значительно углубил представление о процессе соединения, рассмотрев образование при этом качественно иных веществ. Важность данного вывода для развития естественнонаучных знаний можно продемонстрировать на следующем примере. Из ржавчины, образующейся на железной руде, можно получить железо. Железо снова может превратиться в ржавчину. Свойства железа и ржавчины сильно различаются. Но как объяснить это различие? И почему железо превращается в ржавчину, хотя возможен и обратный процесс? Велика заслуга Аристотеля в разработке подхода к объяснению особенностей протекания этих превращений. Но многостадийный механизм реакции ржавления железа удалось удовлетворительно объяснить лишь в XX в. на основе современных представлений об атомном строении материи. Тем не менее объяснения протекания различных превращений веществ, данные Аристотелем, стимулировали появление новых подходов к анализу этой проблемы. Достижения Аристотеля и других натурфилософов создали базу для новых представлений о процессе взаимодействия веществ, особенно о том, что смесь веществ образует качественно новую субстанцию — «миксис»^{**}.

Аристотель критиковал умозаключения натурфилософов — предшественников, которым не удалось найти удовлетворительного объяснения природы «возникновения» и «уничтожения» веществ. Философы — предшественники Аристотеля, которые предполагали существование единой «первичной материи» — воды, огня или воздуха, — волей-неволей должны были приписывать похожие качества всем веществам, возникающим из одного первоэлемента. Другие же философы, допускавшие существование нескольких первичных элементов, могли объяснить возникновение и превращение веществ тем, что «разные первичные элементы соединяются и разъединяются» [20, с. 1841 и сл.]. Однако эти теории не объясняли причины возникновения качественно новых соединений. При изменении предложенных Платоном гипотетических площадей (треугольников, квадратов и др.) также не возникало ничего нового, кроме новых фигур^{***}.

^{*} Аристотель. Соч., т. 3. — М.: Мысль, 1981, с. 379—441. — Прим. перев.

^{**} У Аристотеля «миксис» — это и процесс образования нового гомогенного соединения (которое при разложении возвращается к исходным веществам), и само соединение. — Прим. перев.

^{***} С иной точкой зрения на «химию Платона» можно ознакомиться в работе: Визгин В. П. Возникновение и развитие натурфилософских представлений о веществе. — В кн.: Всеобщая история химии. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII в. — М.: Наука, 1980, с. 125—135. — Прим. перев.

Аристотель довольно благожелательно относился к атомистическим представлениям: «Демокрит же и Левкипп признали [первозлементарными] фигуры и с помощью них объясняют качественное изменение и возникновение: возникновение и уничтожение — их разъединением и соединением, а качественное изменение — их порядком и положением... Вообще от малой примеси оно [любое тело] меняется и принимает совершенно иной вид при смещении одной [составной части]. Ведь трагедия и комедия составляются из одних и тех же букв» [20; 20а, с. 384]. Это замечание представляется еще более значительным, если учесть, что Аристотель признавал существование не только атомов, но и «пустоты» (пустого пространства). Он считал, что простейшие частицы обладают бесконечной делимостью, могут беспрестанно распадаться и вновь возникать. В книге «О возникновении и уничтожении» Аристотель утверждал, что атомисты дают лишь поверхностные объяснения качественных изменений веществ.

Аристотель пытался объединить процессы соединения и взаимодействия веществ качественно новым понятием «континуум». До него это не удалось ни одному философу. Разумеется, Аристотель не мог объяснить эти явления на уровне современных понятий. Однако он дал логическое решение проблемы. Для него «каждое чувственно воспринимаемое тело делимо и неделимо в каждой точке», так как «делимо оно потенциально, а неделимо, напротив, в реальности». Это диалектическое умозаключение сразу не оказало непосредственного влияния на развитие естественнонаучных знаний, но в дальнейшем оно приблизило исследователей к разгадке природы соединения веществ. Существенным вкладом Аристотеля было рассмотрение им соединения веществ не просто как их смеси, а как «тела», обладающего новыми, лишь ему присущими качествами. При этом вещества, вступившие в такое соединение, теряют свои индивидуальные качества.

Однако эту мысль о полной потере индивидуальности трудно было понять, поскольку уже в древности знали, что, например, железо может выделяться из оксида в своем прежнем виде. Эмпедокл предполагал, что сложные вещества «так должны были бы смешиваться, как если бы... были совершенно тонко растерты, размолоты в порошок и смешаны друг с другом так, что нельзя отделить вручную одну частицу смеси от другой» [20, с. 1844].

Для Аристотеля такое объяснение, как и истолкование образования новых веществ с новыми свойствами в рамках атомистических представлений, было недостаточным. Он считал, что при смещении должно происходить «равное распределение» взаимодействующих «тел». Поэтому и при образовании «соединения [смеси]... входящая в него часть воды должна оставаться водой». Более отчетливо об этом говорится в при-

водимом далее отрывке: «Когда что-нибудь соединяется друг с другом, все содержимое смешанного становится единым. Но это происходит не так, как будто вещи собирают в кучу, а так, как образуются слоги. Слог представляет собой иное качество, чем его элементы — буквы...» [20].

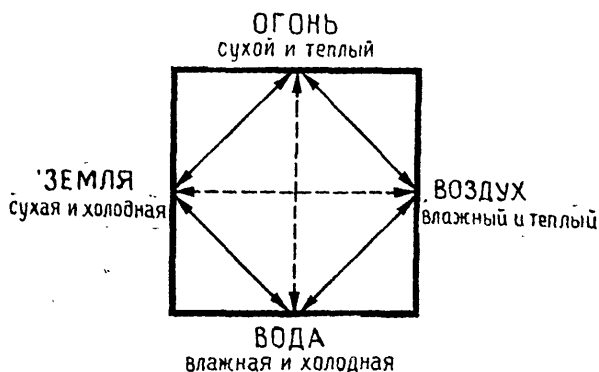
Свойства и превращения элементов

Новая сущность — «нечто иное», возникающее в результате взаимодействия «тел», — была центральной проблемой учения Аристотеля о качественных («химических») изменениях при соединении веществ. «Его учение об элементах, — отмечает И. Штрубе, — прежде всего было направлено на то, чтобы выявить суть происходящего при возникновении веществ и их превращениях, рассмотреть появление при этом новых качеств, а также преодолеть механистический подход в теориях, выдвинутых ранее» [20].

Аристотель предполагал, что существует первичная «субстанция», из которой возникает «вещество какого-либо чувственно воспринимаемого тела». Оно не распадается, но находится в постоянном соединении вследствие присущих ему противоположностей. Это первоначальное вещество было для Аристотеля неделимым и представляло собой причину появления противоположных свойств вещей, таких, например, как «теплота» и «холод» [20].

Аристотель пытался по-новому определить первоэлементы на основе их чувственного восприятия. Таким образом он выделял на основе осязания следующие пары противоположных качеств материи: теплое — холодное, сухое — влажное, тяжелое — легкое, жесткое — мягкое, вязкое — хрупкое, шероховатое — гладкое, толстое — тонкое. Среди этих пар он придавал особое значение следующим противоположностям: теплое — холодное и сухое — влажное. Эти четыре свойства материи представлялись ему четырьмя основными «принципами», которые могут включать в себя и различные иные противоположности. Четыре основных принципа образуют четыре комбинации качеств: теплое — сухое, теплое — влажное, холодное — сухое и холодное — влажное (комбинации теплое — холодное и сухое — влажное исключаются, так как представляют собой противоположные свойства).

Материальным воплощением этих комбинаций качеств Аристотель считал элементы Эмпедокла. Огонь — теплый и сухой, воздух — теплый и влажный, вода — холодная и влажная, земля — холодная и сухая. Таким образом первичные элементы были определены с помощью важнейших свойств материи — теплоты, холода, влажности и сухости. Каждый из первичных элементов характеризовался сочетанием двух из этих свойств. Следовательно, Аристотель уже отчетливо пред-



Натурфилософское обозначение взаимопревращений четырех «элементов» в результате изменений их противоположных признаков.

ставляя себе «смешение», как мы подчеркивали, в виде процесса образования нового вещества со специфическими свойствами. Механизм этого процесса он описывал следующим образом: «Например, воздух образуется из огня в том случае, если из двух свойств огня меняется лишь одно: огонь — теплый и сухой, воздух — теплый и влажный. Следовательно, стоит сухому превратиться во влажное — и образуется воздух. Вода же возникает из воздуха тогда, когда теплое становится холодным» [20а]. По мнению Аристотеля, из воздуха и воды может образоваться даже земля, «если огонь потеряет свое тепло, а вода — влажность», а из соединения огня и воды возникает воздух, когда вода лишается холода, а огонь — сухости [20, с. 1845 и сл.]. Эти «элементы», или «идеальные типы материи», Аристотель представлял себе как воплощение четырех основных качественных принципов. Принципы (сухой, холодный, влажный и теплый) являлись одновременно и потенциальными возможностями существования различных видов материи. В основе каждого вида материи непременно лежала борьба между противоположными принципами (сухой — влажный, теплый — холодный). Таким образом, все многообразие веществного мира возникло из четырех основных «элементов» в результате их смешения. Важнейшие качества каждого вещества определялись преобладающим в нем «элементом». Например, по мнению Аристотеля, металлы были образованы в основном землей, но «примеси» воды в них было больше, чем в камнях. Свойства металлов определяют преимущественно принципы — «сухое» и «холодное», но «сухое» преобладает. Эти принципы присутствуют также в воде, огне, земле. Ме-

таллы приобретают «сухость» в результате того, что огонь теряет тепло, а их «холод» — от воды.

Сравнение представлений Аристотеля со взглядами его предшественников показывает, что он принял во внимание многие сделанные до него умозаключения, например учение Эмпедокла о борьбе противоположностей и об «элементах», гипотезу о возникновении и распаде веществ. Однако философская система Аристотеля не могла бы стать завершением этапа наивысшего развития знания, если бы она заключалась лишь во всеобъемлющем обобщении и осмыслении взглядов предшествующих философов. Аристотелю удалось с единой точки зрения рассмотреть проблемы соединения веществ и приобретения ими новых качеств. Кроме того, Аристотель объединил положения учения Платона о первичных элементах и о противоположностях. Борьба противоположностей, по мнению Аристотеля, — самостоятельная движущая сила, определяющая природу материи. Аристотель обогатил также представления о возникновении и превращении веществ диалектическими воззрениями о потенциальных возможностях и реальных качествах материи.

Таким образом, Аристотелю удалось сдвинуть с «мертвой точки» представления о качественных изменениях как о процессе механического смещения, происходящего при образовании или превращении веществ [20, с. 1847]. Кроме того, понятие качественных изменений Аристотель сделал краеугольным камнем своей теории, однако он практически игнорировал количественное рассмотрение превращений. В истории развития натурфилософских систем часто случалось, что стремление к познанию определенных явлений мешало заметить иные важные закономерности.

Взгляды Аристотеля оказали большое влияние на развитие естествознания и философии в течение более чем двух тысячелетий. Ценность его теорий заключалась в идейном богатстве, многообразии и убедительности аналитико-синтетических построений, а также в широких возможностях их применения учеными различных школ (как материалистами, так и идеалистами). Умозаключения Аристотеля были теоретической основой учения о трансмутации (в алхимии), в котором воплотилась мечта о превращении неблагородных металлов в золото и серебро при помощи химических реакций.

Сильное влияние учения Аристотеля имело и свои отрицательные стороны. Так, по словам Ласвица, «у Аристотеля понятие «тело» в «химическом» смысле было полной противоположностью корпускулярным представлениям, в которых химия нуждалась как в теоретической основе для своего эмпирического развития» [21, с. 96 и сл.].

Ирен Штрубе отмечает, что «естествознание конца XIX столетия, несмотря на значительный прогресс в гипотезах и ме-

тодологии, в познавательном теоретическом плане стояло перед той же проблемой, которую за 2000 лет до этого открыл и пытался решить методом логического анализа Аристотель, — перед проблемой качественных изменений, возникающих в процессе химических превращений веществ» [20].

Сравнивая взгляды Аристотеля с современным научным знанием, можно прийти к следующему выводу: древнегреческие философы, бесспорно, оказали громадное благотворное влияние на развитие творческого мышления людей, ибо способствовали становлению науки; в то же время на взглядах античных натурфилософов основывались и такие заблуждения, как существовавшее долгое время учение о трансмутации.

Теории древнегреческих философов, которые мы здесь рассмотрели, внесли неоценимый вклад в возникновение и развитие «экспериментального естествознания»: все разработанные ими понятия надо было проверять, «шлифовать» и «отрабатывать» на основе результатов наблюдений*. Кроме того, многие понятия, разработанные в теориях античных философов, которые позволили глубоко проникнуть в сущность материального мира, сыграли важную роль в развитии естествознания и до наших дней не потеряли своего значения для научного познания. В то же время кажется непонятным, почему, несмотря на существование столь всеобъемлющего учения Аристотеля, а также философских систем других античных натурфилософов, химия долгое время развивалась такими медленными темпами? Для ответа на этот вопрос недостаточно рассмотреть лишь развитие химических знаний. Как мы уже говорили в предшествующей главе, философы уделяли все меньше внимания изучению природы, а все больше — построению чисто абстрактных умозаключений. Хотя Платон и особенно Аристотель придавали большое значение разработке натурфилософских проблем и изучению химических основ природных явлений и ремесленной практики, даже они основное внимание уделяли познанию духовного мира человека. Культивировавшееся во времена античности пренебрежение к практической деятельности привело в результате к разрыву связей между теорией и практикой. Общественные условия не создавали значительных стимулов для развития теорий и прикладных химических знаний. Интерес к изучению веществ надолго угас. Кризис был глубокий и продолжительный. Миновало много столетий, в мире отгремели опустошительные войны, произошли серьезные экономические и политические изменения, прежде чем очень медленно наступила новая фаза наивысшего развития теоретических и практических химических знаний.

* Ленин В. И., ПСС, с. 64.

Во времена античной цивилизации в древних государствах Индии и Китая возникли похожие философские (и в меньшей степени натурфилософские) учения. Трудно сказать, какой обмен происходил между философскими школами Китая, Индии, Греции в древности. Можно предположить существование взаимосвязи философской мысли разных районов древнего мира [22]*. Но здесь мы не будем рассматривать эту самостоятельную и сложную проблему.

* Этот вопрос весьма спорный. Мнение многих исследователей не согласуется с приводимой в этой книге трактовкой взаимосвязи философских школ различных районов земного шара в древности. Напротив, ученые указывают на специфический характер и в достаточной степени изолированное развитие философской мысли Индии и Китая от становления античной философии. Специфический характер философской мысли Индии и Китая в древности характеризовался и превалированием мифологических и религиозных учений над развитием там натурфилософских концепций. См. об этом подробнее: *Радхакришнан С.* Индийская философия.— М.: ИЛ, 1956, т. 1; *Топоров В. Н.* Медхьямики и элеаты: несколько параллелей.— В кн.: *Индийская культура и буддизм.* М.: Наука, 1972; сб.: *Атеисты, материалисты, диалектики древнего Китая.*— М.: Наука, 1967; см. также: *Визгин В. П.* Возникновение и развитие натурфилософских представлений о веществе.— В кн.: *Всеобщая история химии. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII в.* М.: Наука, 1980, с. 93—97.— *Прим. перев.*

Алхимия

Отец мой, нелюдим — оригинал,
Всю жизнь провел в раздумьях
о природе.
Он честно голову над ней ломал,
Хотя и по своей чудной методе.
Алхимии тех дней забытый столп,
Он запирался с верными в чулане
И с ними там перегонял из колб
Соединенья всевозможной дряни.
Там звали «лилиею» серебро,
«Львом» — золото, а смесь их — связью
в браке.
Полученное на огне добро,
«Царицу», мыли в холодильном баке,
В нем осаждался радужный налет.

И. В. Гёре [23]

Каждая гипотеза, которая ведет к осуществлению экспериментов, поддерживает в человеке упорство, развивает мысль. Такие гипотезы — большое достижение науки. Ведь эти эксперименты приводят к открытиям. Алхимия есть не что иное, как химия. То, что алхимию постоянно путают с попытками получить золото химическим путем в XVI—XVII вв., — величайшая несправедливость.

Юстус Либих [1]

Алхимия (напрасно потерянное время?)

Химия или златоделие?

В этой главе мы рассмотрим следующие периоды развития химических знаний: алхимии — от 400 г. н.э. до XVI в., иатрохимии (медицинской химии) — от XVI до XVIII в. и флогистонной химии — от начала до конца XVIII в.

Под «алхимией» обычно подразумевают область исследований, цель которых состояла в получении золота и серебра из неблагородных металлов. В течение более тысячи лет несмотря на все неудачи алхимия стремилась к поставленной цели. С таким же поразительным упорством пытались отыскать, наверное, лишь эликсир жизни и вечной молодости. Алхимией занимались не только искренне желавшие постигнуть тайны природы ученые, но и одержимые бредовой идеей, и сумасшедшие, и мошенники, и неудачливые пророки. Немало людей различных эпох отдали не только целые состояния, но и всю жизнь, чтобы добиться успеха в получении золота. Приостановить «алхимическую эпидемию», разуверить

общество (а не только алхимиков) в возможностях «златоделия» было весьма нелегко, как писал Иоганн Христиан Виглеб в конце XVIII в. [7, с. 2]. К тому же алхимики ссылались на многовековой опыт своих предшественников, и их обычные аргументы в спорах с сомневающимися состояли в том, что «великая тайна» однажды открылась тому-то и тому-то и что те добились успеха. И даже если эти сообщения ставились под сомнение, то считалось все же неопровержимым, что достижение алхимиками их цели возможно. Время шло, и развитие химических знаний все больше показывало слабость представлений алхимиков. Применение новой химической терминологии начиная с конца XVIII в. окончательно разрушило связь химии и алхимии. И в результате 1780—1810 гг. стали последними для алхимии, которая перестала существовать как область человеческой деятельности [24]. Еще во второй половине XVIII в. проходили сенсационные «сеансы получения золота» перед влиятельными особами — королями и князьями, а уже в XIX в. ни один серьезный химик не занимался алхимическими проблемами.

Спустя полвека после того, как противоборство химии и алхимии завершилось победой первой, немецкий историк химии Герман Копп писал об алхимии: «Во время этой эпохи цели химии все еще не истинны, задачей является превращение с помощью химических процессов неблагородных металлов в благородные — золото и серебро; это направление работ было господствующим в рассматриваемую эпоху и определило ее название». Продолжая характеризовать периоды развития химии, Копп писал: «Эта новая эпоха, называемая алхимией, начинается с середины IV в. и длится приблизительно до первой четверти XVI в., от появления первых алхимических представлений до возникновения «медико-химического» учения Парацельса» [11, с. 40]. Однако Копп не учитывал того, что было установлено химиками XVIII в. Во-первых, поиски химических способов получения золота были особенно распространены в Европе, начиная со времени Парацельса и до XVIII в. Таким образом, термин «алхимия» по определению Коппа должен характеризовать именно этот период. Однако Копп считал, что с Парацельса начинается новая эпоха — эпоха иатрохимии (медицинской химии). Во-вторых, Копп не упоминал о том, что в эпоху алхимии исследователи ставили перед собой и другие цели, помимо превращения неблагородных металлов в благородные или создания «эликсира жизни». В-третьих, Копп не принимал во внимание следующие обстоятельства. Понятия «поиск золота» и «алхимия» были приравнены друг к другу только в начале XVIII в. Это было сделано для того, чтобы охарактеризовать порочную тенденцию в развитии химических знаний и преодолеть ее.

Лишь в конце XVIII в. одержали верх исследователи, называвшие себя «химиками», которые под алхимией понимали только поиски способов получения золота. Таким образом, «химики» стремились отделиться от тех, кто видел высшую цель экспериментов в получении «философского камня» и «великого эликсира», которые должны были помочь превратить в золото неблагородные металлы или продлить жизнь [25, с. 37 и сл.]. Для того чтобы освободиться от «златоискательского» балласта в химических теориях и практике, со второй половины XVII в. название «алхимия» начали заменять словом «химия» [26, с. 2 и сл.].

Проводя периодизацию истории развития химии, Г. Копп прослеживал связь между основным направлением совершенствования химических знаний и целями, поставленными исследователями. Но эту задачу Копп пытался решить, анализируя лишь внешние, нередко «одноплановые» характеристики развития химических знаний. В отличие от ряда его последователей Копп видел несовпадение прогнозируемого им и реального развития химии. Эти несоответствия проявлялись при использовании предложенных им принципов периодизации к анализу истории химии. Неудивительно, что при оценке ряда фактов Копп испытывал немалые затруднения. Например, он не мог объяснить развитие алхимии и ремесленной химии в эпоху иатрохимии. Копп не смог обнаружить также причину нарушения взаимосвязей между отдельными направлениями химии в различные эпохи ее развития. Копп не обратил внимания на то, что характер таких взаимосвязей в значительной мере определяется ходом развития химии.

Учитель Германа Коппа Юстус Либих иначе оценивал алхимию. «Лишь незнание химии и ее законов позволяет с большой иронией относиться к алхимии,— писал он.— У многих людей вызывает удивление то, что в течение более чем тысячелетнего периода развития многие эрудированные и одаренные ученые, как, например, Бэкон Вередамский, Спиноза, Лейбниц, придавали значение алхимии, лишенной, казалось бы, всяких корней, любого научного основания» [1, с. 36]. Либих обратил внимание на то, что алхимики создали многие важные химические аппараты, разработали новые методы проведения процессов. Современная химия применяет целый ряд веществ, впервые выделенных алхимиками: серную, соляную и азотную кислоты, аммиак, многие соединения металлов, этиловый спирт и эфир, берлинскую лазурь, фосфор и др. «Алхимия,— писал Либих,— есть не что иное, как химия. То, что алхимию постоянно путают с попытками получить золото химическим путем в XVI—XVII вв.,— величайшая несправедливость. Среди алхимиков всегда было немало настоящих исследователей, которые искренне заблуждались

в своих теоретических воззрениях, хотя были и многоопытные златоделатели, преднамеренно обманывавшие окружающих. Алхимия была наукой, тесно связанной со всеми областями химических ремесел. Открытия алхимиков Глаубера, Бётгера, Кункеля можно поставить в один ряд с крупнейшими научными достижениями нашего времени» [1, с. 36].

В этой книге понятие *алхимия* будет использовано в соответствии с его историко-химическим значением, т. е. под алхимией будем понимать в соответствии с данным Шталем* определением направление развития химических знаний, основной целью которого было получение «эликсира жизни» или благородных металлов из неблагородных. Однако было бы несправедливо вслед за очень многими «антиалхимистами» XVIII в. и даже некоторыми современными учеными пытаться рассматривать алхимию, лишь как ошибочную попытку добиться конкретных практических целей на основе мифологических представлений. При этом выпадают из рассмотрения важные для анализа развития химии мировоззренческие вопросы алхимии. Хотя сейчас представляется и невероятным, но в использованных алхимиками мифологических положениях содержалось рациональное зерно, которое привело к накоплению знаний, важных и для химии сегодняшнего дня. Нельзя забывать, что развитие алхимии протекало наряду с совершенствованием ремесленной химии и фармации. Представления алхимиков были тесно связаны также с натурфилософскими системами и, конечно же, внесли свой вклад в развитие теоретических воззрений химии. Кроме того, трудно переоценить вклад алхимиков в развитие техники химического эксперимента.

Такое многообразное «врастание» алхимии в науку и культуру средневековья очень затрудняет стремление выделить для рассмотрения алхимию, отграничив ее от химии, а также от иных сфер духовной и практической деятельности человека. Это связано с тем, что в старинных книгах по алхимии сведения о ремеслах, экспериментах, философские и алхимические теории приводились обычно вперемежку. При этом алхимическое направление часто представлялось главенствующим, «высшим» в химии. Но даже в первые века нашей эры некоторые известные и талантливые ученые выступали против алхимии, считая недостижимыми цели, которые она ставила перед собой. Однако мало кто из их современников разделял

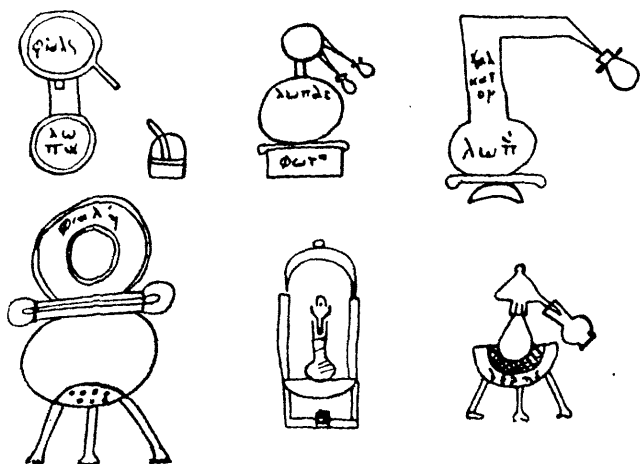
* Шталь Георг Эрнст (1659—1734)— немецкий химик и врач. В 1715—1731 гг. сформулировал основные положения первой общей химической теории, получившей название «теория флогистона». Эта теория позволила впервые с единой точки зрения рассмотреть разнообразные окислительные реакции: горение, обжиг, кальцинирование, брожение и др.— *Прим. перев.*

эти взгляды. В обществе сложилось мнение, что аргументы алхимиков неоспоримы и опровергнуть их невозможно. Важной опорой алхимии было широко распространенное до XVIII в. учение Аристотеля, которое допускало возможность взаимопревращения элементов. Развитие химических ремесел, казалось, подтверждало эту возможность. Например, считалось, что при смешении меди, ртути и олова в результате превращения металлов получалось серебро. На самом деле при этом образовывался сплав, цветом и твердостью похожий на серебро.

Чрезвычайно трудно изучать алхимическую литературу. Многие термины в книгах и рукописях по алхимии имели условное значение. Это делалось для того, чтобы сохранить в тайне проведение важнейших реакций. Зачастую невозможно установить, кто является подлинным автором сочинения. Нередко авторы таких трактатов вместо собственного имени указывали на титульном листе имена выдающихся ученых. Например, Болос из Менде (города в дельте Нила) в III в. до н. э. написал сочинение «Физика и мистика» под именем Демокрита. Лишь в XX в. благодаря исследованиям Макса Веллмана удалось установить настоящего автора этой работы.

Болос написал и другие труды, которые он выдавал за древнейшие сочинения «тайного искусства». Едва ли это можно считать преднамеренной фальсификацией. Скорее всего это было данью культурно-исторической традиции. Во времена Болоса проявлялось сильное взаимное влияние персидской, древнегреческой и, возможно, вавилонской культур. Ссылки Болоса на персидского пророка Останеса подтверждают это. Вероятно, Болос стремился привлечь к своим сочинениям внимание представителей других культур, подписав их именем известнейшего натурфилософа. Чрезвычайно важными для развития алхимии были три вида изменений металлов, приведенные Болосом (упоминание о них встречается также в Лейденском и Стокгольмском папирусах). Болос установил следующее: 1) поверхности неблагородных металлов поддаются такой обработке некоторыми веществами, что на них можно нанести тонкий слой благородных металлов; 2) существуют лаки, придающие поверхностям золотой или серебряный блеск; 3) возможно получение сплавов, внешне напоминающих золото или серебро.

В первые века нашей эры появляется уже целый ряд алхимических трактатов. Некоторые из них приписываются легендарной Марии Коптской, другие — Клеопатре Египетской. В первых описываются аппараты для перегонки — сосуды с трубами для подачи и отвода жидкостей. Клеопатру считают автором сборника рецептов получения золота («Хризопея»). С 350 по 420 г. в Александрии жил алхимик Зосима, христиа-



Химические аппараты из древнейшего химического трактата
«Алхимия» Зосимы (III или IV в. н. э.).

нин-гностик из Египта*. Сохранились фрагменты его энциклопедического труда, обобщающего знания древних о природе. Они написаны в виде посланий, адресованных женщине. Часть их объединена в трактат «О силе».

Основные понятия и описания способов превращений веществ в алхимической литературе не только не ясны современному химику, но и кажутся ненаучными. Однако не следует забывать, что люди, жившие около 1500 лет назад, иначе относились к природе и по-другому оценивали возможности своей деятельности. Они верили в существование сверхъестественных сил, верили в духов, силу заклинаний, во власть звезд над человеком. Они стремились к духовному единению с природой, чтобы их «бренное» существование на земле превратилось в вечное в «иных мирах».

После походов Александра Македонского (с 323 г. до н. э.) начался оживленный обмен материальными и духовными ценностями между греческой, египетской, персидской, вавилонской, индийской и, вероятно, даже китайской культурами. Разностороннее взаимопроникновение и переработка культур-

* В историко-научной литературе приводятся следующие сведения о нем как одном из основателей ранней алхимии. Зосима из города Панополиса — древнегреческий ученый, живший в III—IV вв. н. э. в Александрии. Он был связан с учеными Александрийской академии, где в то время изучалось «тайное искусство» — алхимия. В мистико-аллегорической форме описано проведение таких химических операций, как серебрение и золочение неблагородных металлов. Эти операции отождествлялись в алхимический период с превращением неблагородных металлов в благородные. Сочинения Зосимы широко использовались алхимиками вплоть до XVIII в. — *Прим. перев.*

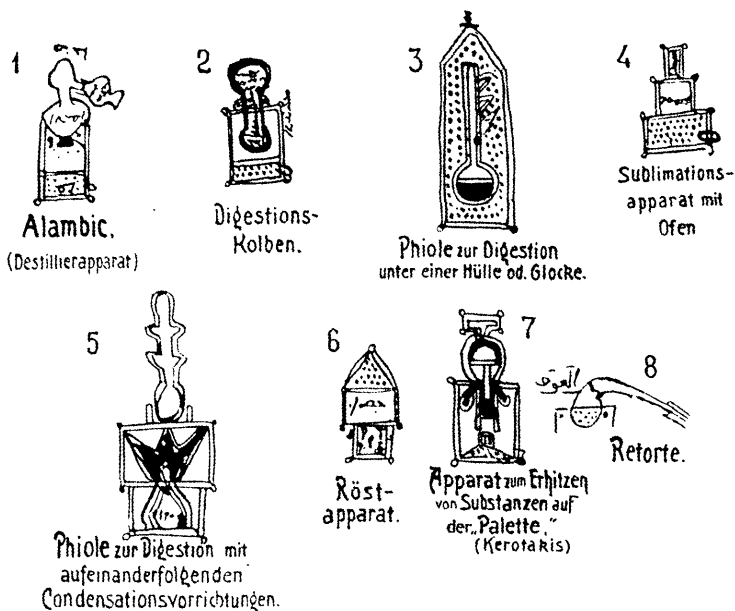
ных ценностей в различных районах земного шара — сложная историческая проблема. В наши дни установлены взаимосвязи натурфилософских представлений об элементах и их взаимных превращениях с древним вавилонским учением о воздействии звезд на жизнь человека, с древнегреческими мифами о божественном происхождении светил, с халдейскими преданиями о семи небесах и семи богах — повелителях планет, где возникают семь разных по цвету металлов. В древности и в средние века считалось, что земные металлы могут возникать под влиянием следующих планет и звезд: золото — под воздействием Солнца, серебро — Луны, железо — Марса, свинец — Сатурна и т. д. Обозначения планет, принятые в астрологических трактатах, стали поэтому одновременно и символами различных химических элементов. Золото обозначалось знаком Солнца, серебро — знаком Луны, железо — знаком Марса, медь — знаком Венеры и т. д. (☉, ☾, ♂, ♀ соответственно). Число семь считалось магическим. Им определялась продолжительность недели, а некоторые дни недели были названы также именем планет. Эти названия остались похожими на названия планет и до наших дней в языках романской группы.

Алхимики, пытавшиеся превратить неблагородные металлы в золото, использовали в своей практической деятельности достижения металлургии и иных ремесел, а также секреты «златоделателей» и ювелиров. Некоторые представления алхимиков основывались на астрологии. Алхимики надеялись, что «магические» действия, колдовство и заклинания помогут им с помощью фильтрации, прокаливания, перегонки и сублимации получить «чудесные субстанции»: философский камень, великий эликсир, красные и белые тинктуры и др. Алхимики считали, что хватило бы всего нескольких гранул или капель этих веществ, чтобы превратить даже большое количество свинца, железа или меди в золото и серебро.

«Существовало множество трактатов, посвященных «трансмутациям»*. Их авторы непременно утверждали, что им известны тайны превращений металлов. Во многих рецептах они описывали разнообразные процессы, протекающие в совершенно различных условиях... Для того чтобы придать большую значимость своему «искусству», они писали в книгах, что основателями и первыми учителями алхимиков были мифические персонажи. Начало же этого «великого искусства» они относили к временам, когда на земле были только боги, ангелы и демоны», — пишет И. Штрубе [14, с. 61 и сл.].

Алхимический «дар» приписывался и богам Древнего

* Трансмутациями в средние века называли операции превращения веществ друг в друга (чаще всего превращения обычных металлов в благородные). — *Прим. перев.*



Изображение химических аппаратов в сирийской рукописи раннего средневековья.

1 — «алембик» (аппарат для перегонки); 2 — колба для дигерирования (т.е. длительного нагревания при высокой температуре); 3 — фиала (колба) для дигерирования, помещенная внутри специального сосуда (колокола); 4 — аппарат для сублимации с нагревательной печью; 5 — фиала для дигерирования с последовательно соединенными устройствами для конденсации; 6 — аппарат для обжига; 7 — аппарат для нагрева веществ на «палитре»; 8 — реторта.

Египта. Так, например, было выдуманно письмо богини и мифической властительницы Египта Изис своему сыну Гору; в этом письме Изис будто бы открыла тайну получения золота. «Мудрый Химес» (или «Хемес») якобы был первым химиком, по имени которого и названа наука. Часто его отождествляли с богом солнца древнего Египта Аммоном-Ра и называли «величайшим, прославленным, известным всему миру Химесом» [14, с. 62].

Идеи и творцы

Болос писал свои труды в начале эллинистической эпохи, а Зосима — в конце. В дошедших до нас фрагментах трудов Болоса впервые мы находим описания способов превращения металлов, о которых впоследствии говорилось во многих алхимических сочинениях. Основным качеством металлов и показателем завершенности их превращений Болос считал

цвет. Способы превращения неблагородных металлов в благородные — «трансмутации», по описаниям Болоса, включали четыре стадии: 1) меланоз, или почернение металла; 2) лейкоз, или побеление; 3) ксантоз, или пожелтение; 4) иоз, или покраснение металла. Исходными материалами для проведения этих операций, как правило, были медь, олово, свинец и железо: их сплавляли все вместе (меланоз), чтобы получить «первичную материю».

Древние считали всю природу живой и одушевленной. Поэтому они были уверены, что металлы «растут и созревают» в «лоне» земли. Золото рассматривалось как вполне созревший металл, а железо — как «недозревший». Таким образом, алхимики с помощью «химического искусства» стремились ускорить процессы «созревания», которые в природе протекали довольно медленно. Эта очень интересная идея ускорения природных процессов впоследствии послужила основой многих видов современного химического производства. Например, аммиак с помощью постоянно совершенствующихся производственных процессов получается гораздо быстрее, чем образуется в природе. Также и кирпич получают обжигом в специальных печах намного скорее, чем в природе получается камень.

В средневековье считалось, что процессы роста в неживой природе проходят абсолютно так же, как рождение нового человека: вначале происходит «помолвка» «женского и мужского начал», потом «свадьба» (или оплодотворение), а лишь затем зарождение и рост «плода» («семени»). Разумеется, под «мужским и женским началами», равно как и «семенами», понимались в неживой природе различные вещества. Причем древние заметили, что «семена» в некоторых случаях могут ускорять процессы роста и созревания. Эти представления через несколько веков стали использовать в химических ремеслах (например, веществами, ускоряющими процесс, были при выпечке хлеба — закваска, а при изготовлении красок — специальные добавки, способствующие высыханию масел). После установления влияния ферментов и катализаторов на ход реакций представления об ускорении превращений веществ стали широко применяться в современной химии. Разные виды первоматерии в средневековье имели название «черная зола», «шлак» или «уголь», «черная ворона» и «черный ворон». Клеопатра писала, что ее учителя так определяли первоматерию: «Она — наша земля, черная и похожая на негра эфиопская земля, которая может взращивать растения, цветы и божественные фрукты» [14, с. 72]. В этих словах прекрасно отражен всеобщий характер алхимических представлений. В соответствии с ними первоматерия, как утверждал уже Аристотель, — основа органической и неорганической природы. Неудивительно, что «химики» средневековья не

видели существенной разницы между живой и неживой природой. Это подтверждают некоторые термины, широко применявшиеся в алхимических трактатах. «Кровью голубя», например, назывался свинцовый сурик, «костями тифона»* — железо, «кровью» и «костями дракона» — оксиды щелочных металлов. «Беглецом», «летающей» или «легкими облаками» именовалась ртуть, «свернувшейся кровью» или «красной» — медь, «волком» — свинец.

Как мы уже говорили, неорганическая природа также казалась во времена средневековья живой. Поэтому превращения неорганических веществ алхимики представляли как процессы, аналогичные росту и созреванию плодов растений. Они считали своим высоким призванием помогать рождаться новому существу, как врач помогает появлению на свет нового человека. Поэтому было принято, что алхимик должен не только хорошо владеть искусством превращения веществ, но и иметь определенные этические принципы. Эти принципы основывались на благочестии и добрых помыслах. Поэтому корыстолюбие и стремление к обогащению считались пороками, поскольку они мешали алхимикам постигнуть мудрость Природы. Алхимик должен был забыть о своем Я и как можно полнее слиться сознанием с Природой. Для этого существовали специальные «колдовские зелья», которые резко усиливали силу воображения (вплоть до наступления экстаза). В состав этих «зелий» входили мандрагора**, дурман и белена, содержащие скополамин и другие аналогичные соединения. Подобно гашишу эти «зелья» вызывали видения и грезы, во время которых, как казалось алхимикам, происходило приобщение к тайнам Природы. Все эти обстоятельства надо учитывать, чтобы понять удивительное смешение в алхимических книгах описаний реальных и фантастических событий, превращений веществ и др. «Возникновение воды, движение и размножение, появление и превращение веществ, отделение духа от тела и их слияние, — писал Зосима из Панаполиса, — происходят не в результате каких-либо внешних воздействий, а лишь под влиянием [внутренних] сил природы. Таким же образом возникают твердые камни и тугие от сока растения... Когда я все это представлял себе, то, очнувшись, увидел жреца, стоящего передо мной на возвышении алтаря, куда вели пятнадцать ступеней. Я услышал раздавшийся сверху его голос: «Я — Ион, хранитель святилища, — испытываю невыносимое страдание. Рано утром ко мне пришел некто. Он схватил меня, придавил своей тяжестью и принялся разры-

* Тифон — в древнегреческой мифологии стоглавое огнедышащее чудовище. Вулканическая деятельность Этны на Сицилии находит свое отражение в мифе о победе Зевса над тифоном. — *Прим. перев.*

** Мандрагора — род многолетних трав, содержит алкалоиды. В древности корням мандрагоры приписывали чудодейственную силу. — *Прим. перев.*

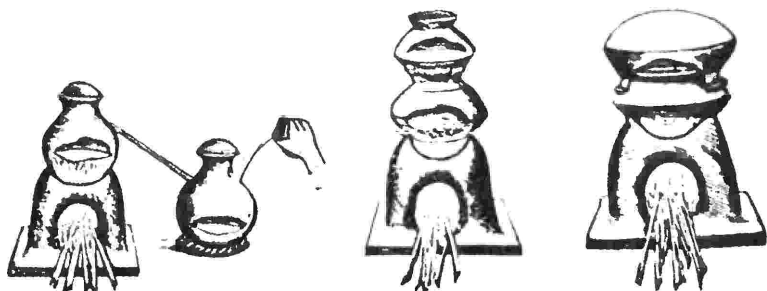
вать на куски. После этого он сорвал кожу с моей головы, перемешал мясо с костями и стал поджаривать смесь в огне. Наконец, я заметил, что моя душа отделилась от тела, и я стал духом. С тех пор моя жизнь превратилась в мучение». Пока он говорил мне это и я заставлял себя ему отвечать, его глаза вдруг стали красные, как кровь, и он начал извергать из себя мясо. Я увидел, как он превратился в маленького человечка, который раздирал себя зубами...» [14, с. 74 и сл.].

Как правило, алхимики придерживались определенных традиций. Это стало характерным и для других направлений развития химических знаний, а особенно для химии конца XVIII в. Одним из проявлений этого традиционного развития химических знаний были многочисленные ссылки на авторитеты. Еще Зосима неоднократно упоминал Гермеса, перед которым он преклонялся. Зосима называл его «Гермесом Трисмегистом — Трижды величайшим повелителем душ, духов и магом, богоравным». Сочинения Гермеса, по-видимому, относились к первым векам нашей эры. Их насчитывалось несколько тысяч. Локеман пишет по этому поводу: «Одно лишь краткое изложение сочинений из этого бесконечного потока занимает 42 тома. Лишь в XVII в. стало ясно, что речь идет о подделках и фальшивках» [27, с. 32]. Не следует забывать, что в то время не было книгопечатания. Сочинения переписывались только от руки, разумеется, под именем первоначального автора — Гермеса. Помимо того что при копировании рукописей могли быть допущены ошибки, нетрудно представить, что некоторые переписчики добавляли описания собственных опытов или представлений. Таким образом могло легко появиться множество более или менее отличающихся друг от друга вариантов первоначального трактата, которые дошли до потомков под именем одного автора. То же произошло и с трудами Джабира, тайну которых лишь в 1926 г. раскрыли Э. Холмъярд и Ю. Руска.

Среди прочих авторов алхимических трактатов эллинистической эпохи были Пелагий (IV в. н. э.) (трактат «О божественном и священном искусстве»), Синезий (IV—V вв. н. э.), Олимпиодор (V—VI вв. н. э.), философы Христиан и Стефан Александрийский (VI в. н. э.) и другие.

Лишь немногие из манускриптов, дошедших до наших дней, расшифрованы и снабжены комментариями, так как чрезвычайно трудно исследовать рукописи, написанные на древних греческом, персидском, ассирийском, египетском и арабском языках. Поэтому современные представления о более чем тысячелетнем развитии химических знаний в древнем Востоке и в средневековой Европе очень неполны.

Начало эпохи эллинизма положили экспансионистские войны македонского царя Филиппа II и его сына Александра Македонского (356—323 до н. э.) — основателя названного



Химические аппараты средневековой Индии. Слева направо — аппарат для перегонки с водяным охлаждением; сосуды для возгонки, в которых верхняя чаша наполняется холодной водой; сосуд для возгонки.

в его честь города Александрии (332—331 гг. до н. э.) и громадной империи. В состав этой империи, простиравшейся от Греции до Индии, входили Персия, Сирия, Египет, Вавилон и другие страны. В империи Александра Македонского многочисленные культуры тесно переплетались друг с другом. Важнейшим научным центром этого государства стала Александрия. В 47 г. до н. э., когда город осаждали римляне, погибла большая часть замечательной библиотеки Александрии. Новые опустошения библиотеки совершили в 385 г. н. э. фанатики-христиане, а завершили ее уничтожение арабы, захватившие Александрию в 640 г. н. э.

С 330 г. н. э. центром культурной жизни стал Константинополь, когда император Византийской империи Константин Великий провозгласил этот город своей столицей*. Спустя одиннадцать веков, в 1453 г. войска турецкого султана Мохаммеда II завоевали этот город, а многие христианские ученые бежали в Италию и Германию, захватив с собой бесценные рукописи.

Арабская и латинская алхимия

Арабы, завоевавшие с 632 по 750 г. земли от Пиренеев до Инда, поначалу следовали такому правилу: все представления, которых нет в Коране, ошибочны и вредны и поэтому их надо искоренять. Те сочинения, которые находятся в согласии с Кораном, также следует обязательно уничтожать как совершенно излишние. Однако постепенно арабы поняли, какое большое значение для государства имеют научные знания. Они прекратили фанатическую борьбу с учеными и начали

* В 1204 г. Константинополь стал столицей Латинской империи. — Прим. перев.

заботиться о преумножении знаний (в том числе и химических).

Значительный расцвет химических знаний наблюдался с 800 г., когда арабская медицина стала широко использовать фармацию.

Первая в мире аптека открылась в Багдаде в конце VIII в. н. э. В 755 г. в Испании (в Кордове) возник научный и культурный центр, который имел большое значение для распространения естественнонаучных знаний античных ученых и арабов в христианской Европе. Развитие медицинских и фармацевтических знаний в средневековой Италии началось вскоре после великого переселения народов* как продолжение античной традиции и благодаря ознакомлению с трудами арабских ученых. Эти труды чаще всего привозили с собой христианские ученые, изгнанные арабами вначале из Александрии, а затем из Константинополя. Первые медицинские школы возникли в Салерно и в Неаполе в X в. Салернская школа была тогда одной из известнейших в Европе. В XI в. в Салерно появилась также знаменитая аптека и была составлена первая в мире фармакопея на латыни: «Противоядие Николая из Александрии». В Германии первая аптека была основана в XIII в.

В течение первого тысячелетия нашей эры христиане уничтожали культуру и науку эпохи эллинизма, считая их языческими. В связи с этим многие ученые переселились тогда в северные и восточные провинции Персидского государства. После того как в Египте и Вавилоне ислам стал господствующей религией и возродилась духовная жизнь, там тоже образовались культурные и научные центры. Одним из них стал Багдад.

Наиболее крупным ученым, который жил и творил в этом городе в VIII—начале IX вв., был Джабир ибн Хайан, всемирно известный авторитет в области химических знаний**. Его имя овеяно легендами. Он был автором нескольких сотен научных трудов. Вероятно, Джабир создал своеобразную научную школу, как в свое время Аристотель создал Ликей, а Платон — Академию. В этих случаях именем основателя школы подписывались все сочинения, автором которых был как он сам, так и его ученики. (Под собственными именами большинство химиков начали выступать лишь начиная с эпохи Возрождения. До этого существовали своеобразные научные

* Вслед за падением Западной Римской империи в 476 г. н. э.— *Прим. перев.*

** В различных историко-химических работах имя этого ученого записывается по-разному: Джебир ибн Гайан, Джебир ибн Хайан, Джабир ибн Гайан, Джафар ибн Хайан (Гайан). В Западной Европе этот ученый был известен в течение многих столетий под латинизированным именем Гебер.— *Прим. перев.*

корпорации (цеха, гильдии). Гильдия или школа считалась коллективным автором произведения; авторство отдельных членов не указывалось.) К произведениям Джабира относятся: «Книга королей», «Книга о щедрости», «Книга о весе», «Книга о ртути», «Книга семидесяти», «Книга ста двенадцати». В этих сочинениях, помимо химических процессов, описывались опыты по взаимопревращению веществ (в соответствии с традицией, идущей из Древней Греции). Вплоть до конца алхимического периода в основных трудах алхимиков разрабатываются различные проблемы, поставленные Джабиром.

Современник Джабира ибн Хайана великий арабский врач и философ Ар-Рази в своих трудах обобщил не только обширный опыт использования химических знаний для развития фармации и ремесел, но и способы производства эликсира (вещества для проведения трансмутаций) и самих трансмутаций. В «Книге тайны тайн» Ар-Рази одно из таких превращений, которое он назвал «высоким стремлением ртути к покраснению», описано следующим образом: «Возьми одну меру горчицы и смешай в пустом кубке с мерой масла; после этого добавь в кубок пять мер желтой мелко раздробленной серы и столько же купороса, чтобы кубок наполнился наполовину огненными парами, и оставь его на один день и одну ночь. Затем омой его водой с солью. После этого возьми глиняный котел, поставь посреди него глиняную лампу, чтобы ее верх выступал над котлом на толщину кусочка сахара. Прилей нагретую ртуть в лампу, помести вокруг лампы в котле одну меру желтой истолченной серы слоями один над другим. Осторожно нагревай лампу десять часов, пока вся сера не станет красной... Если тогда одну часть этой ртути прибавить к десяти частям серебра и десять раз сочетать их браком, то образуется золото» [14, с. 83].

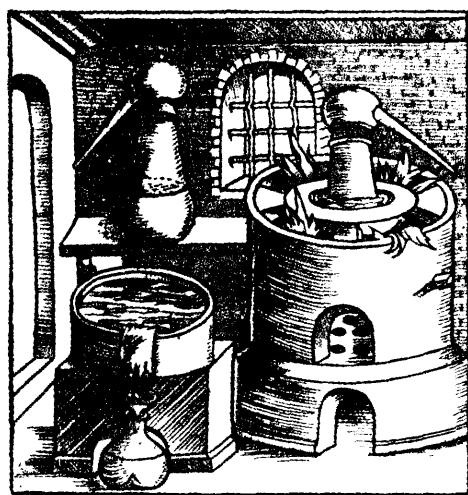
Великий врач и философ Авиценна (по арабски — Ибн Сина, ок. 980—1037), напротив, отвергал возможность трансмутаций. И все же его взгляды были близки к представлениям алхимиков. По мнению Авиценны, благородные металлы могут «расти» в недрах земли под влиянием Луны и Солнца. Авиценна не создал новых химических теорий, однако он одним из первых поставил под сомнение цели алхимиков. Его труды по медицине (особенно «Канон») оказали громадное влияние на развитие этой науки. Вплоть до XVII в. взгляды Авиценны служили источником практических и теоретических знаний для многих поколений врачей.

Первые химические работы, появившиеся в христианской Европе, относятся к VIII, X и XII вв. (соответственно «О приготовлении красок для мозаики», «Рецепты красок», «Путеводный манускрипт»). В этих трудах также приводятся рецепты по изготовлению сплавов, похожих на золото и серебро, и покрытий металлов, придающих «серебряный» и

«золотой» блеск. Эти рецепты напоминают отрывки из античных и арабских рукописей.

В 1063 г. при дворе Бременского архиепископа жил некий Паулус, который утверждал, что может превратить медь в золото. Однако через некоторое время его уличили в обмане. Этот случай кажется нам показательным по следующим соображениям. Для Бременского архиепископа Адальберта посулы Паулуса не были особенно соблазнительными, так как в то время на территории Германии господствовала главным образом система натурального хозяйства. Золото же и серебро имели наивысшую ценность там, где они выступали как эквивалент стоимости товаров. Алхимия процветала лишь в тех странах, где осуществлялся регулярный и стабильный товарно-денежный обмен, как это происходило в эллинистических и в исламских государствах и позднее, в эпоху Возрождения, в Европе. Незаинтересованность Бременского архиепископа в золоте на время погасила интерес к деятельности алхимиков. Однако, спустя примерно три века, алхимия в христианской Европе получила необычайно широкое распространение. Возросшая потребность в золоте заставила даже сомневающихся в успехе алхимических опытов прибегнуть к помощи алхимиков. Жажда обогащения способствовала широкому распространению веры в трансмутацию, или «алхимическое искусство», а постоянно растущая всеобщая эйфория заглушила критические сомнения и сообщения о неудачах алхимиков.

«Алхимический бум» в Европе был подготовлен сочинениями, которые переводились с арабского языка на латынь начиная с XII в. Многие из этих сочинений попали в руки христианских европейских властителей после того, как они изгнали арабов из Испании. В 1085 г. Геральд Кремонский основал в Толедо специальную школу, где арабские рукописи переводились на латынь и изучались. В этой школе, в частности, были переведены два манускрипта по химии: «Книга о солях и квасах» и «Собрание философских работ». Оба этих труда, написанных, по-видимому, между 800 и 1000 гг., содержат описание «химических» и «алхимических» представлений. В первой книге утверждается, что металлы состоят из ртути и серы. В течение тысячелетий они «дозревают» в недрах Земли. Алхимик же должен осуществлять эти процессы в течение нескольких дней. Второе сочинение содержит особенно интересные сведения. В нем описывается своеобразный конгресс, в котором участвовали известные философы и алхимики. Они обсуждали теоретические проблемы трансмутаций и практику проведения алхимических экспериментов, пытались выработать единую терминологию для названий веществ и их химических превращений.



Химические процессы и аппараты из книги по алхимии Гебера (псевдо-Джабира, XIII в.). Вверху: нагревание и растворение веществ с применением водяной бани; внизу: отделение жидкостей перегонкой при нагревании на песочной и водяной бане и сушка с помощью шерстяной ткани.

В XIII в. в деятельности средневековых ученых наметился существенный подъем. Знаменитые богословы, осознавшие огромную ценность наследия античных философов, включили элементы их учений в каноны христианского мировоззрения. Альберт Великий (ок. 1193—1280) и его ученик Фома Аквинский (1225—1274) обладали достаточным авторитетом и влиянием в среде религиозных деятелей, чтобы поставить учение Аристотеля в один ряд с Библией и сочинениями «отцов церкви». Этому способствовали также некоторые социально-политические условия средневековой Европы: переселение многих ученых из Константинополя, где сохранились античные традиции, противоборство католического и исламского мировоззрений, а также необходимость совершенствования христианского учения, связанная со значительными экономическими изменениями — расцветом ремесел, ростом городов и торговли. Однако идейное содержание христианского вероучения было явно недостаточным для решения вновь возникавших проблем европейского средневековья. Для ответов на многие насущные вопросы очень подходили натурфилософские представления Аристотеля. Они не противоречили католическому мировоззрению и поэтому широко использовались церковью. Лишь три столетия спустя выяснилось, что при этом под христианскую идеологию был подложен «заряд замедленного действия», так как учение Аристотеля оказалось во многом ошибочным. Тогда перед Папским престолом возникла довольно сложная проблема: как быть? Отстаивать ли дальше вопреки новым открытиям учение Аристотеля как составную часть христианской идеологии или же отказаться от этого учения, тем самым стимулируя развитие естествознания? В обоих случаях в обществе неизбежно возникли бы сомнения в непререкаемости авторитета религии и ее идеологов. Этого «отцы церкви» и боялись больше всего, тем более что в то время по Европе распространялись гуситские и протестантские «ереси». Из двух зол Папская курия выбрала то, что казалось ей меньшим: были запрещены учения Коперника, Бруно и Галилея. Таким образом, церковь, казалось, сохранила свое влияние на народы Европы на долгое время. Представители феодальной власти и руководители церкви выпестовали «эру мракобесия». Неспособные понять изменения в развитии общественных отношений духовная и светская власти пытались таким путем утвердить свое господство. На самом же деле чем сильнее становилось преследование еретиков и безбожников, тем больше людей переставали верить в благочестие католической церкви.

Альберт Великий был энциклопедически образованным человеком (его называли «доктор универсалис»). Его

книги (и в первую очередь «О минералах») свидетельствуют о глубоких познаниях автора в минералогии, зоологии, ботанике, практических навыках, теоретических представлениях о превращениях веществ (в том числе алхимии). Альберт Великий верил в возможность трансмутаций металлов. Однако он честно признавал, что ему еще ни разу не довелось наблюдать превращения неблагородных металлов в золото. Золото и серебро, полученные алхимиками, как показывал их анализ (например, при помощи «огненной пробы»), оказывались поддельными. С глубоким уважением Альберт Великий относился к алхимикам, работы которых способствовали развитию медицины (главным образом хирургии).

Современником Альберта Великого и Фомы Аквинского был Роджер Бэкон, прозванный «чудесным доктором». Его особенно интересовали проблемы естественных наук. Р. Бэкон в своей научной деятельности постоянно следовал провозглашенному им принципу: без опыта нельзя получить достаточных знаний. За это ученый преследовался мракобесами, обвинявшими его в постоянном «общении с нечистой силой». Но и он верил в возможность превращения неблагородных металлов в благородные (для этого достаточно обратиться к таким работам ученого, как «Большой труд», «Малый труд», «Третий труд»).

Другими известными европейскими химиками в средние века были Винсент Бове (1190—1254), Арнальдо да Вилланова (1235—1311) и Раймунд Луллий (ок. 1235 — ок. 1315).

Несколько особняком стоят труды их современника, о котором и до настоящего времени неизвестно ничего, даже имени. До начала XX в. считалось, что автором этих трудов был Джабир (Гебер). Однако благодаря исследованиям М. Бертло (1827—1907), Э. Холмъярда и П. Крауса установлено, что эти труды, подписанные именем Гебера, появились примерно в 1300 г., т.е. намного позже, чем другие сочинения, приписываемые школе Джабира ибн Хайана. Речь идет о пяти трактатах XIV в.: «Итог совершенства магистерия», «О поисках совершенства», «О поисках истины», «Книга форнака» [*«Liber fornacum»*], «Завещание Гебера». Для алхимиков эти сочинения были особенно ценны. В них впервые описывались свойства важнейших неорганических кислот. Благодаря этим соединениям стало возможным по-новому осуществлять трансмутации: легче добывать благородные металлы из руды, чем «проводить превращения» металлов из неблагородных в благородные.

Работы псевдо-Джабира ознаменовали начало эпохи наивысшего развития алхимии. Но потребовалось еще больше ста лет, прежде чем алхимия получила в Европе широкое распространение, несмотря на появление в это время

«иатрохимии» (благодаря трудам Парацельса), грозные папские буллы и осуждение алхимии со стороны таких выдающихся творцов культуры и науки Возрождения, как Данте, Петрарка, Себастьян Брант, Агрикола, Юнгиус, Бойль.

Новые представления

В статье «Новые возможности рассмотрения алхимии» Йост Вейер обращается к исследованиям А. Гопкинса, К. Юнга и М. Элиада [28, с. 177 и сл.; 99, с. 11 и сл.]. Гопкинс разделяет «историю трансмутаций» на три стадии. Уже на первой, самой ранней стадии «примитивных методов» алхимики пытались создать сплавы, внешне напоминающие золото и серебро, или покрытия для неблагородных металлов, делающие их похожими на благородные [29]. Это подтверждается содержанием Лейденского и Стокгольмского папирусов, где приводятся «рецептуры» проведения таких трансмутаций. Подобные рецепты представляли собой основу алхимической методологии, согласно которой предписывалось начальное смешивание свинца, цинка, меди и железа. Из этих элементов алхимики пытались получить «основную субстанцию» для трансмутаций, а из нее — золото и серебро. Смешивание различных металлов на первой стадии изучения трансмутации называлось «почернением», так как поверхность сплава темнела из-за образования слоя оксидов. В трудах, приписываемых Марии Коптской, соединение черного цвета, получаемое при сплавлении свинца с медью, сравнивалось с «дымообразной серой». Подобное вещество считалось одним из видов «основной субстанции» для трансмутаций. На второй стадии проведения трансмутации алхимики добывались «побеления металлов». Они добавляли к сплавам, нагретым до жидкого состояния, небольшие количества серебра, затем давали сплавам остыть и покрывали их слоем ртути или расплавленного олова. Соединения металлов в результате приобретали серебряную окраску. Наконец, на третьей стадии проведения трансмутации алхимики пытались придать различным сплавам цвет золота. Для этого к расплаву добавляли немного золота, расплав охлаждали и на твердую поверхность наносили серу или «серную воду». Продукты подобных превращений считались более ценными, чем само золото. При этом алхимики старались получить «золото» с коралловым, фиолетовым или даже пурпурным оттенком. По мнению Гопкинса, «алхимикам удавалось получать разновидности бронзы, имеющие красивую фиолетовую или радужную окраску благодаря тому, что к некоторым сплавам они добавляли немного золота, а затем помещали эти сплавы в растворы, содержащие сульфиды» [28, с. 177].



Hie ist geboren die Edle Keyserin reich/
 Die Meister nennen sie ihrer Tochter gleich.
 Sie vermeret sich/gebirt Kinder ohn zal/
 Sein vntddilich/rein/vnd ohn alles mahl.
 Die Königin hasset den todt vnd armuth/
 Sie vbertrifft Goldt/Silber/vñ Edelgestein/
 Alle Arzney/groß vnd klein.
 Nichts ist auff Erden jhr gleich/
 Des sagen wir danck Gott von Hmeltreich.
 O gewalt/swingt mich nackendes Weib /

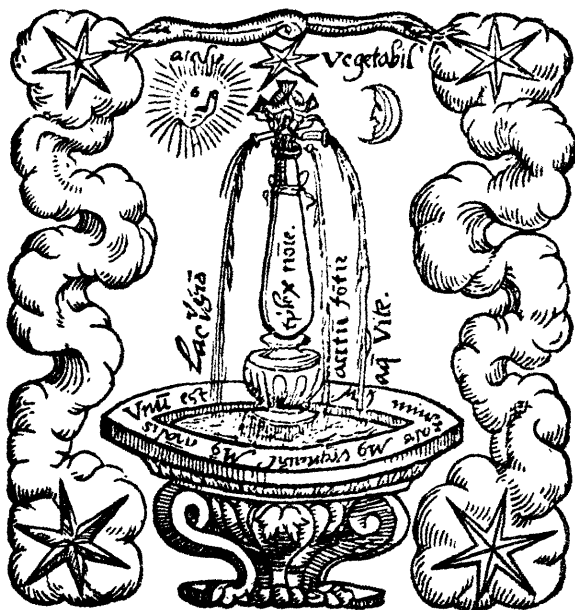
T t 2

Прославление «философского камня» в алхимических трактатах.

К. Юнг оценивал деятельность алхимиков с позиций психологии. Он считал, что некоторые цели, которых алхимики добивались в своем искусстве, являются «проекциями» бессознательных душевных движений на практическую деятельность. Юнг пытался связать воззрения алхимиков со стремлением средневекового человека к «очищению» и «спасению души». Например, «почернение» металлов могло восприниматься алхимиками как образ гибели души, потери ею светлых, «вечных» качеств [28, с. 178 и сл.].

М. Элиад считал, что на психологии алхимиков отражались мифологические и ритуальные представления о связи кузнеца, рудокопа или иного ремесленника с продуктами его труда,

Wir sind der metall anfang vnd erste natur/
 Die küst macht durch vns die höchste tinctur.
 Reyn brunn noch wasser ist meyn gleych/
 Ich mache gesund / arm vnd reych.
 Vnd bin doch szund gyffrig vnd tödlich.
 Mineralis.



Страница из книги "Liber rosarium philosophorum", посвященной приготовлению «универсального лекарства».

как, например «распаханное поле это участок не просто земли, но матери-земли...» [28, с. 181]. Мнение Элиада подтверждается представлениями алхимиков о «лоне земли», «свадьбе металлов», «росте руды», «мужском» и «женском» началах (т. е. о «сере» и «ртути»). «Литейщик, кузнец и алхимик работали с материалами, которые они считали одушевленными. Их кропотливый труд был направлен на то, чтобы создать условия для трансмутаций, где реализовались бы определенные возможности «живого» развития веществ» [28, с. 181].

Важнейшая идея алхимиков заключалась в том, чтобы осуществлять трансмутации в согласии с тенденциями, заложенными в веществе природой, а не наперекор ей. Человек и природа едины!— считали алхимики. Нарушение законов

природы есть и нарушение человеческих законов. Разрушение природы есть и разрушение человека. Это чрезвычайно важные выводы, к которым пришли алхимики. По-видимому, они основывались на опыте эпохи античности, который приобретал для европейцев в средние века все большее значение. Истребление дичи, неограниченный лов рыбы и вырубка лесов приводили большинство населения Европы к голоду и нужде.

И еще одна плодотворная идея принадлежала алхимикам: они предложили воздействовать на металлы различными веществами. Хотя в свое время эти превращения осуществлялись ради фантастических, недостижимых целей, представления о процессах развивались и совершенствовались, чтобы в дальнейшем стать основой необычайно важной для человека отрасли промышленности.

В заключение стоит еще раз подчеркнуть достижения алхимиков в области химической практики. Созданные ими аппараты, открытые вещества и реакции успешно использовались потом в ремесленной химии, а затем в экспериментальной и теоретической научной химии [29].

Закат алхимии

Заключительная стадия развития алхимии началась в Европе в конце XVI в. и продолжалась до конца XVIII в. Это был период упадка и вырождения алхимии.

Уже в XVII в. прогрессивно мыслящие химики искали способы, с помощью которых можно было бы объединить химические знания в науку. Прежде всего они стремились освободиться от того, что, по их мнению, не соответствовало рациональному духу и направлению настоящей науки: «Златоделие» и связанные с ним мистика, астрология, вера в духов и заклинания были чужды теории и практике зарождающейся химической науки. Поэтому химики вначале отреклись от алхимиков, затем полностью отделились от них и наконец начали с ними решительную борьбу.

Изучение этой эпохи ставит множество сложных проблем перед историками химии. Современные представления о взаимоотношениях химии и алхимии и их роли в общественной жизни XVI—XVIII вв. довольно противоречивы. Например, Копп писал по этому поводу: «Тогда как в XVIII в. отдельные ученые-химики еще допускали возможность проведения в лаборатории превращений неблагородных металлов в золото и серебро, вскоре после середины XIX в. вряд ли можно найти хоть одного ученого, разделяющего взгляды алхимиков. Научная химия отреклась от алхимии. К алхимическим занятиям складывалось все более отрицательное отношение. Их считали плодами обмана и невежества» [30, с. 234].

Р. Мейер в «Лекциях по истории химии» высказывался

еще более категорично: «Когда наступил закат алхимии, изменилась и сама цель химии: на смену алхимии, которая корыстолюбиво стремилась к золоту, пришла иатрохимия, ставившая задачей сохранение здоровья человека» [31, с. 27].

Так же рассуждал и П. Вальден. В книге «История химии» он утверждал, что «собственно химия» началась с XVI в., с иатрохимии [4]. Однако и Копп, и Э. Мейер, и Липпман отмечают, что с XVII по XVIII в. алхимия все более распространялась в Европе [32]. Копп указывает, что на протяжении значительного периода XVIII в. алхимики выпускали больше книг, чем химики [30]. Он приводит куплет уличной песенки примерно 1730 г. [30, с. 234]:

«Алхимиком ныне хочет быть всяк:
Юнец, и старик, и круглый дурак,
Придворный советник, цирюльник, солдат,
Монах, и священник, и адвокат!»*

В большинстве историко-химических работ излагаются достаточно разнообразные взгляды на роль химии в общественной жизни в XVI—XVIII вв. Одни исследователи считают, что в это время на смену алхимии пришла иатрохимия и поэтому «златоделание» потеряло свое значение. Другие же, напротив, утверждают, что в XVII в. и начале XVIII в. алхимия была широко распространена, несмотря на бурное развитие именно в это время подлинной химии. Противоречивы и мнения историков химии о причинах, благодаря которым алхимия якобы все еще процветала на пороге XIX в., но они в большинстве своем едва ли могут считаться объективными, так как основываются на весьма произвольных оценках [11, т. II, с. 250 и сл.]. Например, П. Вальден объяснял широкое распространение алхимии «корыстолюбием» и авантюристическим желанием аристократов сделать алхимию «скаковой лошадью», которая помогла бы им наполнить карманы золотом, т. е. алхимия играла для аристократов ту же роль, что «карточные столы для буржуазии» [33, с. 134; 34]. Аналогичной точки зрения придерживались также Дж. Партингтон [35] и Дж. Рид [36].

Анализ работ XVIII в. показывает, что в середине этого столетия алхимия была значительным явлением в жизни европейских государств. В предисловии к немецкому изданию книги Г. Шталя «Основания зимотехники» 1734 г. сказано: «Я не берусь оценить вред, который нанесли эти мошенники-алхимики. Позволю себе только заметить, что со времен Парацельса в нашем многоуважаемом отечестве не было ни одной войны, которая бы причинила столько зла, сколько эти люди» [37]. В 1654 г. насчитывалось свыше четырех тысяч, а в 1720 г. — уже более пяти тысяч сочинений по алхимии. Насколько широко алхимия была распространена в сере-

* Перевод Д. Н. Трифонова. — Прим. перев.

дине XVIII в. свидетельствуют такие наименования алхимии, как «алхимическая зараза», «алхимическая чума» или «эпидемия» [17].

В 1749 г. в первом учебнике «флогистонной» химии («Полное руководство по химии») И. Юнкер писал: «Алхимическая чума особенно распространилась вскоре после Парацельса, когда по всему миру разползлись слухи о достопочтенных алхимических таинствах. Банщики, брадобрее, аптекари и другие бросали свои занятия, даже не помыв руки, ради того, чтобы служить одной лишь химии и искать камень мудрости, с помощью которого якобы можно решить все человеческие проблемы. Это необычайное и подлинно неистовое стремление получить золото, которое сильно затормозило изучение свойств лекарств и разработку наиболее сильнодействующих медицинских препаратов, не изжито до сих пор» [17].

В книге алхимика Веллинга «Магико-каббалистическое сочинение», которая публиковалась в 1728, 1735, 1760 и 1784 гг., были приведены слова Юнкера об алхимиках: «В наши дни из-за корыстолюбия и злоупотреблений в монетах содержится все меньше золота и серебра, которые составляют основу богатства. Из-за этого все больше становится бедных, почти повсеместно растет слепая алчность, толкающая людей на поиски золота и серебра. За несколько последних десятилетий так много людей занялись алхимией, что уже появилось восемь—десять тысяч книг, посвященных ей. И лишь очень немногих можно найти в Старом и Новом Свете, кто бы не занимался алхимией. Многие императоры, короли, князья, аристократы и простолюдины, неучи и ученые, даже ремесленники, мыловары, вязальщики чулок и другие занимаются алхимией. Это искусство распространилось так широко, что даже самый захудалый угольщик ныне рассуждает о трансмутациях» [38].

Роль алхимии в развитии общества, как нам кажется, заключалась в следующем. Алхимию нельзя отождествлять лишь со «златоделием», так как алхимики осуществляли и химические процессы, не связанные с попытками получить золото. Алхимией занимались многие исследователи-«теоретики» (Альберт Великий, Роджер Бэкон, Арнальдо да Вилланова, Раймунд Луллий) и практики (металлурги, ремесленники, связанные с производством красок, и др.). Однако связи между теорией и практикой в алхимии были развиты слабо. Отсюда понятно, почему алхимики-теоретики, которым были чужды ремесла, обычно развивали сугубо умозрительные учения, тогда как алхимики-экспериментаторы, далекие от всяческих теорий и не доверявшие им, склонялись к практицизму. Благодаря деятельности Парацельса перед фармацевтической химией были поставлены конкретные цели, которые можно было достигнуть при сотрудничестве химиков и опытных врачей. Однако в медицинской химии (иатрохимии) сохранились мно-

гие алхимические пережитки, например вера в «универсальное лекарство», подобное «философскому камню». По этому поводу Копп заметил, что критика иатрохимии и алхимии часто была похожей, как, например, выпады против той и другой в книге Эраста (Томаса Либера) «Истолкование известного исследования: возможно ли из неизвестных металлов искусственно получить природное золото» (1572 г.). Однако и алхимики, и иатрохимики достигли определенных успехов при изготовлении лекарственных средств и выделении чистых веществ. Ремесленная химия развивалась благодаря трудам Г. Агриколы, Василия Валентина, А. Либавия, И. Глаубера, И. Кункеля, И. Бехера и др. Они сосредоточили свою деятельность на решении конкретных проблем металлургического производства, получения красителей, изготовления продуктов брожения и т.п. В то же время было немало алхимиков, которые преимущественно пытались осуществить превращение элементов. Они тормозили развитие химических знаний и поэтому прошли незамеченными в истории химии.

Почти невозможно отделить друг от друга деятельность ученых, связанную с химией и алхимией. В практической работе химические и алхимические исследования часто тесно переплетались. Некоторые металлурги искали философский камень, а алхимики совершали ценные для химии открытия.

Химики-врачи и химики-ремесленники также еще не могли преодолеть алхимические пережитки. Известные химики XVII в.— Бойль, Лемери, Кункель, Глаубер, Бехер и др.— не только верили в возможность трансмутаций, но и посвятили часть жизни занятиям алхимией. Поэтому не вызывает удивления, что вера в трансмутацию сохранялась, несмотря на все неудачи алхимиков. Причины процветания «златоделия» одновременно с развитием как медицинской химии, так и ремесленной химии, ставивших перед собой конкретные и насущные проблемы,— до сих пор один из самых спорных и неясных вопросов, решение которого помогло бы снять многие противоречия. Причины такого развития, кажущегося парадоксальным, следует искать не только в сфере самого естествознания, но и в области общественно-политических отношений, сложившихся в Европе в XVI—XVII вв. Эта очень сложная проблема наглядно показывает, насколько тесно связаны между собой развитие естествознания с развитием общества, производства и производственных отношений.

Производство химических продуктов и «златоделеие»

Сизифов труд «златоделателей» все шире распространялся по Европе с XVI в. Как мы уже говорили, это зависело от совершенствования товарно-денежной системы и от того, что золото все в большей степени становилось универсальной ме-

рой стоимости товаров. До тех пор, пока богатство и власть в разных странах основывались на владении землей и крестьянами, товарно-денежный обмен играл в общественной жизни лишь подчиненную роль. Поэтому в осуществлении трансмутаций, помимо алхимиков, были заинтересованы только немногочисленные представители высшей власти и духовенства, которые нуждались в золоте и серебре для приобретения чужеземных товаров. Зато на стадии раннего капитализма, когда товарно-денежное хозяйство стало играть все большую роль в общественных отношениях, алхимия начала проникать в различные сферы жизни общества. Ведь теперь богатство и власть гораздо в большей мере зависели от обладания благородными металлами, которые выполняли функцию универсальной меры стоимости всех товаров, т. е. играли роль денег.

Эта ситуация отразилась в разработанной в XVI—XVIII вв. экономической теории денежно-торговых отношений, в так называемой «монетарной» или «монетарно-меркантилистской» системе. Согласно монетарной системе, богатство человека определялось количеством денег, которыми он владел. Карл Маркс писал по этому поводу: «Если всеобщая жажда золота гнала народы и государей в XVI и XVII столетиях, в этот период детства современного буржуазного общества, в заморские походы за золотой чашей, то первые истолкователи современного мира, творцы монетарной системы, одним из вариантов которой является меркантилистская система, провозгласили золото и серебро, т. е. деньги, единственным богатством. Они справедливо объявили призванием буржуазного общества делать деньги, следовательно, с точки зрения простого товарного обращения, собирать вечное сокровище, которое не ест ни тля, ни ржа»*. Меркантилистская система отражала относительно развитые товарно-денежные отношения. Богатство государства возникало в значительной степени в зависимости от ограничения импорта и увеличения экспорта. Этого требовали и производственные отношения капиталистического общества. Таким образом, в обеих этих экономических теориях главной целью считалось увеличение денежного богатства в форме золотых и серебряных запасов, которые можно в любое время обменять на товары. Маркс писал по этому поводу: «На всех ступенях буржуазного процесса производства, где богатство принимает элементарную форму товара, меновая стоимость приобретает элементарную форму денег, и во всех фазах процесса производства богатство постоянно возвращается на какой-то момент ко всеобщей элементарной форме товара»**.

Переоценка роли денег характерна для раннего капитализ-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 13, с. 139.

** Там же, т. 13, с. 140.

ма. В этот период в качестве источников обогащения были популярны не только разработка месторождений благородных металлов, торговля или разбой, но и деятельность алхимиков. Поэтому дворы владетельных князей оказались тогда основной силой в обществе, поддерживающей алхимию. Развитие товарного хозяйства, расходы на многочисленные войны, содержание солдат-наемников, поддержание роскоши двора требовали от властителей все больше и больше денег. Их не хватало, несмотря на обложение высокими налогами ремесленников, купцов, крестьян. Тем более заманчивыми казались правителям посулы алхимиков. Несмотря на все неудачи алхимиков, а иногда и на проявления их заведомой нечестности, аристократы выделяли все новые средства на их «многообещающие опыты». Эрнст Мейер считал «благоволение к алхимии многих князей... действенным средством для того, чтобы поддержать существование алхимии» [10, с. 51].

Известнейшим покровителем алхимиков был герцог Эрнст Август Саксонский-Веймарский. Даже сам «просвещенный» монарх Фридрих II Прусский, — как сообщил Копп, — в 1751 г. выдал даме-алхимику госпоже фон Пфюль из Саксонии 10 000 талеров на проведение опытов по трансмутации [11, т. II, с. 253]. Он же основал в Берлине лабораторию, в которой позволял одновременно работать многим алхимикам для достижения «политических целей короля» [32, с. 287]. Дворянин фон Циммерман, лейб-медик и гофрат в Ганновере, так передает слова, с которыми Фридрих II обратился к своему министру фон Хорту. «Алхимия — это разновидность болезни, которая надолго вызывает помутнение разума, она приходит неожиданно и распространяется как эпидемия» [30, с. 145]. Неудивительно поэтому, что Фридрих II проявлял терпимость и по отношению к «антиалхимикам». С 1714 по 1734 г. в Берлине жили Георг Эрнст фон Шталь и его ученики, например Потт и Эллер. Как и Шталь, его ученики доказывали в книгах и лекциях, что сочинения алхимиков — сплошной обман и бессмыслица.

Алхимики процветали и при венском дворе. В 1784 г. императрица Мария-Терезия приняла под свое покровительство некоего Зефельда, который якобы овладел тайнами трансмутации. Император Франц I также надеялся воспользоваться плодами трудов этого «ученого» и даже заключил алхимика под стражу, предварительно предоставив ему все необходимое для работы. Зефельд проводил свои опыты до тех пор, пока не сбежал [11, т. II, с. 212].

В тех случаях, когда алхимиков уличали в обмане, упрекали, что они не выполнили своих обещаний, приверженцы «искусства Гермеса» указывали на получение ими в процессе работы очень важных для практики веществ. Блестящие химические знания, прекрасное умение ставить эксперименты

и проведение многочисленных опытов позволили алхимику и химику-практику И. Бёттгеру вместе с его коллегой Э. Чирнгаузом установить состав фарфора. Это спасло ученых от вынесения им смертного приговора как шарлатанам. И. Кункель был крупнейшим специалистом по производству стекла и изобрел несколько оригинальных способов изготовления разновидностей этого материала.

До тех пор пока такая «побочная» химическая практика сопровождала поиски путей превращения обычных металлов в золото, химики могли рассчитывать на твердую поддержку князей и государственных деятелей. Последние иногда привлекали алхимиков в целях осуществления своих финансовых махинаций (в частности, для изготовления фальшивых монет), а также для развития ремесел и фабричного производства (красителей, фарфора, стекла и металлических изделий), организованных уже по капиталистическому способу из-за растущей конкуренции. Помимо экономических, были и другие немаловажные причины, которые способствовали процветанию алхимии. Они коренились в специфике господствовавшей в то время религиозной идеологии: в слепой вере во всемогущество бога и его апостолов, непогрешимость святых и непреходящую силу религии, а также в боязни чертей, ведьм, ночных привидений, духов, колдовства.

Виглеб совершенно справедливо заметил в 1777 г., что вера в трансмутацию — это то же, что вера в колдовство, жертвами которого люди были еще в первой половине XVIII в. [7, с. 353]. «Волшебная» алхимия укрепляла и веру во влияние небесных светил на земные события. Еще Бернхардт в своей книге «Химические исследования и опыты», опубликованной в 1775 г. [39], говорил о воздействии Солнца и звезд на изготовление лекарств и другие химические процессы.

Вплоть до XVIII в. у алхимиков не было недостатка в практических и наглядных «доказательствах» правоты их представлений. Например, они показывали монеты, отчеканенные якобы из «алхимического» золота, или иглы, с одного конца железные, а с другого золотые (будто бы в результате трансмутации железа в золото). Тем не менее судебные инстанции нередко выносили обвинительные приговоры ловким мошенникам, которые сообщениями об «удавшихся трансмутациях» вновь и вновь оживляли веру в возможность превращений металлов. Так, например, в Лейпциге в 1715 г. был вынесен обвинительный приговор по жалобе графини фон Эрбах на ее супруга, который пытался выдать серебряные кубки, обработанные посредством алхимических операций, за золотые [30, с. 78]. Но дело не только в том, что люди теряли веру в успех трансмутации. Развитие товарного производства при капитализме предъявляло новые требования к химии. Фабрикант, который обогащался путем сбыта своей

продукции, остро нуждался в научно обоснованных, проверенных практикой знаниях о химических процессах производства красок, селитры, купороса и многих других материалов, а также в химических знаниях, важных для металлургии и получения продуктов брожения. В мануфактурах ремесленное производство достигло своей наивысшей стадии. Но для дальнейшего развития производства недостаточно было в течение длительного времени пользоваться лишь эмпирическим опытом: требовались знания причин химических процессов, протекающих в природе. Опираясь на эти знания, можно было бы воспроизводить условия, подходящие для проведения эффективных производственных процессов. Алхимия же, которая опиралась исключительно на эмпирические навыки, не могла справиться с такими задачами.

Многие промышленники обращались за помощью к алхимикам. Правда, в отличие от князей владелец мануфактур не мог и не хотел долго субсидировать алхимиков в ожидании «золотых гор». Ведь хозяин предприятия получал прибыли не от налогов, как князья, а от реализации продуктов химического производства. Для повышения прибыли промышленник должен был совершенствовать производственные процессы и усиливать эксплуатацию рабочих. Новые условия жизни отражались и на деятельности тех алхимиков, которые были тесно связаны с развитием химических ремесел (например, И. Глаубер, И. Кункель, И. Бехер). С этого времени (XVI—XVII вв.) началось существенное изменение характера развития химических знаний — от алхимии к ремеслам.

«Флогистонная» химия против алхимии

Бурное развитие буржуазного общества в XVII—XVIII вв., растущая потребность в химических знаниях, полезных для производства, и углубление этих знаний привели к появлению ряда работ, направленных против алхимии. Однако иатрохимия, цели которой были ограничены производством лекарств, не смогла вытеснить алхимию. Преодолеть алхимические пережитки, доказать несостоятельность основных положений алхимии удалось только тем ученым, которые занимались флогистонной химией, важной для создания теоретических основ промышленного производства. По словам Энгельса, «химия освободилась от алхимии посредством флогистонной теории»*.

Г. Э. Шталь, один из первых ученых-флогистиков, который ясно осознал вред алхимических взглядов, повел решительную борьбу с алхимией и стремился отграничить от нее химию [40]. «Именем алхимии... можно и следует называть,

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 348.

говоря кратко, златоделие, — подчеркивал Шталь. — Напротив, химия обозначает обоснованные, разумные исследования, в результате которых возникают надежные, проверенные фундаментальные знания». Шталь считал трансмутацию теоретически возможной, но ставил под сомнение необходимость изготовления благородных металлов из обычных из-за нерентабельности процесса [26, с. 2 и сл.]. Своей критикой, основанной прежде всего на экономических соображениях, создатель флогистонной теории в химии Шталь начал борьбу против алхимиков. Его деятельность на этом поприще была куда более плодотворной, чем все антиалхимические выступления XV—XVII вв. Особенно важным, по мнению Штalia, было то, что реакции, используемые в химических ремеслах, должны стать предметом научного исследования [40]. Именно поэтому алхимия потеряла свое определяющее место в жизни общества и продолжала сохранять свое значение лишь как «златоделие». Взгляды Штalia полностью отражали стремления буржуазии использовать химию для совершенствования старой и развития новой технологии [41]. Шталь писал, что «разумное использование химических методов позволяет получать многие лекарства значительно более удобными способами, легче и дешевле выделять их из природных веществ, чем иными путями; при этом они могут обладать даже более сильным действием». Химия, по мнению Штalia, может быть полезна «как в горном деле, так и во многих важных для людей ремеслах, таких, как изготовление вина и пива, при медоварении, получении других напитков — продуктов брожения, а также многих нужных для человека веществ, которые можно приготовить собственными руками» [26, с. 13].

Таким образом, Шталь и его последователи, деятельность которых отвечала интересам буржуазии, одержали победу над алхимиками прежде всего потому, что им удалось преодолеть ограниченность алхимических представлений, эмпирических, с одной стороны, и сугубо умозрительных — с другой. Практическое применение «теорий» алхимиков вызывало ненужные затраты времени, труда, человеческих сил и материалов, что тормозило развитие химических знаний и химических ремесел.

Шталь и его ученики отмежевались от алхимиков, чтобы флогистика — новое направление химических исследований — освободилась от «дурной славы» алхимии. Как утверждал Циммерман [42, с. 2], произошедшая при этом постепенная переоценка ценностей привела в результате к тому, что большинство людей «перестали называть химика лгуном и специалистом по подделке золота, как раньше величали алхимиков». И. Юнкер замечал, что алхимия «принесла настоящей химии огромный вред и презрительное отношение общества» [17, т. I, с. 46]. Итогом борьбы сторонников теории

флогистона и алхимии явилось опровержение основных алхимических доктрин, показ невозможности на их основе объяснить протекание разнообразных химических процессов. Соперничество между химиками-флогистиками и алхимиками было одной из форм борьбы растущей буржуазии и феодальной аристократии в идеологической и экономической сферах. При этом сталкивались не только два различных взгляда на протекание химических процессов, но и два основополагающих учения о природе и обществе. Сторонники алхимии защищали свое учение с помощью религиозных, мистических, астрологических, каббалистических и магических воззрений, а также опираясь на алхимические традиции и авторитет крупнейших алхимиков прошлого. Прогрессивные же ученые-флогистики считали эксперимент, разум и критическое осмысление наблюдений высшими «судьями», которые должны решать, правильна данная теория или ошибочна. В то время как алхимики искали защиту и покровительство главным образом у аристократии, при княжеских и королевских дворах, химиков-флогистиков поддерживала в первую очередь бурно развивавшаяся буржуазия. Парацельс начал, а Бойль и Шталь продолжили борьбу против защитников алхимических и схоластических учений. Противники алхимии пытались объяснить особенности протекания химических превращений на основе материалистических представлений о природе веществ.

В XVI— начале XVIII вв. положение сторонников теории флогистона нередко было гораздо менее прочным, чем в последующее время. Но следует учесть, что им приходилось бороться с широко распространенными и имеющими богатые традиции представлениями о трансмутациях, подкрепленными неопровержимыми на первый взгляд мнениями выдающихся «авторитетов». Кроме того, нельзя забывать, что противникам алхимии приходилось вести борьбу в условиях, когда феодальные общественные отношения в Европе были еще достаточно прочными.

Эта проблема отчетливо освещается, например, в учебнике Юнкера [17]. Юнкер стремился дать общую оценку алхимии. Но так как он не мог привести неопровержимых доказательств ложности учения о трансмутации, то выступал в качестве «благоразумного и пытливого» ученого, который хотел бы использовать алхимический опыт для расширения своих знаний о химии. Правда, Юнкер замечал, что еще предстоит проверить достоверность этого опыта. Он считал, что процессы трансмутации могут быть использованы для совершенствования химических теорий, если «действие тинктур поможет объяснить нам состав и особенности строения металлов» [17]. Представление о превращении неблагородных металлов в благородные, по мнению Юнкера, полезно,

поскольку оно помогает, в частности, рассмотреть процесс «улучшения металлов» («чистое плавление», легирование), т. е. «частичное превращение», как первую стадию «полного превращения» [17]. Далее Юнкер считал, что такие выдающиеся ученые, как И. Б. Ван-Гельмонт, И. Глаубер, И. Кункель, И. Бехер и И. Бёттгер, столь много сделавшие для развития химии и химических ремесел, не могли придерживаться неверных взглядов, а уж тем более обманывать окружающих [17, т. II, с. 43]. Поэтому Юнкер привел высказывания различных авторов (например, Кункеля, Бехера и других) о том, что им удалось получить из материи с помощью разнообразных трансмутаций «различные тинктуры».

Известный нидерландский врач и химик Бургаве в вышедшей в 1732 г. книге «*Elementa chymiae*» (или «Основания химии»; в 1753 г. издана в немецком переводе) также утверждал, правда, со многими оговорками, что трансмутации возможны. Бургаве считал маловероятным, чтобы все доказательства успехов алхимии за многовековую ее историю были обманом. Он подчеркивал, что алхимией занимались многие авторитетные и эрудированные ученые и, учитывая лишь несовершенство человеческих знаний, нельзя с уверенностью утверждать, что занятия алхимией были сплошной цепью обманов и фальсификаций [32, с. 510].

И все же, несмотря на все трудности, сторонникам теории флогистона удалось одержать решительную победу над алхимиками. Это еще раз подтверждает, насколько велика была необходимость в новом, прогрессивном направлении химических исследований, важных для развития химического производства, теорий и экспериментов.

По словам Юнкера, он написал свой учебник не для тех, кто говорит, что хочет познать «высокие тайны алхимии и философии», а на самом деле стремится к общепочитаемому золоту». Юнкер писал для тех, «кто стремится к истине — несравненно более ценному и вечному идеалу, чем золото» [17]. И когда во втором томе своей книги Юнкер посвятил две главы рассмотрению алхимии, он сделал это не для того, чтобы увлечь кого-нибудь алхимией, а, напротив, чтобы предостеречь от нее. Примечательно, что в немецком издании «Полного руководства по химии...» 1748 г. Юнкер более подробно рассмотрел историю алхимии, чем в предисловии ко второму латинскому изданию этой книги. Он знал, что труд на немецком языке дойдет до более широкого круга читателей, и хотел, чтобы в обеих главах его книги о «частичных и универсальных трансмутациях» публика увидела скрытое предостережение от занятий алхимией. Несмотря на то что Юнкер признавал возможность трансмутации, он критиковал многие сочинения алхимиков средневековья за их мракобесие, бессмысленность, неясность, суеверные суждения, болтовню

о «семенах золота» и т. п. Алхимиками, по мнению Юнкера, были написаны «лживые и фальшивые книги», чтобы «водить за нос легковверных» [17]. Далее Юнкер замечал, что многие старинные алхимические трактаты не заслуживают доверия, ибо в «те времена об искусстве плавления металлов знали очень мало». В средневековых исследованиях вряд ли можно было получить «строгое рассмотрение превращения», поскольку алхимики в действительности не могли проникнуть в природу трансмутации. Тогда алхимики накопили лишь некоторые сведения о рудах и об изученных ранее способах получения из них сплавов. Многие алхимические трактаты не заслуживают ныне внимания потому, что в них не содержится новых мыслей и не описываются новые химические процессы. Содержание трактатов повторяет то, что было написано — и чаще даже лучше — в более ранних произведениях. Выступая против «алхимической чумы», или «сумасшествия», Юнкер говорил, что не следует испытывать даже малейшей надежды на успех, работая в этом направлении [17, т. II, с. 32 и сл.].

Сам Кункель, который имел прекрасные условия для алхимических работ и много времени уделял проведению очень трудоемких исследований превращений различных веществ, отмечал: «только немногие могут утверждать, что они получили хоть какое-либо подобие философской тинктуры». Также и Бехер, «превзошедший в познании природы всех предшественников-алхимиков», сообщал о том, что ему не удалось получить философский камень. Его волновала мысль, что «нигде нельзя найти описанный таким образом философский камень или похожую на него аналогичную тинктуру среди тел любой природы» [17, т. II, с. 32 и сл.].

Юнкер в своем учебнике иронизирует над легковверными и отговаривает их от занятий алхимией. Он перечисляет «человеческие и сверхчеловеческие качества», которыми, по его мнению, должен обладать алхимик, чтобы добиться успеха в поисках философского камня. Уже из подобного перечисления следует, что этот камень не дано найти никому. Таким же образом Юнкер критикует тех врачей и алхимиков, которые пытались создать универсальное лекарство. Он считает невозможным, чтобы та же субстанция, которая «изгоняла бы болезни из человеческого тела или в кратчайшее время исцеляла бы внутренности, восстанавливая те их части, которые поразила болезнь ... могла бы обладать вдобавок и той силой, чтобы превращать в золото неблагородные металлы». Кроме того, Юнкер отрицательно относился к слухам о так называемых способах златоделания [17, т. II, с. 28]. Юнкер советовал «пробовать на зуб», проверять всевозможные доказательства алхимиков. Во-первых, следует скептически относиться к утверждению алхимика, будто он работает по «методике»,

секрет которой либо открыл ему один из великих мастеров, либо был взят им из манускрипта, найденного в развалинах замка или монастыря. Во-вторых, можно потребовать от алхимика, чтобы он сначала за свой счет осуществил трансмутацию и получил хотя бы небольшое количество золота. Лишь затем можно проверять эти эксперименты в больших лабораториях. В-третьих, следует тщательно испытать материалы, с которыми предполагается осуществлять трансмутацию, не содержат ли они золота. В-четвертых, надо очень внимательно осмотреть приборы (колбы, тигли), в которых собираются получать благородные металлы. В-пятых, следует остерегаться мошеннических уловок со стороны алхимиков.

Не все химики-флогистики относились к алхимии с такой же терпимостью, как Юнкер. Например, Циммерман называл ее сплошным надувательством. Он оценивал способности алхимиков по практическим результатам их работ, считая их ничтожными. Самих же алхимиков ученый называл «фанатиками и лжецами», которые «никогда не знали даже основ химии и зачастую не умели получить даже обычную сурьму». Циммерман высмеивал тех, кто пытался искать «универсальное лекарство... и поэтому взирал на весь мир, кроме алхимиков, свысока». Кроме того, среди алхимиков, как считал Циммерман, было немало таких, «которые запутались в дуррациях и фантастических предположениях и сами поверили в них; они создали искусству получения золота славу высочайшего таинства и пытались объяснить в меру своего незнания происходящие превращения с помощью мистических заклинаний и правдоподобной риторики» [42, с. 7].

Г. А. Гофман, который написал одну из первых книг по практической химии, критиковал алхимиков за то, что они призывали «отдавать значительно больше уважения старинным химическим знаниям». «Химические теории,— писал Гофман,— как и другие научные знания и искусства, ценятся независимо от их возраста, старинные они или новые. Но при этом отнюдь не следует утверждать, как это делают многие, что самые ценные и неоспоримые химические знания были накоплены в древности египтянами, халдеями, евреями, вавилонянами... Некоторые алхимики придерживаются высокого мнения о себе, в связи с тем что их искусство, дескать, имеет весьма почтенный возраст. Поэтому они стараются доказать, что алхимия возникла едва ли не во времена сотворения мира. В этом не было бы необходимости, если бы алхимия в наши дни приносила хоть какую-нибудь пользу» [43, с. 9]. Давая историческую оценку попыткам алхимиков получить философский камень, Гофман писал: «В те мрачные времена нетрудно было прослыть за многознающего. Кто объявлял, что может делать золото, вызывал у людей преклонение

своей ученостью... Простое обладание 10 000 талерами само по себе заставляло считать, что их обладатель умен, а 100 000 талерами — очень умен. Золото могло убедить в чем угодно» [43, с. 12 и сл.].

Врач и химик И. Х. Бернхардт не видел существенной разницы между химией и алхимией. Он считал, что химия, алхимия и иатрохимия — это одно и то же. Бернхардт верил во влияние расположения звезд на ход химических процессов. В своих сочинениях он осуждал лишь то, что алхимики держали в тайне накопленный опыт. Бернхардт расшифровывал содержание алхимических рукописей, например Василия Валентина, и использовал для изготовления некоторых лекарств опыт, почерпнутый из сочинений алхимиков. Бернхардт написал книгу о расшифрованных им рукописях — «Химические опыты и исследования». При этом он игнорировал упреки в разглашении чужих тайн. «Меня не касаются эти проклятия, — писал Бернхардт, — Я открыл зашифрованные рецепты благодаря моему труду и способностям, а со своим собственным добром я волен поступать, как угодно... Кроме того, я считаю долгом всякого добропорядочного человека всеми возможными способами бороться с теми бедствиями, которые одолевают людей» [39, с. 19 и сл.].

Изложенное выше показывает, почему даже в середине XVIII в. отнюдь не все прогрессивные ученые достаточно критически оценивали алхимию. Некоторые из них считали трансмутацию теоретически возможной и признавали авторитет крупнейших алхимиков, историческое и научное значение их экспериментов.

Еще И. Эркслебен в своей книге «Основные начала химии», выпущенной в 1775 г., описывает алхимические опыты как достоверные научные факты [44]. (Во втором издании — 1784 г. — издатель книги И. Виглеб ввел поправку в этот текст.)

В середине XVIII в. капиталистические общественные отношения в Германии развивались быстрыми темпами. Как химики, так и владельцы мануфактур все яснее осознавали необходимость расширенного применения химии в производстве. Алхимики со своими эмпирическими и умозрительными обобщениями, тратившие массу сил и средств на недостижимые цели, тормозили прогресс науки. Представления алхимиков противоречили духу Просвещения* в Германии. Магия,

* Просвещение — прогрессивное идейное течение, сформировавшееся в эпоху перехода от феодализма к капитализму. Оно было тесно связано с борьбой нарождавшейся буржуазии, а также народных масс против феодальных порядков. Просвещение способствовало подготовке буржуазных революций в различных странах (и в первую очередь Великой французской буржуазной революции 1789 г.). Крупнейшими представителями Просвещения в Германии были Г. Лессинг, И. Гредер, Ф. Шиллер, И. Гёте; во Франции — Вольтер, Ж. Ж. Руссо, Ш. Монтескье, П. А. Гольбах, К. Гельвеций, Д. Дидро; в России — Н. И. Новиков, А. Н. Радищев. — *Прим. перев.*

астрология, вера в призраков и чудеса уступали место научному анализу материального и духовного мира.

Важным проявлением духа Просвещения в химии было возникновение теории флогистона и развитие «экспериментальной философии»*. Это способствовало и становлению химии как самостоятельной науки. Однако и тогда все еще появлялись многочисленные книги по алхимии. Алхимические представления продолжали распространяться в Европе. При княжеских дворах работали лаборатории «златоделателей», а по европейским государствам странствовали многочисленные авантюристы, якобы владеющие секретом изготовления «философского камня». Поэтому всему новому и прогрессивному еще предстояли упорные сражения со старым и реакционным. По словам нашего современника Шильферта, во второй половине XVIII в. борьба буржуазии с феодальной аристократией в области государственно-правовых отношений и философии резко обострилась в связи «со специфически буржуазным характером Просвещения» (речь идет о борьбе против характерных для эпохи феодализма религиозно-мистических объяснений природных явлений и общественного развития). Эта борьба проявлялась и при развитии химических знаний [45, с. 121].

Опыты и обобщения

Среди немецких ученых, которые решительно выступали против алхимии, особое место занимает аптекарь и химик Иоганн Христиан Виглеб. В 1777 г. он опубликовал книгу «Историко-критическое исследование алхимии, или воображаемого искусства получения золота». Это произведение от других аналогичных работ отличается обоснованностью, последовательностью и ясностью изложения основных концепций. Виглебу удалось с помощью исторического анализа доказать, что основные представления алхимиков и большая часть их экспериментов были бесплодны. Он считал возможность опытной проверки важнейшим критерием правильности химических теорий и ценностей исследований. В подкрепление своего вывода он приводил китайское изречение: «Сомнение есть начало науки: кто ни в чем не сомневается, тот не пытается ничего проверить; кто ничего не проверяет, тот ничего и не откроет; кто ничего не открывает, тот слеп и останется слепым» [7, предисловие]. Виглеб отмечал, что многие термины для обозначения превращений, используемые прежде при обучении химиков, противоречили аналогичным терми-

* «Экспериментальная философия» — термин, часто встречающийся в историко-научной литературе. Им обычно обозначаются естественнонаучные исследования XVI—XVII вв. — *Прим. перев.*

нам, применяемым позже для описания производства солей щелочных металлов, кислот, их превращений и т. п. В этих прежних понятиях Виглеб видел «пережиток времен старинной алхимической слепоты и незнания» [7, предисловие].

Виглеб подробно исследовал «гнилое дерево» алхимических заблуждений. Разбирая сначала лишь некоторые его «ветви», затем «ствол» и, наконец, «корни», Виглеб полностью опровергал возможность трансмутации. Он критически относился к утверждениям всех «алхимических» кумиров и к историческим свидетельствам об их успехах, вскрывал ошибочность всех их теорий, ложность доказательств. Виглеб делал это тем более решительно, поскольку считал, что в его время вера в чудеса все еще широко распространена в обществе и что алхимики пытаются «спрятать за подобными мистификациями свое невежество», тогда как прогрессивная наука больше не желает «мириться с этим обманом» [7, с. 356].

Виглеб с большой симпатией оценивает деятельность Германа Конринга, который еще в 1669 г. в своей книге об алхимической «медицине» [46] резко критиковал искателей «эликсира жизни». Конрингу удалось вскрыть многие (хотя отнюдь не все) ошибки алхимиков. С этого времени эпоха алхимии стала близиться к завершению, хотя в 1674 г. именитый ученый Олаф Борх написал даже специальную книгу в защиту алхимии [47]. Вслед за Борхом и другие ученые из-за «льстивой прелести» алхимических трактатов и «многих приукрашенных свидетельств», представленных алхимиками, утверждали, что «нельзя с полной уверенностью говорить о невозможности трансмутации» [7, с. 85]. Именно из-за таких ученых, как считает Виглеб, «пламя алхимии» снова и снова «возгоралось из пепла», и его нельзя было загасить окончательно. Поэтому «алхимическая чума» могла легко вновь вспыхнуть и возродить свое влияние [7].

Виглеб резко высказывался против своего современника магдебургского профессора Фр. И. Вильгельма Шрёдера, который завуалированно выступал в защиту алхимии. В 1772 г. Шрёдер выпустил книгу «Новая алхимическая библиотека для естествоиспытателей нашего столетия», а в 1775—«Новая библиотека высших достижений естествознания и химии» [48; 7 с. 381]. В этих книгах были собраны высказывания видных ученых средневековья и эпохи Возрождения о возможности трансмутации.

Виглеб опасался, что эти книги окажут пагубное влияние на многих молодых людей, побудив их к «златоделию». Поэтому он стремился решительно избавить химию от алхимии как мистического балласта прошлого и особенно резко критиковал «теории», проповедующие божественное происхождение алхимии. Виглеб утверждал, что в основе всякой науки лежат насущные потребности человека и именно они являют-

ся стимулом для осуществления экспериментов, формулирования гипотез, их углубления и уточнения. Виглеб цитирует античных ученых и писателей Геродота, Вергилия и Плиния, которые говорили, что все науки и искусство имеют естественное, человеческое, а не божественное происхождение [7, с. 1 и сл.].

В основе общего развития химических наук, как предполагал Виглеб, лежат практические знания. Это относится и к эволюции «бесплодной ветви научного дерева — златоделию». Виглеб утверждал, что нельзя считать египетских ремесленников «златоделателями» лишь на том основании, что они уже в древности занимались таким «настоящим искусством», как бальзамирование мумий, изготовление стекла, переработка металлов. Также безграмотно считать пророка Моисея «златоделателем» потому, что он смог сжечь «золотого тельца». «Ведь золотой телец,— писал Виглеб,— был сделан не из массивного золота, а в соответствии с обычаями того времени сооружен из дерева и лишь покрыт тонкими пластинками золота» [7, с. 2 и сл.]. Виглеб считал, что в древности не было алхимических трактатов. Поэтому они, естественно, не могли быть уничтожены при разрушении Александрийской библиотеки во время правления римского императора Диоклетиана (292 г. н. э.), как это утверждали алхимики [7, с. 136 и сл.]. Самые ранние из сохранившихся трактатов, авторы которых допускали возможность трансмутаций, относятся к IV—V вв. н. э. Они были написаны Синезием, Зосимой, Олимпиодором, псевдо-Демокритом. Виглеб считает неверным «алхимическое» толкование некоторых произведений Демокрита о свойствах металлов. По мнению Виглеба, речь в этих трудах идет не о «златоделии», а о «получении золота и серебра из руд с помощью ртути (т. е. посредством образования амальгамы) и введения впоследствии раскисляющих добавок в образовавшийся расплав» [7, с. 167 и сл.].

Пытаясь определить, как возник сам термин «алхимия», Виглеб ссылается на Юлия Фирмикуса (IV в. н. э.), в трудах которого впервые употребляется это название. Скорее же всего «алхимия» — это то же слово «химия», но трансформированное под влиянием арабского языка, в котором к существительным добавляется частица «аль». Однако «аль-химии» при этом отнюдь не придавалось значение «златоделия». Долго алхимией называли «область химии, теснейшим образом связанную с металлургией; затем с течением времени это название приняло свой общеупотребительный в дальнейшем смысл» [7, с. 180 и сл.]. Первые сведения о возможности превращения неблагородных металлов в благородные и о практическом проведении таких операций относятся к IV в. н. э. Анализируя развитие алхимии во времена арабских завое-

ваний и в средневековой Европе, Виглеб указывал на явные «нелепости» в сообщениях алхимиков и пытался объяснить реальную природу разнообразных «чудесных превращений». По его мнению, нет надежных данных для написания подлинной истории алхимии [7, с. 223 и сл.].

Виглеб подробно рассмотрел алхимию более позднего периода, особенно деятельность алхимиков при дворе курфюрстов саксонских Августа и Христиана (1580—1591). Анализируя свидетельства об удавшихся трансмутациях неких Бойтера и Шверцера, Виглеб показал, что эти алхимики смогли «получить» в результате трансмутации лишь то золото, которое предварительно было у них в виде золотых монет. «Шверцер мог сделать это очень легко, так как прожил более чем полгода при дворе,— писал Виглеб.— Чтобы доставить радость добрым и легковверным господам, которые потратили на него кучу денег, Шверцер тайно пронес в лабораторию три золотые марки, и с помощью несложного фокуса золото появилось во время трансмутации» [7, с. 255]. (Кроме того, на что обратил внимание еще Георг Эрнст Шталь, Шверцер работал с «красно-золотой рудой», из каждого центнера которой можно было выплавить чистого серебра на 50 или даже 60 марок. Выплавленное серебро, по всей видимости, перекочевывало в карман этой «перелетной птицы». Таким образом, Шверцер и Бойтер, которых Кункель считал великими алхимиками, на самом деле были прожженными мошенниками.) «Поскольку потом это золото переплавлялось в монеты,— писал Виглеб,— то оправдываются сделанные мной ранее предположения о том, что чаще всего задачей этого златоделия было успокоить простых людей и отвлечь их от сложностей жизни, показав им мошеннические чудеса Шверцера» [7, с. 261].

Подобные обвинения против алхимиков Виглеб тщательно аргументировал и подтверждал новыми доводами, которые не использовались ни в одной из работ его предшественников. Виглеб считал, что золотые запасы государства возникают не вследствие деятельности алхимиков, как это сами они часто пытались утверждать. Много золота имеют лишь те государства, в которых существуют развитые горнодобывающие ремесла (особенно добыча золота). Однако богатые золотые запасы могут быть и в государствах, в недрах которых нет этого благородного металла. Источником золота для таких государств может быть широкий торговый обмен со странами, производящими собственное золото. Саксонский двор мог бы иметь собственное золото, разрабатывая залежи полезных ископаемых Шнеебергского, Аннабергского, Фрайбергского и других месторождений [7, с. 270]. Виглеб рассматривал эти и другие месторождения благородных металлов в Саксонии как «длительный источник благосостояния страны»

и считал, что при наличии таких богатых месторождений курфюрст Август мог бы оставить после себя гораздо больше, чем те 17 млн. талеров, которые, по мнению алхимиков, могли быть получены только с помощью трансмутаций [7, с. 273 и сл.].

Стараясь преодолеть традиционное преклонение перед авторитетами, Виглеб писал в своей книге, что, как бы ни был прославлен ученый, к его мнению следует относиться критически, пытаюсь выработать собственное отношение к обсуждаемой теме. «Никакие высказывания авторитетов сегодня не могут иметь ни малейшего значения ... Теперь необходимо для любого утверждения привести ясные доказательства или промолчать, и доказательства должны основываться на проверенных фактах, а не на фантазиях» [7, с. 318 и сл.].

Виглеб вступал в спор с теми людьми, для которых алхимия стала своеобразной религией: они были уверены в возможности трансмутации так же, как верующие — в непогрешимости религиозных догматов, и почитали старинные книги алхимиков почти как священные реликвии. Виглеб использовал в этом споре практически те же аргументы, что и прогрессивные мыслители Просвещения в борьбе против религиозного суеверия и мистицизма [7, с. 353 и сл.]. Анализируя исторические условия, в которых могла возникнуть вера в трансмутацию, Виглеб установил, что задолго до того, как понятие «алхимия» стало характеризовать попытки превращения одних металлов в другие, «существовали различные способы окрашивания и изменения свойств металлов при помощи сплавления, например белой меди, латуни, томпака и др.» [7, с. 187 и сл.]. Когда в начале нашей эры обнаружили, что из неблагородных металлов можно получать сплавы, по цвету и твердости очень напоминающие золото и серебро, возникли неправильные толкования особенностей таких превращений, так как об их истинной природе в древности даже не могли догадаться. На основе этих неправильно осмысленных опытов, а также малопродуманных умозаключений и родилось учение о трансмутации. Подтверждением такого вывода Виглеб считал то, что «златоделие» возникло примерно в 400-х гг. н. э., когда знания о свойствах металлов и металлургическая техника достигли определенного уровня развития. Э. Липпман и некоторые другие историки химии [32, с. 275 и сл.] придерживались того же мнения, что и Виглеб. Следующий аргумент для подтверждения своих взглядов Виглеб видел в возникновении понятия о «частичных трансмутациях». В XIII в. открытие и использование неорганических кислот позволило значительно усовершенствовать метод добычи металлов из руд: из тех же руд, из которых ранее получали лишь медь и свинец, стало возможным выделять небольшие количества золота и серебра. В средне-

вековые еще не понимали суть происходящих при этом химических процессов. Поэтому ремесленникам казалось, что с помощью «едкой воды»* им удастся превратить небольшие количества обычных металлов в благородные. Отсюда и возникло понятие о «частичной трансмутации». Это понятие находило все большее признание, по мере того как основанные на нем выводы, казалось, начали подкрепляться результатами легко доступных наблюдению экспериментов. Распространение представлений о «частичной трансмутации», разумеется, способствовало укреплению более общего представления о возможностях превращений металлов [7, с. 197 и сл.]. По мнению Виглеба, приведенное им рассуждение является наиболее доказательным аргументом, показывающим несостоятельность алхимических представлений.

Виглеб утверждал, что алхимические учения противоречат всем известным законам естествознания [7, с. 382 и сл.], и поэтому считал неверными все теории алхимиков. Он сформулировал основные положения «разумной химии» и отчетливо показал, что они противоречат представлениям алхимии.

В сокрушительном поражении алхимии Виглеб видел триумф разума, победившего суеверие; разума, опирающегося на опыт, а не на ложные умозаключения. Для Виглеба разум был «светом, который озаряет человечеству путь к исследованию и познанию реальных вещей; только разум позволяет узнать правду и отличать ее от заблуждения» [7, с. 365]. Между действительным и кажущимся существует различие. Однако если судить по ощущениям, то нетрудно их спутать, приняв одно за другое. Поэтому задача и долг ученых заключаются в том, чтобы выдвигать гипотезы, отвергать ошибочные и выбирать верные, открывающие истину. Конечной же стадией проверки любой гипотезы служит эксперимент. «Лишь он один и только он является надежной порукой правды» [7, с. 366 и сл.].

И в заключение интересно выяснить, как работы Виглеба оценивались и оцениваются историками химии. В 1955 г. вышла книга Отто Цекерта «Знаменитые аптекари», где анализировались сочинения Виглеба. Цекерт писал о Виглебе как о выдающемся химике, но не очень удачном критике ранних химических учений [49, с. 81]. Липпман же, напротив, говорил о Виглебе как о неподкупном и талантливом ученом, который «самым убедительным образом» показал всем «полную несостоятельность алхимии» [32, с. 511]. Г. Копп писал, что исследования Виглеба «разрушили веру в реальность этого искусства [алхимии.— *Перев.*] и послужили главной причи-

* Так в то время иногда называли кислоты.— *Прим. перев.*

ной, ускорившей конец алхимии, которая бы могла существовать еще довольно долго, пока окончательно не угасла бы» [30, с. 234].

В 1789 г. несколько алхимиков — современников Виглеба выступили с ответами на высказанные в его книге обвинения «златоделию». Карл Арнольд Кортум называл его «злопыхателем против искусства» [50, с. 2 и сл.]. Мёхсен писал: «Как объяснил мне некий философ и сторонник алхимии, господин Виглеб издал свой труд с хорошо понятными намерениями. Самому ему не удалось ни преуспеть в искусстве трансмутаций, ни создать философский камень. Поэтому в своем сочинении он решил мудро и предусмотрительно защититься от упреков» [51, с. 304 и сл.].

Совершенно по-другому была встречена книга Виглеба в лагере его современников, выступавших с позиций Просвещения. Наиболее подробную рецензию на книгу Виглеба написал Фридрих Николаи — издатель обозрения «Всеобщая немецкая библиотека». Николаи писал: «Наш неутомимый исследователь в своем недавно опубликованном труде выступил против алхимических суеверий с настолько неотразимыми и обоснованными доводами, что мы твердо верим: в результате его мужественной атаки противник был наголову разбит» [52, с. 14]. Рецензент отметил далее, что Виглебу удалось «блестяще опровергнуть» все аргументы профессора Шрёдера в защиту алхимии. Полемика с этим уважаемым университетским преподавателем является важной заслугой Виглеба, «поскольку,— считал Николаи,— даже в наше просвещенное время, этот официальный университетский преподаватель химии не постеснялся откровенно выступить в защиту алхимических бессмыслиц» [52, с. 16 и сл.].

В 36-м томе «Всеобщей немецкой библиотеки», который вышел в 1778 г., профессор химии из Грейфсвальда Вайгель опубликовал «Общий обзор теоретической и прикладной химии», где проанализировал работу Виглеба. В целом рецензент отозвался о ней положительно. Однако он критиковал Виглеба за то, что тот вынес алхимии недостаточно решительный приговор и уделил рассмотрению алхимических учений целую главу в книге. По мнению Вайгеля, следовало значительно сократить анализ работ по алхимии, поскольку «алхимия — это такое бесплодное дело, которое не дало ни практической пользы, ни каких бы то ни было новых знаний об явлениях природы». «Если бы алхимия основывалась на изучении природы,— писал Вайгель,— она не прибегала бы к разнообразным уловкам. Но тогда понадобились бы настоящие доказательства. До сих пор алхимики не представили ни одного из них. Все проводившиеся до этого опыты алхимиков... не приводили к ожидаемым результатам. Однако все фундаментальные понятия должны и могут быть получены

лишь на основе надежных и только надежных опытов. Значит, представления алхимиков — это весьма сомнительные фантазии, на смену которым пришли надежные и проверенные действительные способы превращений веществ. Поэтому в учебнике, где излагаются лишь достоверные факты и основанные на них теории, вообще не следовало бы уделять места алхимии» [52, с. 519 и сл.].

В книге «Знаменательные события из жизни великих немцев», опубликованной в 1802 г., о Виглебе говорится «как об одном из самых просвещенных, осведомленных противников алхимии, который выдвинул против нее обоснованные и всеобъемлющие возражения» [53].

Профессор философии К. Христоф Шмидер в целом критически отзывался о книге Виглеба, но в то же время отметил, что Виглеб был «одним из самых значительных химиков школы Шталя». Называя Виглеба «выдающимся химиком», как историка он оценивал Виглеба, однако, значительно ниже. По мнению Шмидера, этот ученый был недостаточно тонким полемистом и вообще «не дорос» до критики алхимии. Тем не менее Шмидер указывал: «Этот одиночка с легкостью осмелился выступать от имени могущественного движения. Все же он заслуживает одобрения за то, что высказался против алхимии в достаточно сильных, пусть не вполне обоснованных выражениях». Шмидер совершенно справедливо осознал связь содержания книги Виглеба с могущественной силой того времени — Просвещением [34, с. 592 и сл.].

Что же произошло с алхимией после того, как в 1777 и 1793 гг. вышли в свет издания книги Виглеба, и особенно после того, как Лавуазье сформулировал свою «Систему химии»?

По этому поводу Шмидер сообщает, что примерно с 1795 г. алхимики перестали публиковать свои книги. «Однако,— замечает Шмидер,— пока это еще не означало конца алхимии. Алхимики отступили, но не сдались. Перестав публиковать свои сочинения, они сплотились в замкнутую группу единомышленников. Это общество еще долгое время по всякому удобному поводу давало о себе знать, но скорее для того, чтобы мир не забыл о нем, а не ради того, чтобы отстаивать свои учения. Как правило, алхимики публиковались анонимно... Анонимность публикаций не уменьшала их действенности.» К такого рода публикациям относилась статья в «Имперских ведомостях № 234» под названием «Новые сокровища высокой химии, предлагаемые уважаемому ученому обществу И. Ф. Фридрихом» (Франкфурт, Лейпциг и Вена, 1797 г.). «Затем обращения к научной общественности стали появляться более часто, и «Имперские ведомости» опубликовали целую серию статей в течение 1789 г. (№ 70, 72, 75, 76 и 77). Однако впоследствии подобные сообщения

появлялись все реже и реже и наконец вовсе прекратились.» [34, с. 597].

Книга Виглеба ознаменовала наивысшую и последнюю стадию борьбы за естествознание, основанное на разуме и эксперименте, борьбы флогистонной химии против алхимии, понимаемой как «златоделание», против слепого преклонения перед авторитетами, против мистики и непроверенных умозаключений.

Всего через несколько лет после того, как вышло первое издание книги Виглеба, великий французский химик Лавуазье сделал открытие, которое перевернуло всю флогистонную химию: в 1785 г. он сформулировал свою ныне всемирно известную систему химии на основе открытых им закономерностей протекания процессов окисления. Впервые за всю историю химии была достаточно четко определена природа химического элемента. Таким образом антиалхимические воззрения получили надежное подтверждение и началось интенсивное развитие новой, прогрессивной научной химии.

Развитие химических ремесел до начала промышленной революции

Ремесленное мастерство во времена Возрождения пользовалось бóльшим уважением в обществе, чем в древности, потому что ремеслами занимались теперь не рабы, а свободные люди. Их роль в сфере общественных и производственных отношений в новом обществе отличалась от положения власть имущих не так сильно, как во времена древности и раннего средневековья.

Дж. Д. Бернал

Благодаря тем открытиям, которые сделали люди в ремесле, промышленности, медицине, механике, астрономии, были обнаружены факты, незаменимые для дальнейшего развития науки.

Юстус Либих

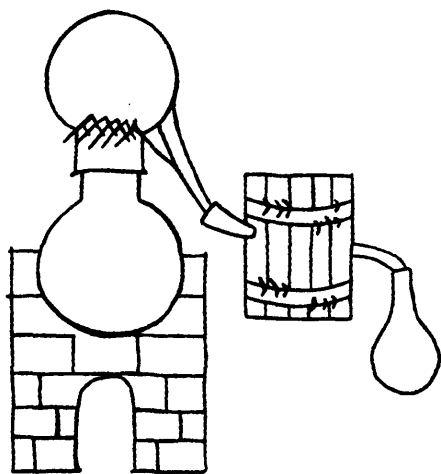
Вещества, открытие которых совершило переворот в химии

О развитии химических ремесел в древности (до начала нашей эры) можно судить по ряду оригинальных источников, обнаруженных главным образом в XIX—XX вв.: папирусы Эберса, Бругша, Лейденский и Стокгольмский папирусы, труды Плиния и Диоскорида.

До начала XIII в. это развитие совершалось довольно медленно. Однако затем фаза накопления знаний перешла в фазу кульминации. Это было связано с открытием в XIII в. важнейших неорганических кислот, этилового спирта и пороха. В эпоху Возрождения химические ремесла получили новые стимулы для развития. Наступившая затем фаза накопления опыта и знаний была значительно короче, чем предыдущая, и завершилась новой кульминационной фазой — промышленной революцией, начавшейся в середине XVIII в.

Политические и военные события, происходившие в течение фазы накопления опыта и знаний, продолжавшейся от начала нашей эры до XIII в., оказали значительное влияние на развитие химических ремесел. К важнейшим историческим событиям этой эпохи относятся падение Римской империи, последовавшее затем Великое переселение народов, становление христианской церкви, возникновение арабской империи (простиравшейся от Инда до Пиренеев), появление германской Священной Римской империи, а также других феодальных государств в Европе.

Несмотря на многие политические потрясения и войны в



Перегонный аппарат с водяным охлаждением (1420 г.) для получения спирта из пива.

Европе, ремесла сохраняли и преумножали свои традиции. В это время люди добывали и обрабатывали металлы, производили краски и едкие кислоты, мыла, изделия из стекла, глины, косметические и парфюмерные изделия, мази, медикаменты, яды, деготь, искусственные украшения, похожие на драгоценности, и многие другие «химические товары». По мере развития феодализма выбор производимых ремесленниками веществ становился все разнообразнее, совершенствовались способы их получения. Однако мы не располагаем точными сведениями о многих из этих веществ, так как в сохранившихся до нашего времени источниках есть немало пробелов, а манускрипты, написанные арабскими и сирийскими алхимиками, почти не поддаются расшифровке.

Наибольший прогресс в средние века наблюдался в производстве стекла. В это время были разработаны и построены многоэтажные печи с особыми камерами, что позволяло лучше регулировать температуру в таких печах. Дамаск (как позже Венеция) был центром ремесленных знаний; он прославился не только производством разнообразного стекла, но и керамики, эмали, глазурей и мозаики. Другие важные химические продукты, которые производились в то время и были широко распространены в различных странах: нашатырь, квасцы, соли аммония, сода, поташ и бура.

От зажигательных смесей до пороха

С 360 г. до н. э. в военных действиях применяли зажигательные смеси. В их состав входили мелко раздробленный уголь, пакля, смола и нефть. Возможно, что уже в морской битве при Кицикосе в 678 г. н. э. византийцы применяли зажигательные смеси, в состав которых входила селитра. По мнению Густава Фестера, зажигательные смеси могли содержать негашеную известь, которая воспламенялась на поверхности воды. Фестер считал, что смесь, содержащая негашеную известь, называлась «греческим огнем» [13, с. 41 и сл.].

В «Огненной книге» Марка Грека, написанной в 1250 г. в Константинополе, указывалось, что в состав «греческого огня» входили смола, сера, нефть, масла и поваренная соль. Рукописные копии этого труда содержат рецепты изготовления пороха из 6 частей селитры, 2 частей угля, 1 части серы. Однако эти копии появились позже 1250 г.

В середине XIII в. появились труды (например, Ибн аби Узайбиа и Ибн Бейтара), где описывались свойства нового соединения — селитры и ее охлаждающее действие. В конце XIII в. увидела свет прекрасная книга Хасана ар-Раммайя с описаниями многих способов грубой и тонкой очистки природной селитры при действии на нее зольного щелока с последующей перекристаллизацией образовавшегося продукта. В книге содержатся также рецепты зажигательных смесей и пиротехнических составов для так называемых «китайских стрел» или «китайских огненных копий». Эти названия в определенном смысле справедливы, так как порох был открыт в Китае и рецепты его изготовления попали через Индию и арабские государства в Европу.

В книге по военному искусству арабского ученого Шемседина Мохаммеда, который жил в конце XIII— начале XIV вв., описаны способы использования пороха для стрельбы. Вначале в дуло орудия засыпался «пороховой заряд», а поверх него — слой «орехов» (вероятно, свинцовых шариков). При воспламенении пороха образующиеся газы с силой выбрасывали «орехи» из ствола пушки. Использование такого орудия создало предпосылки очень быстрого развития артиллерии в Средней Европе.

Изобретение пороха и применение его в военных целях способствовало совершенствованию вооружения (привело к появлению пушек и ружей). Это стимулировало возникновение новых химических ремесел: приготовление селитры и пороха. Распространение этих ремесел оказало большое влияние на совершенствование естественнонаучных знаний, философских систем и даже развитие цивилизации.

Альберт Великий и Роджер Бэкон, вероятно, уже знали о порохе. В 1258 г. жители Кельна впервые в Европе исполь-

зовали зажигательные составы. В Фрайбурге, где долгое время жил монах Бертольд Шварц — европейский изобретатель пороха, в 1300 г. была отлита первая пушка. В то время «выстрел из ружья» был еще сенсацией. Но в XIV в. ружья и пушки начали изготавливать в различных европейских странах. Первые пороховые заводы возникли в Аугсбурге в 1340 г., в Лигнице в 1344 г., в Шпандау в 1348 г. [13, с. 82].

Селитра сначала импортировалась в европейские страны. Венеция, через которую селитра попадала в Европу, имела большие прибыли от этой торговли. Однако уже в XV в. из-за растущего спроса на селитру и ее важного значения для укрепления обороны многие европейские государства организовали производство селитры из местного сырья. Поставщики селитры получали привилегии от властей. Об этом свидетельствуют, например, распоряжения архиепископа Магдебургского Гюнтера (1419 г.), решения городского совета Франкфурта (1583 г.) и указы Бранденбургского курфюрста Иоганна Георга (1583 г.).

Фестер писал, что в Тюрингии в XVI в. было уже девять селитроварен; недалеко от Праги было открыто месторождение селитры, а магистрат Галле в 1544 г. дал на откуп ремесленникам выработку селитры из городских отходов [13, с. 81 и сл.].

Военное значение огнестрельного оружия росло вместе с его распространением по всему миру. Для растущего производства оружия требовалось все больше механиков, техников, специалистов по химии и физике. Увеличивалась и потребность в порохе, металле для пушек и ружей, в орудийных лафетах и другом воинском снаряжении и оборудовании. По сравнению с катапультами — машинами для метания камней — и разнообразными стенобитными устройствами огнестрельные орудия обладали большей разрушительной и убойной силой, значительной дальностью стрельбы и высокой мобильностью. Оглушительный шум и устрашающее действие огня, сопровождавшие применение огнестрельного оружия, сильно ослабляли сопротивление противника, особенно если он был вооружен лишь стрелами, луками, самострелами, копьями и мечами.

Применение огнестрельного оружия оказало «такое громадное влияние на совершенствование военной техники, которое можно сравнить лишь с влиянием на развитие человечества использования железа, начавшееся примерно за три тысячелетия до этого» [13]. С помощью огнестрельного оружия были покорены моря и континенты, разрушены цивилизации, уничтожены или поработаны целые народы. Научившись пользоваться огнестрельным оружием, человек подчинил себе могучие силы природы. Однако в своем морально-этическом развитии он еще не поднялся до того уровня, когда смог бы управлять этими силами разумно и гуманно. В те



Добыча селитры в XVI в. А, В — варочное отделение выщелачивания земель и выпарки раствора селитры; С — установка для «созревания» различных видов селитры.

времена ничего не значило предостережение о пагубных последствиях использования научных знаний в целях разрушений и войн. Знания нередко были неуправляемой силой.

Дж. Бернал считал, что изобретение пороха оказало еще большее влияние на развитие науки, чем на совершенствование военной техники. «Порох и пушки взорвали не только экономические и политические отношения мира средневековья, — писал Бернал, — они также стали важнейшими факторами, которые разрушили средневековое мировоззрение». По мнению Дж. Мэйоу, «селитра произвела такой же шум в философии, как и на полях сражений» [54, с. 244 и сл.].

Селитра оказалась также веществом, очень важным для химических ремесел. Изготовление селитры требовало коренного совершенствования методов разделения и очистки солей; особо важную роль в этом играли процессы растворения и кристаллизации. Появление огня при горении пороха и без доступа воздуха натолкнуло средневековых ученых на новые представления о процессах горения. Складывалось мнение, что селитра содержит «воздух», необходимый для горения. Изучение «селитряного воздуха» сыграло впоследствии громадную роль в разработке важных положений химической науки.



Титульный лист книги «О пиротехнике» Бирингуччо (1540 г.).

Совершенствование артиллерийской техники, необходимость прицельного огня орудий и изучение движения снарядов привели к возникновению баллистики как науки. Литейное «искусство» в XIII—XIV вв. уже было достаточно развито (широкое распространение в это время получила отливка церковных колоколов). Новый стимул для улучшения технологии литья металлов появился после изобретения пушек. Требовалось создание специальных сплавов для орудийных стволов и качественных методов обработки металлов (сверления, полировки и т. п.). Это способствовало развитию химических знаний и технического мастерства литейщиков. Для сверления металлов применялись конная тяга или водяные колеса (чтобы приводить сверла в движение) [55].

Растущий спрос на селитру до конца XVIII в. удовлет-



Добыча селитры (из книги Л. Эркера, 1574 г.) ... В — выпаривание раствора селитры; ... F—G — кристаллизация селитры из растворов.

ворялся главным образом импортом (прежде всего из Индии) и в меньшей степени благодаря собственным источникам. С XVII в. интенсивные и систематические поиски селитры в Европе привели к организации искусственных «месторождений» селитры. Создавались «селитряные сады», или «плантации». Делалось это так. Продукты жизнедеятельности (навоз, кал, кровь) и останки животных смешивались с известковыми почвами, землей кладбищ, захоронений, отходов скотобоев, с донными отложениями прудов, болотной жижей. Туда же добавляли известь, мусор, золу, отходы мыловарения. Затем эта смесь засыпалась в ямы либо закладывалась послойно в кучи и заливалась мочой или навозной жижей. За счет процессов разложения в течение 1—2 лет в этих ямах или кучах образовывалась селитра. Выход составлял примерно 1 к 6, т. е. из 6 кг «селитряной земли» получался 1 кг селитры.

Само собой разумеется, что правители государств были крайне заинтересованы в производстве селитры. В Швеции, например, крестьяне даже налоги должны были частично выплачивать селитрой. В Швейцарии селитру производили пастбищные хозяйства и даже монастыри ордена иоаннитов*.

* Иоанниты (госпитальеры)— члены духовно-рыцарского ордена, основанного в Иерусалиме крестоносцами в XII в. С конца XIII в. обосновались в Европе; центр — вначале на о. Мальта, с 1854 г. — в Риме.— *Прим. перев.*



Помещение для определения качества селитры в селитроварне (из книги Л. Эркера, 1574 г.). А — выщелачивание «селитряной земли»; ... С — весы; ... F — выпаривание пробы с помощью свечи.

Однако наиболее развито производство селитры было во Франции и Саксонии.

Французское правительство в XVIII в. вознаграждало всех, кто занимался производством селитры. В 1777 г. во Франции было издано специальное руководство по получению селитры. Знаменитому химику Антуану Лорану Лавуазье было поручено осуществлять надзор за производством селитры — факт, который указывает на то, что к этому времени установились достаточно прочные связи между наукой и производством.

История производства селитры показывает, что уже с 1300 г. химические знания были достаточны для изготовления в больших количествах пороха и азотной кислоты — веществ, очень важных для развития цивилизации. В дальнейшем значительно усовершенствовались способы и резко вырос объем производства селитры. Однако коренные технологические изменения этих и других важных промышленных процессов были осуществлены лишь в XIX в.

Обогащенные селитрой земли выщелачивали (нередко с добавлением золы, поташа или сульфата калия). Затем раствор упаривали в железных или медных котлах. Туда же добавляли щелочь, уксус или винный камень для предотвращения образования накипи. Когда раствор достигал определенной концентрации, его переливали в медные или деревянные чаны, где селитра выкристаллизовывалась. Ее перекристаллизовывали до определенной степени чистоты (иногда несколько раз), обесцвечивали с помощью угля и квасцов и очищали от

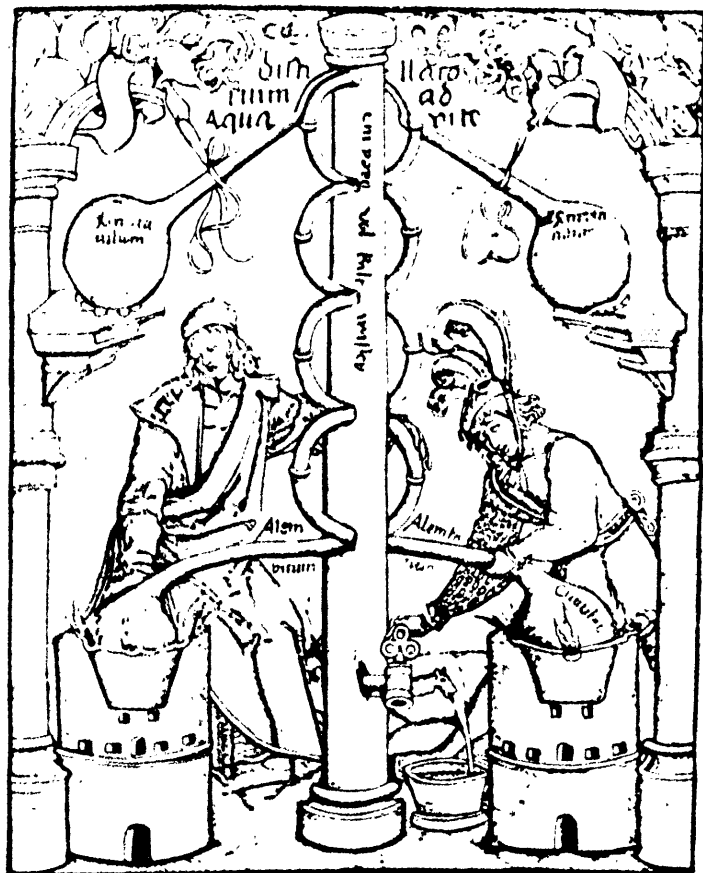
примесей поваренной соли промыванием холодной воды. Пороховые заводы предъявляли высокие требования к чистоте селитры [13, с. 83 и сл.].

Перегонка спирта

Другим веществом, которое оказало значительное влияние на развитие цивилизации, был этиловый спирт. В чистом виде спирт был получен в то же время, что и селитра, хотя спиртные напитки были известны уже в течение тысячелетий. Чистый этиловый спирт удалось получить благодаря совершенствованию химического экспериментального метода (применение водяного охлаждения при перегонке) и углублению знания о химических процессах [56].

Простейшие виды перегонки были известны еще в древности. Однако они были настолько несовершенны, что не позволяли получать из вина и пива даже такой легко кипящий продукт, как этиловый спирт. Но, кроме того, в глубокой древности перегонку проводили отнюдь не для получения спирта, хотя уже в эпоху античности знали, что при нагревании крепких вин из них выделяется пар, который может гореть. С помощью перегонки в древности получали главным образом масла: розовое, скипидар и др. В XIII в. Шемседдин Абу Абдулла Мохаммед написал сочинение «Космография», где приводил описание процессов перегонки и соответствующих аппаратов. Так, для получения розового масла в печь помещались несколько колб, соединенных друг с другом, заполненных водой и лепестками роз. Дистиллят улавливался в специальных сосудах — приемниках. «Розовая вода» (раствор розового масла) была одним из самых ценных товаров в торговле между странами от Ближнего и Среднего Востока до Китая [13, с. 44].

Проведение перегонки спирта сильно зависело от техники охлаждения [57]. Согласно описаниям установок для перегонки, составленным в Падуе в XV в., котел устанавливался в подвальный этаж здания, а приемник помещался над перекрытием первого этажа [58]. Постепенно совершенствовалась аппаратура для охлаждения. Например, приемник опускали в резервуар с водой. В других аппаратах внутри вертикальной трубки, по которой шел пар, устанавливали губку либо трубку делали витой и пропускали ее через воду. (Охлаждение противоточным методом стало применяться лишь в XVIII в. До этого вообще охлаждение проточной водой использовалось редко. Лишь в XIX в. перегонка стала распространенным методом химии.) И даже эта примитивная техника соответствовала требованиям, необходимым для перегонки этилового спирта. Сначала он применялся как лечебное средство. Во время эпидемий чумы в средневековой Европе этиловый

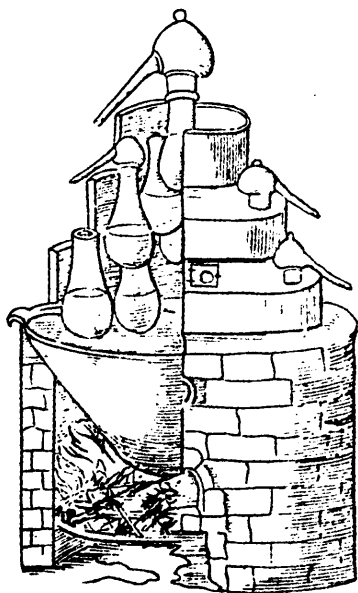


Аппарат для перегонки спирта (из книги Г. Бруншвига «Книга о способах перегонки», 1500 г.).

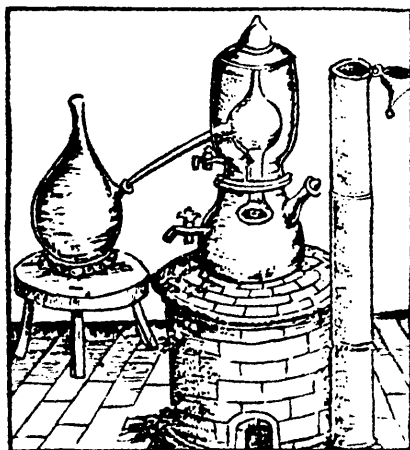
спирт использовали как «живую воду». Его пили чистым или в составе ликеров. Уже в XIV в., кроме вина, люди употребляли этиловый спирт, полученный при переработке зернобобовых культур. Картофель для получения этилового спирта стали использовать лишь в XIX в.

Алкоголизм и война издавна шли рука об руку: «водка ведет к пороху». «Огненная вода» и «ружейный гром» нередко вместе несли, так сказать, «цивилизаторскую миссию» населению стран, которые завоевывали европейцы. Приобретение острова Манхэттен* — типичный тому пример. В 1626 г.

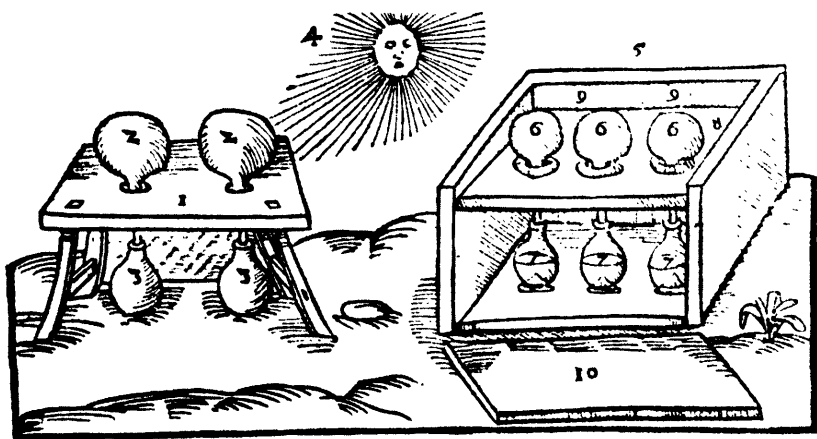
* Остров Манхэттен — ныне центр Нью-Йорка. — Прим. перев.



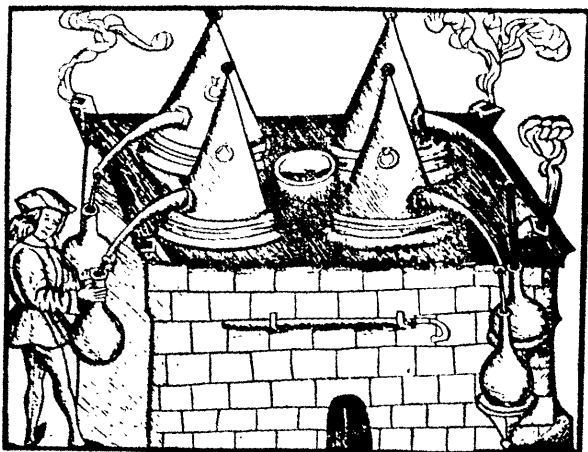
Перегонка при нагревании водяным паром (средние века).



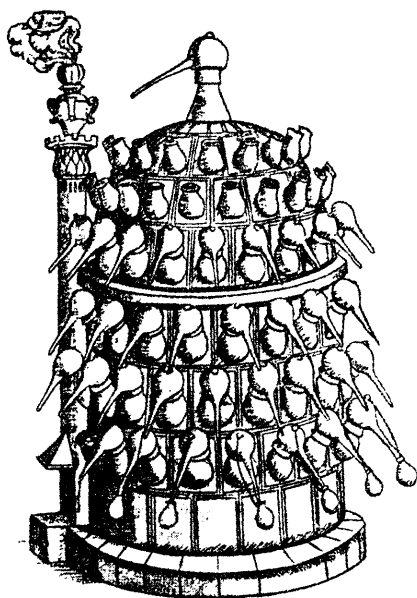
Перегонка с водяным охлаждением (из книги Г. Бруншвига, 1500 г.). Шлемообразная насадка для отвода паров находится в сосуде, наполненном водой.



Перегонка с использованием солнечного тепла (по А. Либавику).



Перегонка с использованием насадок-«колпаков», часто применяемая при получении лекарственных препаратов из «растительных веществ».



Аппарат для перегонки больших количеств лекарственных препаратов (XVI в.), состоящий из глиняных сосудов со стеклянными насадками.

голландцы «купили» эту землю у индейцев за три бочки рома. («Манхэттен» переводится как «место, где мы напились допьяна».)

Согласно мнению Бернала, производство этилового спирта «способствовало возникновению первой отрасли промышленности, созданной на научной основе». Процессы перегонки и сегодня являются фундаментом химической промышленности [54, с. 245 и сл.]. И в самом деле, перегонка оказалась первым усовершенствованным химическим методом, который заметно стимулировал развитие химической теории и практики.

По закону расширения проблематики возможность получения этилового спирта перегонкой привлекала внимание ученых к этому интересному химическому методу и натолкнула их на следующую мысль: нельзя ли получить с помощью этого метода и другие летучие вещества? Таким образом удалось получить эфир и некоторые эфирные масла — лавандовое, можжевельное, коричное, гвоздичное, анисовое из розмарина, полыни, тимьяна, мяты, шалфея, ромашки, тмина, перца, кожуры лимонов и апельсинов. Другие вещества — скипидар, канифоль, янтарное масло, бензойная кислота — были получены сухой перегонкой смол.

Вместе с началом книгопечатания стало появляться все больше книг, посвященных описанию способов перегонки.

Минеральные кислоты

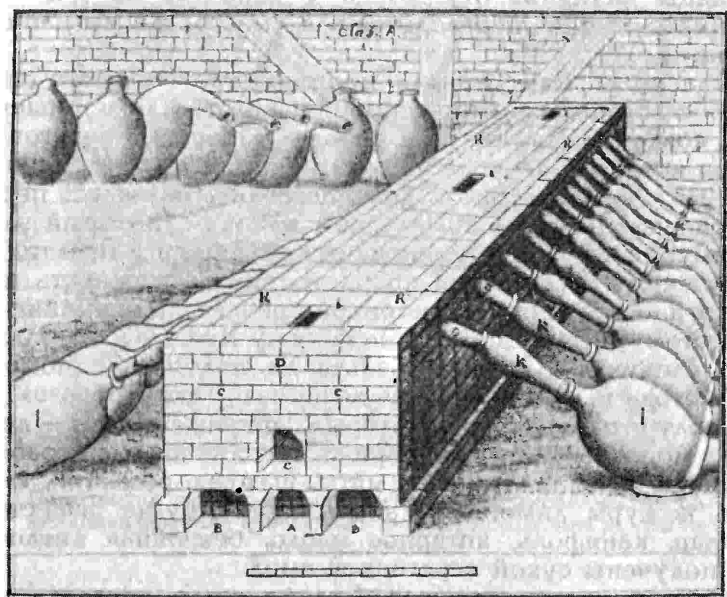
Третье большое достижение химии XIII в. — получение минеральных (неорганических) кислот. Первые упоминания о серной и азотной кислотах встречаются в византийской рукописи XIII в. [13, с. 75].

Еще в древности было замечено, что при нагревании квасцов или купороса выделяются «кислые пары». Однако получение серной кислоты было впервые освоено лишь в конце XIII в. В книгах Гебера* излагается опыт получения серной и соляной кислот, а также царской водки [59].

Серная кислота долгое время применялась лишь как реактив в лабораториях, а со второй половины XVIII в. ее использовали в ремесленной практике — вначале при окраске веществ, а затем также для отбеливания. В 1744 г. саксонский горный советник Барт из Фрейберга открыл процесс сульфирования индиго** и впервые применил его для окраски шерсти. В связи с этим спрос на серную кислоту непрерывно увеличивался и появились рациональные способы ее производства. И. Х. Бернхардт и Х. И. Кёлер организовали несколько

* Псевдо-Джабира (см. выше). — *Прим. перев.*

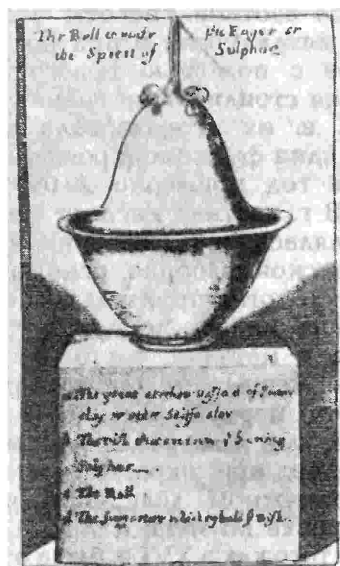
** При этом образуется индигокармин — синий краситель для шерсти. — *Прим. перев.*



Получение серной кислоты при перегонке купороса; впервые описано и иллюстрировано Иоганном Христианом Бернхардом.

ко сернокислотных заводов, главным образом в Саксонии. Эти предприятия поставляли серную кислоту во Франкфурт, Бремен, Нюрнберг, а также за пределы Германии. В конце XVIII в. только в Рудных горах работало 30 сернокислотных заводов. Почти одновременно такие же заводы появились в Богемии и Гарце. Наиболее крупные предприятия, производившие серную кислоту, принадлежали фабриканту Иоганну Давиду Штарку из Пльзеня. Штарк — опытный специалист по хлопковому волокну — впервые понял важное значение серной кислоты как вспомогательного материала при отбеливании хлопка [13, с. 140 и сл.].

Бурное развитие текстильных фабрик в эпоху промышленной революции, осуществлявшееся благодаря созданию ткацких и прядильных станков, стало возможным лишь в связи с применением новых химических эффективных методов отбеливания и окраски тканей. Первая английская фабрика серной кислоты была создана в Ричмонде (около Лондона) д-ром Вардом в 1736 г. На ней в 50 стеклянных сосудах изготовлялось около 200 л серной кислоты в сутки. Спустя 10 лет (в 1746 г.) Рёбук и Гарбет значительно усовершенствовали это производство: вместо стеклянных баллонов они



Получение серной кислоты в 1760 г. сжиганием серы в присутствии селитры. В 1800 г. стеклянные баллоны заменили свинцовыми камерами.

стали применять свинцовые камеры. Фестер сообщал, что на некоторых сернокислотных заводах действовало в то время до 360 свинцовых камер. Только в Глазго и Бирмингеме в конце XVIII в. работало уже восемь таких предприятий.

В 1750 г. Хоум из Эдинбурга установил, что серная кислота может применяться как заменитель кислого молока для подкисления при отбеливании льняных холстов и хлопка. Применять серную кислоту было выгоднее, чем кислое молоко. Во-первых, серная кислота стоила дешевле, а во-вторых, отбеливание с помощью серной кислоты позволило сократить продолжительность процесса от 2—3 недель до 12 ч.

В отличие от серной кислоты азотная кислота значительно раньше стала применяться в ремесленной практике. Она была ценным продуктом, широко используемым в металлургии благородных металлов. В Венеции — одном из крупнейших культурных и научных центров эпохи Возрождения — азотная кислота применялась еще в XV в. для выделения золота и серебра [60, с. 31]. Вскоре другие страны, такие, как Франция, Германия и Англия, последовали этому примеру. Это стало возможным благодаря тому, что величайшие технологи эпохи Возрождения — Бирингуччо [61], Агрикола [62] и Эркер [63] — описали способы получения азотной кислоты. Согласно этому описанию, селитру вместе с квасцами или купоросом помещали в глиняные колбы, которые затем рядами устанавливали в печи и нагревали. «Кислые» пары конденсировались в специальных приемниках. Подобный способ произ-

водства азотной кислоты часто применялся затем в горном деле, металлургии и при получении других химических продуктов с помощью перегонки. Однако установки для перегонки стоили в то время очень дорого, поэтому вплоть до XVIII в. их использовали для иных целей. В XVIII в. в Голландии функционировала громадная фабрика, производившая в год примерно 20 000 фунтов азотной кислоты [64]. С 1788 г. азотная кислота наряду с другими продуктами изготовлялась и в Баварии (в местечке Марктредвиц) на химической фабрике, основанной Фикенчером.

Технология производства азотной кислоты существенно не менялась вплоть до конца XVIII в. Реторты изготовляли из стекла и металла, часто покрытого эмалью. В специальную печь помещали от 24 до 40 реторт сразу. Различали азотную кислоту первой, второй и третьей степени крепости. Ее применяли для различных целей: выделения благородных металлов, при окраске кошенилью, для обработки латуни, в скорняжном деле, при изготовлении головных уборов, гравировке по меди и т. п. [13, с. 144 и сл.].

До того как в XVI в. была открыта соляная кислота, царскую водку* получали, растворяя нашатырь в азотной кислоте. С помощью азотной кислоты и царской водки удавалось добиться довольно высокой степени извлечения благородных металлов из руд. Это явление алхимики использовали как «доказательство» осуществления трансмутаций. Они объясняли повышение выхода благородных металлов тем, что в результате трансмутации якобы появляется новое вещество — серебро или золото. Сложившаяся в эпоху Возрождения «экспериментальная философия» также придавала особое значение «крепкой водке»; некоторые химические процессы, которые осуществлялись с использованием этого соединения, подтверждали атомистические представления.

О соляной кислоте упоминали еще Либавий [65, 66] и Василий Валентин [67]. Однако первое подробное описание химических процессов получения соляной кислоты оставил лишь Глаубер [68]. Соляную кислоту получали из поваренной соли и купороса. Хотя Глаубер писал о возможности разнообразных областей применения соляной кислоты (в частности как приправы к еде), спрос на нее долгое время был невелик. Он значительно вырос лишь после того, как химики разработали методику отбеливания тканей с помощью хлора. Кроме этого, соляную кислоту использовали для получения желатина и клея из костей и для производства берлинской лазури.

* Позднее «царской водкой» стали называть смесь концентрированных соляной и азотной кислот.— *Прим. перев.*



Агрикола (способствовал применению химии в горном деле и металлургии).*

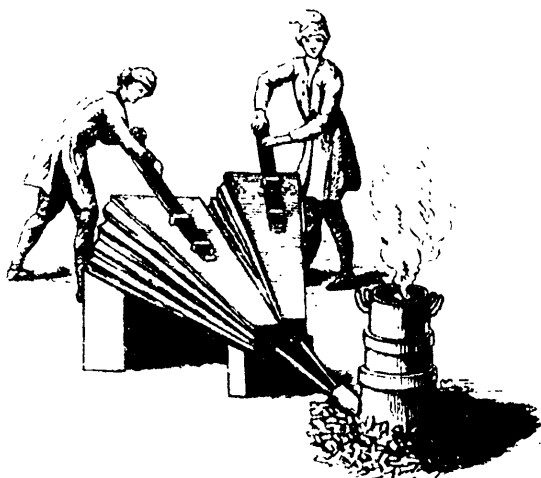
Традиции и новые методы

Почти все химические ремесла, известные в античные времена, развивались и в средние века. Хотя масштаб их несколько вырос, а качество продукции несравненно улучшилось, основные методы превращений изменились очень мало. Это наглядно подтверждает сравнение трудов по металлургии, которые появились в XVI в., и аналогичных работ античных авторов. Например, сведения, содержащиеся в книгах Бирингуччо [61] и Агриколы [62], не очень сильно отличались от приводившихся античными авторами. Однако Бирингуччо и Агрикола описали и некоторые процессы, открытые и разработанные лишь в средневековье. Книги, содержащие подобные «литературные находки в технологии», как их называет Г. Хариг, были широко распространены в XVII—XVIII вв. [69].

Металлургия

Благодаря книгопечатанию появилась литература по различным вопросам химической практики. При этом не стоит упускать из виду, что рукописных трудов по вопросам химии

* Агрикола Георг (наст. фамилия Бауэр) (1494—1555)— немецкий химик и врач. Занимался вопросами металлургии и минералогии. Наиболее важное сочинение, обобщившее опыт европейских химиков-технологов и металлургов: «О горном деле и металлургии» (12 книг). Труды Агриколы более двух веков были настольными книгами специалистов по горному делу и металлургии.— *Прим. перев.*



Производство литейного чугуна при переплавке доменного чугуна — процесс плавления.

и химических ремесел даже в раннем средневековье было намного больше, чем принято обычно считать. С появлением книгопечатания издатели стали в первую очередь публиковать материалы из этих рукописных работ. Но при анализе книг Бирингуччо и Агриколы становится ясным, что они представляют собой оригинальные произведения, а не просто набор сведений из рукописей по ремесленной химии.

Вплоть до XVIII в. железо, как и в древности, выплавляли в небольших печах с использованием различного нагрева, а также сыродутного способа. Впервые принципиальные нововведения появились лишь в XIII в. Прежде всего был увеличен размер кузнечных мехов. Для приведения их в действие теперь использовалась не физическая сила человека, а сила воды — через посредство водяных колес. Благодаря увеличению подачи воздуха можно было повысить температуру внутри печей; в результате удавалось полностью расплавлять железо и получать чугун. Появились две новые технологии — получения чугунного литья и производства ковкого железа. До конца XV в. чугун использовался для литья пушек, ядер, изготовления посуды и сооружения печей. Недостаток чугуна по сравнению с крицей состоял в том, что чугун нельзя было ковать. Но в печи для безуглероживания можно было снизить количество углерода в чугуне до такого уровня, что материал поддавался ковке. Большие мехи для подачи воздуха с механическим приводом позволили создать плавильные печи большего размера. Уже в домне высотой 5—6 м можно было проводить непрерывную



Выплавка металла в печах с большими воздушными мехами.

плавку металла. Ковкое железо, получаемое в таких печах, можно было «закалять», вводя в него углерод, который с избытком присутствовал в чугунах.

Усовершенствования в металлургии железа способствовали возникновению капиталистических производственных отношений. Сооружение огромных по тем временам домен, снабженных механизированными мехами, требовало экономических и технических совершенствований, которые значительно превосходили возможности средневековых ремесленников. В начале XVI в. стоимость продукции предприятий по производству ковкого железа составила, например, 13 тыс. гульденов. Переходными формами производственных объединений были мастерские (товарищества), затем финансируемые

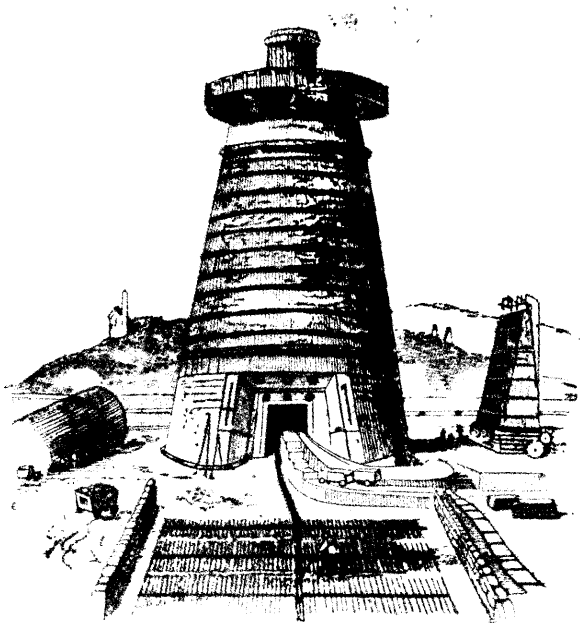
правителями княжеств и государств плавильные заводы и, наконец, капиталистические предприятия [13, с. 63 и сл.].

В XVIII в. появились уже довольно крупные капиталистические предприятия. Многие из них насчитывали 200 и более рабочих. Например, в конце XVIII в. французское правительство купило у некоего Герингье металлургический завод, состоявший из двух доменных печей и 12 печей для поковок. За все это была заплачена внушительная сумма — 2 млн. ливров. По данным Фестера, в 1740 г. в Англии насчитывалось 59 доменных печей, а во Франции в 1789 г. — 202 печи. Их высота достигала от 7 до 20 м. В 1800 г. в Гарце (в Германии) было 22 домны и 35 печей для получения ковкого железа. Как указывал Фестер, в Англии в 1796 г. производилось 125 тыс. т железа; в России в 1786 г. — 85 тыс. т; во Франции в 1789 г. — 69 тыс. т; в Швеции в 1800 г. — 60 тыс. т; в Австро-Венгрии в 1810 г. — 50 тыс. т; в Пруссии в 1789 г. — 15 тыс. т [13, с. 132].

Во второй половине XVIII в. в металлургии произошел подлинный переворот: широко применявшийся ранее древесный уголь был заменен каменноугольным коксом. Это один из примеров, который наглядно показывает, как производство отдельных материалов и развитие важнейших отраслей промышленности и даже всего хозяйства страны тесно связаны с появлением новых видов сырья.

Уже к концу XVII в. для нужд металлургии в Европе были вырублены огромные лесные массивы. Однако от древесного сырья зависела не только металлургия, но и целый ряд других отраслей хозяйства: горное дело; строительство домов и мостов; машиностроение (водяные и ветряные мельницы, ткацкие и прядильные станки); изготовление транспортных средств и мебели; отопление жилищ. Дерево было необходимо и в ремеслах, где использовался огонь (производство стекла, соды, сахара, красок, керамики, фарфора и др.). Передовые люди понимали, к каким катастрофическим последствиям приведет рубка лесов, и пытались этому противодействовать. Однако постоянно растущий спрос на древесину и продукты ее переработки фактически сводил на нет все их усилия. Для Англии эта проблема была особенно актуальной. В 1619 г. Дадлей пытался получить железо с помощью каменного угля. Иоганн Иоахим Бехер проводил подобные опыты в доменной печи [60]. Но лишь в XVIII в. после того, как удалось получить кокс из каменного угля, коксом заменили древесный уголь в доменных печах. Абрахам Дарби начал заниматься этой проблемой в 1713 г., а в 1788 г. в Англии две трети доменных печей уже работали на каменноугольном коксе. (Высота печей достигла в это время 20 м.) В Германии первая домна, где металл выплавляется с помощью кокса, была пущена в 1796 г. в Глейвитце [13, с. 133].

Однако для обезуглероживания чугуна, полученного с



Английская домна для производства чугуна с помощью каменноугольного кокса, построенная около 1800 г. Получаемое при высоких температурах железо вытекает из печи в жидком состоянии. Оно содержит много углерода, т.е. как кричное железо, и может сразу же или после небольшой переплавки превращаться в чугун.

помощью кокса, все же требовалось определенное количество древесного угля. Многие химики и металлурги пытались избавиться от этого недостатка технологии использования кокса. Первый патент на новый металлургический процесс — пудлингование (от английского слова *puddle* — перемешивать) — был выдан в Англии в 1766 г., а в 1784 г. Корт и Парнелл провели исследования, позволившие успешно внедрить пудлингование в практику, что способствовало быстрому развитию металлургии в Южном Уэльсе. При пудлинговании избыток углерода удаляли из чугуна следующим образом: чугун, получаемый в доменной печи, перемешивали железными крючьями и таким образом обеспечивали лучший доступ к металлу кислорода атмосферного воздуха. Новое значительное улучшение технологии в металлургии было осуществлено в 1850-х годах (открытия Бессемера, Сименса и Мартена) и в 1870-х годах (изобретение Томаса).

Замена древесного угля каменным позволила не только решить сырьевую проблему, но и повысить количество и качество выплавляемого металла. Значительные изменения произошли и в размещении металлургических заводов. Теперь их строили вблизи месторождений каменного угля, а не в лесных районах, как раньше. А после изобретения паровых машин металлургические заводы можно было строить не только вблизи рек, поскольку использование силы воды как источника механической энергии потеряло свое значение. Все это позволило значительно расширить возможности выбора мест для сооружения металлургических предприятий.

Применение каменного и бурого угля вместо древесного способствовало прогрессу и в других отраслях промышленности, где широко использовалось нагревание различных веществ. Это привело к значительным количественным и качественным изменениям во многих отраслях промышленности XIX в. Прежде всего это металлургия других металлов, кроме железа и чугуна.

Первые упоминания о добыче меди и серебра из руд в Европе относятся к IX в. В Венгрии, Богемии, Саксонии, Гарце, Эльзасе, Швеции задолго до открытия Америки разрабатывались значительные месторождения меди, серебра, олова, золота, висмута, сурьмы, мышьяка, кобальта.

Бирингуччо, Агрикола, Лазарь Эркер в своих трудах описывали важнейшие способы добычи металлов и их соединений. Практически невозможно привести здесь все разработанные ими методы. Ограничимся лишь указанием некоторых принципиально новых процессов получения металлов.

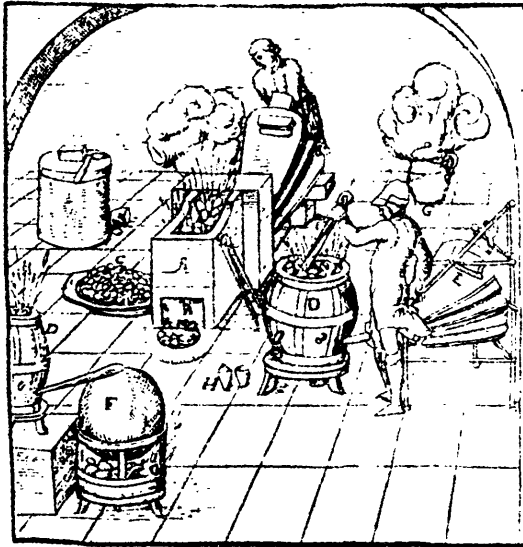
В XIII—XIV вв. в металлургии меди стал широко применяться процесс цементации, известный в Венеции еще с XII в. В XVI в. начал использоваться процесс амальгамирования, с помощью которого можно было особенно успешно обрабатывать руды, содержащие сульфиды. Для совершенствования процесса получения золота и серебра большое значение имело применение азотной кислоты [70].

Добыча олова была особенно распространена в Англии. Но уже в XII в. олово, добывавшееся из месторождений в Рудных горах, широко применялось в Центральной Европе для изготовления посуды [71].

Месторождения цинка были известны давно, сульфат цинка стал предметом торговли еще с XIV в. Однако интенсивная добыча цинковых руд и получение цинка в промышленных масштабах начались лишь в XVIII в.

Важнейшие месторождения ртути находились в Испании. Но уже в конце XV в. ртуть добывали и в Центральной Европе: в рудниках Крайны, Богемии и Рейн-Пфальца. Только в XVI в. были открыты знаменитые перуанские месторождения ртути [72].

Das Klein schmeltz ist allein / darinn die Kupffertze
auff Kupffte vnd stein verfuhr worden A das sonne
chen darinn mit dem R das gepuht: drey C die ofen
lein darinn die Kupffertze Probuht werden D Blaz /
palg L eine Kupffertze faget darinn was in ist / wurde
obers Feuer geizet vnd an flut eines Ziaffpels
gebraucht F der roff darinn der flöz gemacht wurde G
die Probuht steigt H



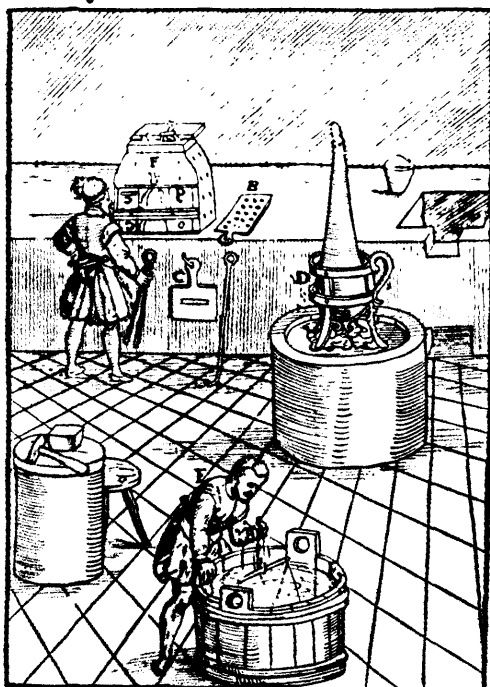
Cc iii Kupff auff

Пробирная лаборатория, в которой определялось содержание меди в медной руде.

Добыча сурьмы значительно увеличилась после того, как Парацельс стал пропагандировать многочисленные препараты, содержащие соединения сурьмы, как эффективные лекарства. Кроме того, сурьма служила добавкой к другим металлам, например при литье колоколов. Для получения сурьмы применяли те же процессы, что и для выделения висмута. Висмут использовали в сплаве с оловом. Желтый оксид висмута известен как краситель. Процессы, применявшиеся при выделении висмута, например так называемое гранулирование, использовали позднее и при получении голубого кобальтового стекла, смальт и голубых красок. Последние получили широкое распространение при изготовлении фаянса и подсинивании бумаги.

Das ander Buch/

Ein Probierofen darfür ein Probier probiert A. das erffene Blech/darauff die Proben gegossen werden B. das hölzern Instrument / durch welches spalt man in Ofen sieht das das steyr dem geliche nit schaden thu C. ein schachtelbleim zur Goldprob auff einem füßlein stehend D. der das glühig Silber im wasser seiget.



Volger

Пробирная лаборатория, в которой исследовалось содержание золота и серебра в рудах.

Мышьяк, начиная с XVI в., получали на саксонских и богемских металлургических заводах как побочный продукт. Он экспортировался в Венецию, где применялся в качестве яда, а также в стекольном производстве.

Издавна главным поставщиком серы была Италия. Лишь в XVI в. Кристоф Сандер организовал в Раммельсберге предприятие по добыче серы из серного колчедана [71, 72].

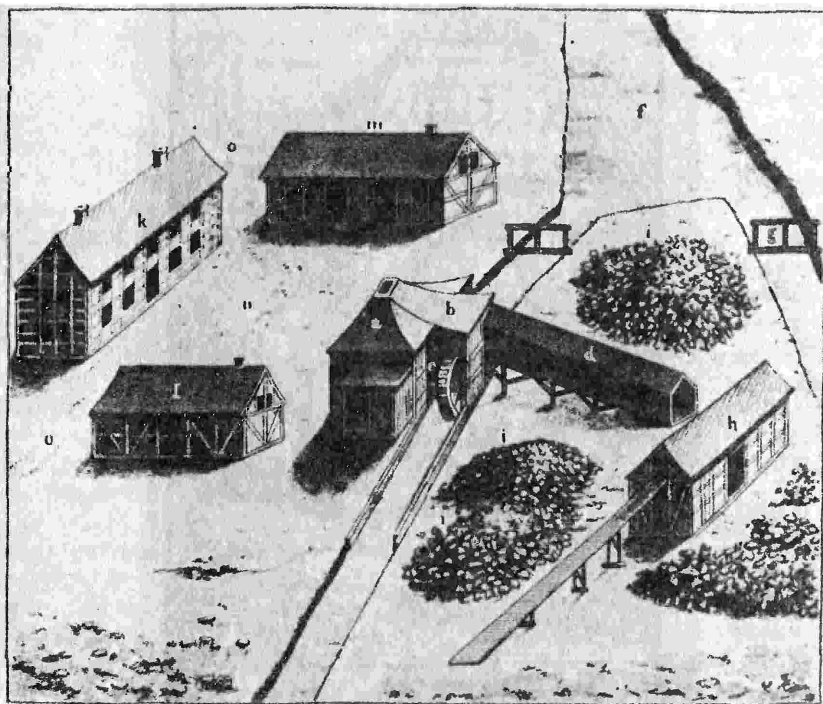
Коренные изменения в экономике, которые произошли в Европе в XVI—XVII вв. после открытия Нового Света, отразились прежде всего на металлургии благородных металлов. С 1493 по 1520 г. в Германии и Венгрии было добыто 980 т серебра, т. е. около трех четвертей всего объема мировой добычи за это время. Но уже с 1601 по 1620 г. в



Выплавка и «высадка» олова.

Германии и Венгрии добыли только 428 т серебра, а в Америке (главным образом в Боливии)— 7800 т. С 1781 по 1800 г. Америка (в основном Мексика) поставила на европейский рынок 16 000 т серебра, т.е. в 16 раз больше, чем Германия и Венгрия вместе. Подобным же образом дело обстояло и с добычей золота: с 1781 по 1800 г. в Африке и Австро-Венгрии (приблизительно в равной пропорции) было добыто 55,6 т золота, тогда как в Америке (в основном в Бразилии)— 284 т [13, с. 134].

В XVIII в. добыча меди, как и многих других металлов, значительно увеличилась. Например, в начале XVIII в. добывалось в год до 100 т меди, а в конце века — 800 т. В Англии годовая добыча меди в конце XVIII в. по сравнению с началом века увеличилась с 500 — 1000 до 8000 т. Такое рез-



Немецкий металлургический завод с относительно низкой домной (ок. 1757 г.). а — домна; b — помещение для колошника доменной печи; с — домик, в котором находятся мехи для подачи воздуха; d — мост для подачи руды и угля к колошнику доменной печи; ... f — пруд; ... h — хранилище для угля; i — площадки для хранения руды; k — жилой шестикомнатный дом; l — конюшня с комнатой; m — пивная и помещение для отдыха работающих; n — двор; o — подъезд.

кое увеличение было обусловлено главным образом применением каменного угля и пламенных печей, которые в Англии стали использоваться с 1698 г. В этих печах выплавляли также свинец и олово. Для выработки металлической сурьмы пламенные печи стали использоваться лишь с начала XIX в.

Во второй половине XVIII в. благодаря совершенствованию аналитических методов исследования были открыты следующие металлы: вольфрам, молибден, марганец, а также (в виде оксидов) были обнаружены в природе и изучены кобальт, никель, хром, уран, иттрий, титан и цирконий. Соединения кобальта и никеля стали использоваться в промышленном производстве лишь в XIX в. Никель сплавлялся с медью и оловом. Оксиды кобальта в

XIX в. применялись как красители. Особенно ценилась смальта, которая производилась в Богемии, Саксонии, Гарце и во многих других государствах. Она использовалась как краска для живописи, а также для окрашивания в синий цвет стекол и керамических изделий, для получения искусственных драгоценных камней, подсинивания белья и бумаги. Основными потребителями смальты были Голландия и Франция.

Таким образом, с XIII по XVIII в. в развитии металлургии отчетливо прослеживаются две фазы наивысшего развития знаний — в начале и в конце этого исторического периода: в начале произошло количественное увеличение производства железа, добычи меди и серебра, в конце — совершенствование представлений о химических превращениях и технических средств, используемых в химических ремеслах.

Стекло, керамика, фарфор

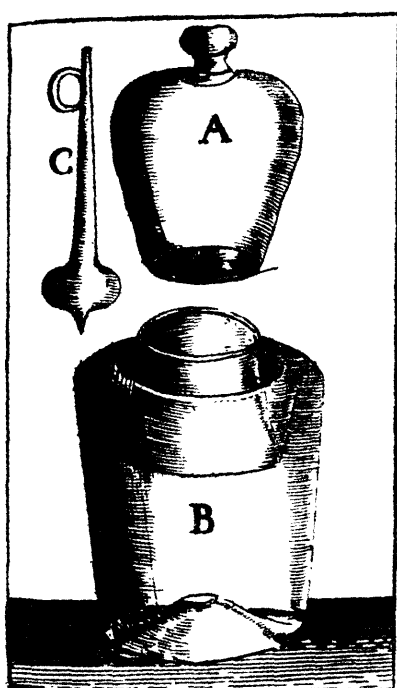
Фазы наивысшего развития в это время наступили и в других областях производства. Конечно, это не означает, что интенсивно развивались все ремесла и отрасли производства: одни из них, напротив, приходили в упадок — зато одновременно возникали новые; одни прекращали существование — зато другие переживали подъем. Значительное развитие способов обработки веществ в некоторых ремеслах оказало определяющее влияние на совершенствование тесно связанных с ними других областей ремесленной практики. При этом между двумя указанными фазами наивысшего развития отдельные химические отрасли переживали застой. Этому способствовали многие факторы, в частности удлинение торговых путей в результате открытия Америки, уменьшение объема химической продукции ряда стран из-за ее более дешевого импорта (например, серебра и золота), снижение производства некоторых химических товаров в Европе вследствие более высокого качества веществ, ввозимых из заморских стран. Например, так произошло с разведением краппа для получения красителей. И тем не менее нельзя считать, что во время позднего средневековья и в эпоху Возрождения все химические ремесла пришли в упадок. Довольно много отраслей именно в это время переживали период бурного развития. Наиболее ярким примером является производство стекла. Резкий подъем в стеклоделии наблюдался уже в XIII в. Первым и вначале важнейшим центром производства стекла в Европе была Венеция, а точнее находящийся рядом с ней остров Мурано. (Власти Венеции приказывали стеклодувам селиться именно на острове из-за опасности пожаров. Примеру Венеции пос-

ледовали и другие города, которые не разрешали «огненных дел» мастерам работать в черте города.)

Важнейшими изделиями стеклодувов были цветные стекла для церковных витражей, оконное стекло, зеркала, линзы для оптических приборов и стеклянные «жемчужины», поставляемые Венецией во многие европейские государства, в страны Ближнего Востока и даже в Китай. Венеция владела монополией на производство многих видов стекла. Прежде всего это относится к зеркалам. Мастера-стеклоделы не имели права уезжать из города. Ослушники подвергались смертной казни. И все же эти запреты удавалось преодолеть. В XVII в. во Франции, Богемии, Англии появились предприятия по производству стекла, способные соперничать с венецианскими. С этого времени начался новый мощный подъем стеклоделия. Во второй трети XVII в. во Франции начали производить высококачественные стекла и зеркала после того, как Неу в Турвилле (близ Шербура) освоил процесс отливки зеркал. В Лотарингии было налажено производство цветных листовых стекол. В 1670 г. в Англии появились стекольные фабрики в Ламбете, а в Германии в 1695 г. — в Нойштадте на реке Доссе. В конце XVII в. (в 1692 г.) в Богемии действовали свыше 70 стекольных заводов, на которых в общей сложности было занято 5000 рабочих, из них 1000 стекольных мастеров, 1800 шлифовальщиков стекла и 400 резчиков по камню. Появились и новые типы печей, в частности печи для отжига, для вытягивания стекла, для прокаливания и для кальцинирования стекольной массы. К 1696 г. в Англии работало около 90 стекольных заводов, которые производили бутылочное стекло, стекло без свинца (кронглас), силикатное стекло, зеркала, оконное стекло [13, с. 174 и сл.].

В качестве сырья для производства стекла использовались песок, кварц, гравий, стеклянные осколки и зола водорослей либо дубов и буков. Дерево или древесный уголь и печи, о которых мы упоминали, были важнейшими «средствами труда». Для окрашивания к стекольной массе добавляли марганец, железо, медь, соединения золота, кадмий, оксиды железа, меди, свинца, кобальта, олова, а также винный камень, уголь, серебро, золото.

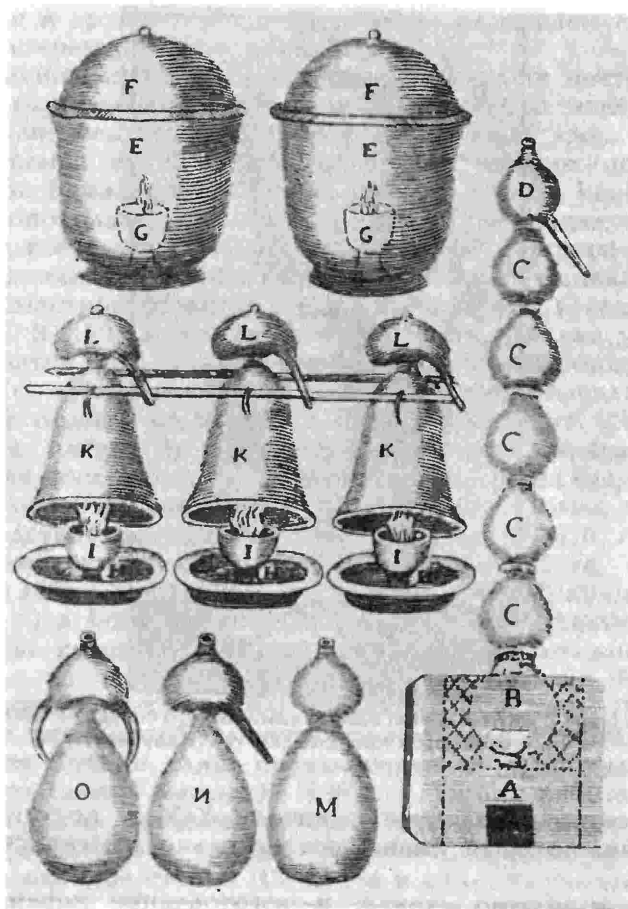
Проблемами, связанными с производством стекла, много занимались такие химики, как Глаубер, Тахений, Кункель. Последний нашел также «способ получения рубинового стекла, окрашенного золотом» [73]. Предложения Глаубера по улучшению конструкции печи для изготовления стекла и проведенные Кункелем исследования состава стекла значительно способствовали развитию этих химических ремесел. После внедрения в качестве топлива каменного угля и открытия Лебланом способа получения соды технология



Указание к изготовлению нового химического сосуда — склянки с притертой пробкой (по И. Р. Глауберу).

изготовления стекла уже к началу XIX в. достигла такого уровня, который лишь незначительно изменился вплоть до XX в.

И производство стекла, и изготовление керамики получили мощные импульсы к развитию на основе достижений арабских ремесленников. Арабские мастера изготовления керамики усовершенствовали опыт мастеров античности, а также испанских и английских ремесленников раннего средневековья. Белая оловянная глазурь, которой в Валенсии покрывали изразцовые плитки и тарелки, скорее всего была изобретена арабами. В XIII в. в Италии началось производство художественных гончарных изделий. Лука дельла Роббиа (скульптор из Флоренции) организовал гончарные мастерские в своем родном городе, а также в Фаенце и Урбино. Вскоре это ремесло проникло во Францию. Здесь совершенствованием изготовления керамических изделий занимался известный химик Бернар Палисси (ок. 1510—1589). В 1580-х годах он опубликовал книги, посвященные описанию техники добычи сырья и изготовления из него керамических изделий [74, 75].



Сосуды со стеклянными крышками для приготовления серной кислоты в аптеках (XVII в.).

В немецких государствах и Швейцарии для производства керамики использовали свинцовую глазурь. Особенно славились кафельные плитки зеленого, черного и коричневого цвета для облицовки печей, а также кружки и кубки голубого, серого и коричневого цвета. В конце XVI в. зародилось керамическое производство в Голландии. В этой стране мастера при изготовлении фаянсовых изделий имитировали внешний вид фарфора из Восточной Азии. Особенно высоко ценился фаянс из Делфта с голубыми рисунками на белом фоне (краска содержала оксиды олова).

В VII в. н. э. в Китае был открыт способ изготовления фарфора. В конце XIII в. Марко Поло привез в Европу первые сведения об этом материале и первые образцы фарфора-

вой посуды. С XV в. число изделий из фарфора в Европе увеличилось. Открытие морского пути в Индию значительно способствовало притоку в Европу японского и китайского фарфора. В XVII в. Япония стала главным поставщиком фарфора, хотя тогда же Голландия ввозила большие партии и китайского фарфора. В Китай из Европы ввозились кобальтовые краски.

Начиная с XVIII в. в Европе было развернуто производство различных видов фаянса. В Англии широко распространились фаянсовые и гончарные изделия, изготовленные на мануфактуре Джошуа Веджвуда (1730—1795). Техника изготовления керамики и фаянса достигла в это время высокого уровня. Фаянсовые изделия были очень красивы: они были изящно расписаны красками по белому, черному, красному или кремовому фону.

Из-за высокой цены фарфора и необычайно большого спроса на него в Европе, начиная с XV в. предпринимались многочисленные попытки открыть секрет изготовления этого «белого золота». Удача сопутствовала Вальтеру Эренфриду Чирнгаузу и Фридриху Бёттгеру в результате экспериментов, которые они проводили с 1703 по 1715 г. в Майсене. Им не удалось сохранить изобретение в тайне, и производство фарфора распространилось по всей Европе.

Первые мануфактуры, где делали фарфор по точно такому же методу, как в Майсене, были созданы в Плау на реке Хавель (1713 г.) и в Вене (1718 г.). С 1740 по 1780 г. аналогичные предприятия появились в Ансбахе, Цвайбрюккене, Франкентале, Хёхсте, Кельстербахе, Фулде, Берлине, Касселе, Фюрстенберге (около Брауншвейга), Готе, Рудольштадте, Лимбахе, Ильменау и других городах Германии. Мануфактурное производство фарфора распространилось затем во Франции, Англии, Италии, России, Дании, Польше, Швеции, Швейцарии и Нидерландах. Зачастую мануфактуры являлись собственностью государей. Поэтому деятельность этих предприятий протекала под надзором чиновников «двора». Предприятия по производству фарфора приобретали все более крупные масштабы. Например, Фридрих II купил в 1763 г. фарфоровую фабрику у банкира Готцковского за 225 тыс. талеров. В 1779 г. там трудились 600 рабочих.

Производству фарфора в значительной степени способствовали растущая международная торговля, обмен культурными ценностями между народами, совершенствование химических знаний и опытов (прежде всего тех, что были связаны с изучением состава различных почв, глазурей, а также флюсов, применяемых в процессах плавления металлов).

Важнейшим сырьем для производства керамических из-

делий были различные сорта глины. В изготовлении фарфора использовали каолин с добавками кварца и полевого шпата. Механическая подготовка сырья осуществлялась при помощи таких «средств производства», как соуды, мешалки, вальцовые дробилки, гончарные круги и прочие разнообразные приспособления. Хранение и сушка сырья, а также продуктов гончарного производства проводились в помещениях, где поддерживались постоянными температура и влажность. Изделия покрывали красками и глазурью, а затем обжигали в специальных печах. Необходимыми вспомогательными материалами для получения гончарных изделий были топливо для печей и вода.

Открытие способов производства фарфора обусловило значительное повышение качества и резкое увеличение количества керамических изделий в XVIII в. Наряду с традиционными мелкими мастерскими появились технически хорошо оснащенные крупные мануфактуры, на которых трудилось много рабочих. Мануфактуры были организованы уже не по принципу цеховых гильдий. Частично они финансировались и управлялись феодальными властями. По существу, эти мануфактуры представляли собой форму перехода от ремесленной мастерской к капиталистической фабрике.

Развитие химических знаний оказало большое влияние на производство керамики. Особенно важными были результаты исследования различных глин: поиск оптимальных пропорций их смешивания, подбор наилучших условий температуры и влажности для обжига и сушки изделий. В дальнейшем развитие керамического производства (как это следует из анализа литературы того времени) во многом зависело от совершенствования качества глазурей и красок, улучшающих внешний вид изделий и, значит, способствующих их сбыту. Это было особенно важно, поскольку появлялись все новые и новые предприятия и конкуренция среди них росла. Предприниматели стали искать новые возможности сбыта продукции. Так, Веджвуд в Англии создал первое предприятие специально для изготовления керамических изделий массового потребления. При этом он широко использовал детальное разделение производственного процесса на отдельные операции, что позволило удешевить продукцию и вытеснить с рынка (например, в г. Штральзунде) изделия менее производительных мануфактур [61, 75—83].

Соли, бумага, сахар

К старейшим видам химических ремесел относится добыча поваренной соли. Ее значение отражено не только частым упоминанием в сказках и легендах; из-за месторождений

соли происходили военные столкновения (зачастую в Германии). С древности люди использовали следующие важнейшие способы добычи поваренной соли: 1) естественное испарение морской воды в «соляных садках» («морская соль»); 2) добыча в рудниках («соляные копи» были известны еще во времена кельтов, а в Величке, около Кракова, они существовали с XIII в.); 3) выпаривание вод соляных источников. Солеварни в Люнебурге, Лауенштайне и Аллендорфе существовали с X в., а в Стассфурте, Франкенхаузене (в Шварцбурге) и в Галле (в Швабии)— с XVI в. Как правило, соляные источники были собственностью феодальных правителей; сами же предприятия по выпариванию соли сдавались в наем купцам, которые производили и продавали соль.

Из сочинений Бирингуччо и Агриколы хорошо известно, какие химико-технологические процессы применялись в то время для добычи соли. Растворы, содержавшие соль, выпаривались на больших противнях. При их кипячении добавляли кровь, чтобы примеси (с помощью коагуляции) удалялись вместе с образовавшейся пеной. С конца XVI в. растворы соли очищались и концентрировались путем пропускания их через градири, заполненные ветками кустарника или соломой. В дальнейшем при производстве поваренной соли стали применять более сложные аппараты и насосы; производительность установок для выпаривания соляных растворов постоянно возрастала вместе с их размерами. Все это требовало значительных капиталовложений в производство, превышающих возможности нанимателей солеваренных предприятий и даже их объединений. Только правители феодальных государств могли содержать солеварни благодаря налогам на соль. Поэтому в XVIII в. солеварение все больше и больше становится государственной монополией, а солеварни приобретают специфические черты капиталистических фабрик [84].

Кроме соли, важнейшими неорганическими продуктами, которые получались с помощью химических методов, были квасцы, сульфат цинка, бура, нашатырь, неорганические красители и лекарственные средства.

Главными поставщиками квасцов до XVI в. служили страны Ближнего Востока и Египет. Они получали высокие прибыли от торговли с европейскими странами. В XV—XVI вв. первые предприятия по добыче квасцов появились в Испании, Марокко, Алжире, а также в Неаполе, Пизе и Толфе. Купцу Дживанни де Кастро (выходцу из Константинополя) удалось найти недалеко от Рима почвы, содержащие квасцы. Изготовление каждой новой партии квасцов папа Пий II праздновал так же пышно, как победу над турками; он наложил запрет на импорт «турецких квасцов»

и благословил монопольную продажу квасцов, добытых в его государстве.

Производство квасцов в Богемии впервые возникло в 1407 г. В XVI в. уже во многих европейских странах действовали заводы, производившие квасцы. Квасцы использовались для дубления кожи, приготовления красителей, бумаги, различных клеев и лекарств. Они применялись также в текстильных и других производствах.

Добыча и использование квасцов требовали достаточно развитых химических знаний. Сырье — сульфаты алюминия и калия — нагревали в печах, затем выдерживали в течение 40 дней при определенной влажности. После этого растворяли в воде, а образовавшийся раствор при нагревании концентрировали. Через 4—6 дней выделялись кубические кристаллы розового цвета.

Сульфат цинка, который еще в XVI в. добывали в Карпатах, использовали для производства красок, дубления кож и в фармации.

Бура относилась к продуктам, монополия на производство которых принадлежала странам Востока. Ее добывали главным образом в Индии, откуда в мешках из слоновых шкур транспортировали в Венецию. Там буру очищали, как и многие другие продукты, кристаллизацией. Способы производства буры сохранялись в строжайшей тайне. Даже такой великолепно эрудированный химик, как Агрикола, мог сообщить о способах получения буры только мало проверенные сведения. Лишь в XVIII в. буру стали очищать также в Амстердаме, Копенгагене и Париже. Это связано с тем, что был освоен новый торговый путь в Европу из Индии через Персию и Петербург. Буру применяли для пайки, как антисептическое средство, как флюс в металлургии, как добавку к мылам и крахмалу. Бура использовалась также для дубления кож, пропитки холста, производства стекла, глазури и эмалей.

Нашатырь долгое время импортировался в Европу из Египта и Индии, хотя еще Гебер (псевдо-Джабир.— *Перев.*) в XIV в. описал способ получения этого соединения. Изготовление нашатыря в Европе началось лишь в XVIII в. О его получении из ветоши, старой шерсти, костей, а также из выделений и останков животных написано у Фестера [13, с. 160].

Долгую и интересную историю имеют производство мыла, бумаги, красок, клея, древесного дегтя, смолы, поташа, соды, крахмала, эфирных масел, камфоры, сахара, лекарственных средств. Ниже мы рассмотрим лишь некоторые химические производства, особенно важные для дальнейшего развития химии. К ним относятся получение бумаги, сахара, соды и хлора.

В то время, когда в Египте, Греции и Риме писали на пергаменте и папирусе, в Китае уже со 150 г. до н. э. употребляли бумагу. В VIII в. н. э. секреты производства бумаги стали известны в Северной Африке, Испании и Италии. Несмотря на все попытки сохранить в тайне эти секреты, в XIII—XIV вв. бумагу изготовляли уже во всей Европе. При этом использовали наряду с тряпьем и растительными волокнами такие вещества, как щелочи, клей, отбеливающие и красящие соединения; применялись различные емкости, сушилки, мешалки, вальцы и т.п.

Появление бумаги создало предпосылки для быстрой передачи знаний и ускорения общения между людьми. Особенно важную роль бумага стала играть после того, как в середине XV в. Гутенберг изобрел книгопечатание. Значительное увеличение производства бумаги было важнейшим следствием этого изобретения. Распространение в XV—XVI вв. книгопечатания оказало такое же громадное влияние на развитие знаний, как в XX в. появление радио и телевидения. Начиная с середины XVIII в. книги и газеты издавались все чаще на «живых» языках европейских стран, а не на латыни. Применение «живых» языков для печатания книг резко увеличило количество читателей в европейских странах. Все это происходило в эпоху Возрождения, и большинство людей, которые приобщались к знаниям посредством чтения, были представителями буржуазного сословия. Просвещение стало составной частью борьбы буржуазии за свои политические и экономические права. Изобретение книгопечатания хотя и не оказывало непосредственного влияния на развитие производств, но зато способствовало «демократизации» знаний. Прогрессивные ученые боролись с цеховыми правилами, согласно которым опыт следовало хранить в тайне. Бирингуччо и Агрикола в получивших широкую известность сочинениях описали известные ранее лишь немногим сведения о способах производства разнообразных химических продуктов [25]. Знания приходили на смену традициям. И ученые пытались сделать накопленные ранее знания проведения химических процессов полезными для решения многих практических задач.

Изготовление сахара, как и бумаги, отчетливо показывает интернациональный характер развития производственных процессов. Впервые сахар начали получать в Индии. Очистка сахара, по-видимому, была освоена в Персии, а затем усовершенствована в X в. в Египте и Сирии. Марко Поло писал, что из Египта опыт производства сахара проник в Китай [85]. Первоначально ремесленники ограничивались тем, что сок сахарного тростника сгущали и осветляли с

помощью молока. Египтяне очищали сахарный сироп известью или золой. Леденцы и кристаллический сахар были весьма ценными товарами, которые позже стали монополией арабов. Арабы способствовали распространению посевов сахарного тростника также на Сицилии и в Испании. Как и многие другие товары, сахар поступал в Европу с Востока через Венецию. Долгое время в европейских странах сахар был настолько дорогим, что его применяли лишь в медицинских целях. Открытие Нового Света привело в XVI в. к появлению плантаций сахарного тростника в Бразилии, Мексике, на острове Сан-Доминго и на Кубе. Увеличение производства сахара было обусловлено и быстро возросшим в XVI—XVIII вв. спросом на чай, кофе и какао.

Технология производства сахара вплоть до XVIII в. мало отличалась от разработанной в средневековом Египте. Правда, в отличие от Египта в Европе для совершения механической работы использовали в этом производстве не людей и животных, а чаще всего ветряные двигатели или водяные колеса. Сила ветра и воды приводила в движение вальцы, которые выжимали сахарный сок, и мешалки, предохраняющие сироп от пригорания к стенкам варочных котлов. Для очистки сахарного сиропа многократно повторяли промывание известковой водой со щелоком и нагрев, при котором вместе с образующейся пеной от сахара отделялись примеси. Густую сахарную массу после этого заливали в глиняные формы, в которых сахар затвердевал. Остатки сиропа спускали через нижнее отверстие в этих формах. Сахар обкладывали специальной сырой глиняной «кашей», которая поглощала примеси. После удаления этой «каши» и промывки сахарная «голова» приобретала чистый белый цвет. Затем сахар поступал в продажу. По данным Фестера, из 100 частей сахара-сырца образовывалось лишь около 20 частей сахара-рафинада [13, с. 109].

С конца XVI в. рафинация тростникового сахара была освоена в Антверпене, Гамбурге, Нюрнберге, Аугсбурге, Дрездене, а также в некоторых английских и французских городах. Фестер указывал, что в XVII—XVIII вв. производство сахара было важнейшей отраслью химических ремесел, связанных с получением органических продуктов [13, с. 196]. Наряду с мелкими мастерскими в XVIII в. возникали крупные предприятия по производству сахара-рафинада с числом рабочих 100 и более. Такие фабрики имели большие по тем временам производственные возможности. Во второй половине XVIII в. были основаны новые сырье и технология для рафинации сахара.

Андреас Сигизмунд Маргграф в 1747 г. выпустил книгу под названием «Химические способы получения настоящего сахара из некоторых растений, произрастаю-

щих в нашей стране». Маргграф в своем труде описывал способы получения из свеклы и некоторых других растений такого же сахара, как из тростника. Процессы, описанные Маргграфом, были наглядными примерами многочисленных химических реакций, осуществленных в ту весьма практическую эпоху. Правительства различных государств стремились заменить на внутреннем рынке своих стран ввозимые из других стран продукты товарами собственного изготовления. Технология, предложенная Маргграфом, была необычайно важна для развития сахарной промышленности, однако описанные им способ производства и сырье были слишком дороги, чтобы обеспечить полноценную замену тростниковому сахару. Лишь благодаря обширным изысканиям, проведенным в конце XVIII в. Францем Карлом Ахардом, удалось упростить процессы получения сахара и вывести сорт свеклы, содержащей повышенное количество сахара. Промышленное получение сахара из свеклы распространилось в Германии в начале XIX в., а вскоре во Франции сахароварение превратилось в мощную отрасль индустрии. Под прессами из свеклы получали сок; затем нагревая его, удаляли с образовавшейся пеной загрязняющие вещества. После этого в сок добавляли известь и животный уголь. Очищенный с помощью этих веществ сок подвергали многократному нагреванию и испарению. В XIX в. в техническом оснащении производства сахара появились важные усовершенствования: применение паровых машин и вываривание сиропа в вакууме. В 1850 г. в мире добывали из сахарного тростника 1,26 млн. т сахара, а из свеклы 0,2 млн. т. В 1900 г. из сахарного тростника добывали 6,0 млн. т, а из сахарной свеклы 6,8 млн. т.

Появление отрасли промышленности, производящей сахар из свеклы, вызвало большое изменение структуры сельского хозяйства и повлияло на рацион питания людей, стимулировало выведение новых сортов растений, переустройство системы землепользования во многих странах, развитие производства минеральных удобрений. Высокая степень механизации и химизации сделали выработку сахара одной из наиболее развитых отраслей промышленности.

Метод Леблана

Очень важное значение для развития химии и промышленности имела разработка производства соды Лебланом в конце XVIII в. До этого природную соду добывали из содовых озер в Египте, из содусодержащих пород Венгерской низменности между Дунаем и Тиссой и из золы растений. Однако растущее производство стекла, мыла, текстиля требовало все большего количества соды. Запросы промышленности

не могли быть удовлетворены несовершенными методами ее получения, которые применялись до XVIII в. Поэтому в первой трети XVIII в. многие химики начали искать способы получения больших количеств соды из легкодоступных сырьевых материалов. Среди этих химиков были Анри Луи Дюамель дю Монсо, Андреас Сигизмунд Маргграф, Карл Вильгельм Шееле, Малерб де ла Метри, Брайан Хиггинс, А. Фордис, Гитон де Морво, И. К. Фридрих Майер, И. А. Ц. Шапталъ. Особенно важным было открытие Дюамеля, сделанное в 1736 г.: в состав соды обязательно должны входить соединения натрия. Маргграфу удалось установить, что сода и поташ — это разные вещества, а не одно и то же, как считалось ранее.

Дюамель в 1736 г. попытался превратить сульфат натрия с помощью уксусной кислоты в ацетат с последующим превращением его в соду при нагревании. Маргграфу удалось получить в водном растворе нитрат натрия (из сульфата натрия и нитрата кальция), а из него соду (при взаимодействии с углем). Генрих Хаген в 1768 г. осуществил реакцию обмена сульфата натрия с поташем, а Торберн Бергман и И. К. Ф. Майер получили соду при реакции поташа с поваренной солью. Однако все эти методы были трудоемки, дороги и невыгодны для ремесленного производства. В 1775 г. Шееле удалось разработать метод получения соды через промежуточное образование едкого натра из поваренной соли и соединений свинца. Этот способ, запатентованный в 1787 г., был положен в основу технологии на предприятиях по производству соды, сооруженных в Англии и Франции. Дальнейшее улучшение промышленного способа получения соды было осуществлено в 1777 г. Малербом: исходным сырьем служили поваренная соль и серная кислота, а в процессе использовали также уголь и железо. Мы не будем рассматривать многие другие способы получения соды, которые из-за их высокой стоимости и большой продолжительности процесса не могли быть использованы в производстве [13, 55, 86], а остановимся на методе получения соды, разработанном Лебланом. В патентном описании метода Леблана говорится: «Между железными вальцами превращаются в порошок и смешиваются следующие вещества: 100 фунтов обезвоженной глауберовой соли, 100 фунтов очищенной извести (мела из Медона), 50 фунтов угля. Смешивание продолжается при нагревании в пламенной печи при закрытых рабочих окнах. Вещество приобретает вид кашеобразного флюса, пенится и превращается в соду; образовавшаяся таким образом сода отличается от продажной только более высоким содержанием основного продукта. В процессе плавления массу нужно постоянно перемешивать, для че-

го используются железные кочерги и другие подобные предметы. Над поверхностью плавящейся массы вспыхивает множество огоньков, похожих на огни свечей. Получение соды завершается как раз к тому времени, когда эти огоньки исчезают. Сплав извлекается из печи железными кочергами, после чего помещается для застывания в формы, придающие содовой массе вид блоков, которые могут поступать в торговлю.

Эти процессы можно осуществлять также в закупоренных сосудах или тиглях. Однако таким образом получение соды обходится дороже. Можно также изменять соотношение различных видов сырья, например взять меньше извести или угля. Но лишь использование вышеописанных пропорций дает наилучший результат. При этом получается около 150 фунтов соды.» [87].

Получение соды по методу Леблана так же, как и производство серной кислоты, стало основной отраслью химической промышленности XIX в. Этот процесс имел большое значение и для совершенствования химических знаний. Его изучение поставило множество проблем перед химиками, таких, например, как изучение способов удаления побочных продуктов из смеси. Для промышленности было важно, что большие количества соды, необходимой для производства стекла, мыла, текстильных материалов, стало возможным производить дешевым методом из легко доступного сырья (соли, извести, угля). При этом сберегалось значительное количество общественного труда, что, по мнению Г. Моттека, может служить показателем технического прогресса [8, с. 209]. И сырье, и средства производства (печи, вальцы, крюки, шпатели) были хорошо известны химикам-практикам задолго до того, как Леблан запатентовал свое изобретение. Оригинальность предложенного французским изобретателем метода состояла в нахождении оптимальных соотношений отдельных видов сырья и условий их взаимодействия, приводящих к образованию соды. Все это позволило получать соду проще и дешевле по сравнению с теми методами, которые предлагались ранее. Открытие Леблана стало результатом длительного развития химико-технических исследований. Оно явилось одной из важнейших составных частей фазы наивысшего развития химии в XVIII в. Наряду с другими это открытие в немалой степени способствовало освобождению химии от «старых путей» и переходу ее на качественно новую ступень развития в XIX в.

Искусство эксперимента

Когда исследователь обнаруживает причину явления и предполагает условия, необходимые для его осуществления, тогда правильность своих умозаключений он доказывает экспериментом, воспроизводя условия, при которых, по его мнению, должно осуществиться данное явление.

Юстус Либих

Возникновение искусства эксперимента

Как в античные времена, так и в начале новой эры с развитием химических ремесел было тесно связано пробирное искусство. Немало ученых было очень заинтересовано в развитии экспериментального направления; в повседневной практической деятельности они изучали природные явления и превращения веществ. Первыми химиками-экспериментаторами, как правило, были врачи. В поисках новых лечебных средств среди веществ «животного, растительного или минерального царств» они проверяли правильность своих теорий или действие лекарств на своих пациентах. Это стимулировало совершенствование экспериментального направления в фармации и химии. Но в то же время именно потому, что объектом изучения были люди, медики старались использовать только проверенные, «устоявшиеся» знания, и поиски нового отошли впоследствии на второй план.

Тем не менее в первом тысячелетии нашей эры наблюдалось значительное развитие медицины. В первую очередь это было связано с результатами научной и практической деятельности замечательных арабских врачей Ар-Рази (Рazes, ок. 900) и Ибн Сины (Авиценны, 980—1037).

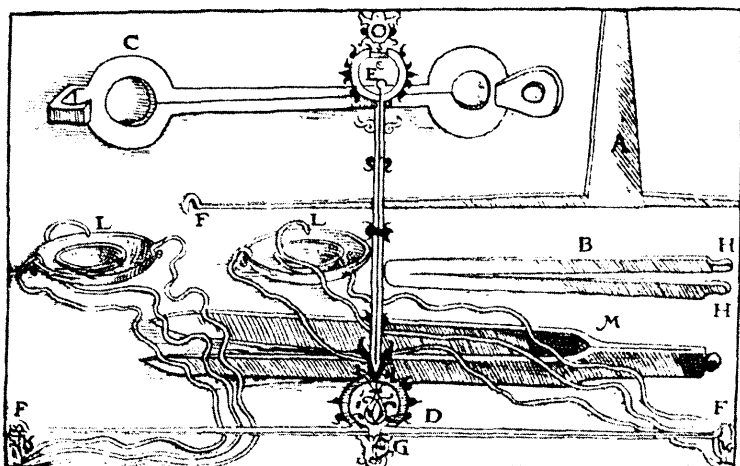
Цели и задачи

Наряду с «пробирным искусством» с начала новой эры совершенствовалось и «искусство эксперимента». Пробирное искусство в дальнейшем развивалось в тесной связи с медициной и ремеслами, а экспериментирование стало самостоятельным направлением развития химических знаний.

Потребовалось много времени, прежде чем экспериментальное направление в химии нашло настоящую общественную поддержку и признание. Лишь в эпоху Возрождения, когда наука стала ближе к производству, а буржуазия укрепляла свои экономические, духовные и политические позиции, «экспериментальное искусство» стало развиваться как

самостоятельная область, тесно связанная с химическими ремеслами и с теоретическими представлениями. В свою очередь эта область химических знаний со временем стала оказывать все большее влияние на развитие химических теорий и совершенствование химических ремесел. Высокое развитие ремесел с XII—XIII вв., растущее влияние цеховых гильдий в жизни городов и целых государств — все это повышало и общественное значение связанных с химическим производством исследований. Однако искусство эксперимента в его классической форме как средство познания законов природы получило свое подлинное развитие лишь в XVII—XVIII вв. Сначала экспериментальные исследования проводились преимущественно отдельными лицами в лабораториях, связанных с академиями или государственными учреждениями. Количество таких исследований было очень невелико. На основе этих лабораторий в XIX в. возникали все большие научные объединения, приобретавшие черты современных научно-исследовательских институтов. В них большое значение в системе разделения труда ученых приобретала деятельность химиков-экспериментаторов.

Экспериментальное и пробирное искусства различались не только характером работы исследователей. Труд химиков-экспериментаторов отличался новым содержанием: они руководствовались в работе научным «духом» и научными методами; они обращались к природе с вопросами, на которые давали ответы их эксперименты; из экспериментов они черпали наблюдения, модели, теории способов превращений веществ, важных для производства. Зачастую химики-экспериментаторы в отличие от представителей пробирного искусства и ремесленной химии объявляли своей целью получение «чистых» химических знаний о процессах, лежащих в основе наблюдаемых на практике превращений веществ. Однако так называемое чистое стремление к накоплению знаний, как было установлено, своим зарождением обязано развитию алхимии. На развитие пробирного искусства большое влияние оказали представления о возможности получения благородных металлов из обычных, а также универсального лекарства. Существование пробирного искусства в рамках алхимии длилось около 1000 лет (с 400 по 1400 г.). Лишь затем от пробирного искусства, поставленного на службу алхимии, стало «отпочковываться» экспериментальное направление развития химических знаний. Важнейшие предпосылки для этого создало использование химических знаний при совершенствовании ремесел, в частности при определении свойств веществ и качества товаров (так как от этого зависела стоимость продуктов производства). Из Лейденского и Стокгольмского папирусов видно, что еще в древности ремесленники придавали большое значение качеству производимых ими товаров. Они пытались



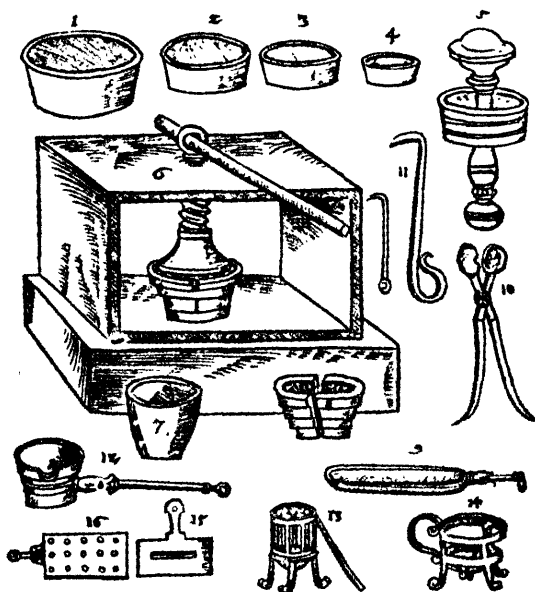
Весы для пробирного анализа (по Л. Эркеру, 1574 г.).

даже разработать определенные критерии оценки качества.

Изучение свойств веществ с древности было одной из основных задач ремесленной химии и пробирного искусства. Для экспериментального искусства точное определение свойств соединений и классификация на их основе были лишь частной проблемой. Основной же целью экспериментальных исследований являлось, как мы уже говорили, получение новых знаний о веществах и особенностях их превращений.

С помощью экспериментального искусства люди стремились расширить свои знания о природе. Их привлекали чрезвычайно интересный процесс анализа, изучения фактов, с одной стороны, и проверка, углубление и разработка новых теорий — с другой. При этом происходила сложная духовная работа, благодаря которой экспериментальное искусство смогло стать достаточно независимым от химических ремесел. Однако еще долгое время экспериментальное искусство, даже став относительно самостоятельной областью знания, оставалось более или менее тесно связанным с ремесленной практикой.

По мере развития капиталистических отношений самостоятельность экспериментального искусства химии увеличивалась. На это до сих пор обращали внимание лишь некоторые ученые. В то же время многие историки химии отмечали немало противоречий в развитии химических знаний от эпохи Возрождения до конца XVIII в. Вызывает интерес существование в эту эпоху «всемирной лаборатории алхимии» — первой громадной системы лабораторий, финансируемых королями и князьями, светскими и духовными властями.



Химические приспособления (из книги А. Либавия «Алхимия»). 1 — зольный тигель; ... 6 — тигельный пресс; ... 10 — шаровые щипцы; 11 — крюк для перемешивания; ... 13, 14 — треножки...

Работавшие в этих лабораториях пытались получить из неблагородных металлов золото. Но в этих же лабораториях было получено множество других веществ: яды, косметические средства, лекарства, «эликсиры жизни», красители и т. д. Кроме того, в рассматриваемый исторический период были созданы такие необходимые для различных областей деятельности человека продукты ремесленной химии, как порох и сплавы для изготовления ружей, пушек и колоколов. В то же время химики-практики предпринимали попытки получить из местного сырья дешевые заменители дорогих «заморских» товаров, таких, как, например, фарфор, кофе, сахар. Из ремесленных лабораторий эпохи Возрождения вышли замечательные аптекари, горные мастера и металлурги. Но наибольшее влияние на развитие химических знаний в это время оказали исследователи, которые глубоко осознали необходимость систематического изучения фундаментальных проблем естественных наук. Для обмена мнений и обсуждения результатов исследований они организовали научные общества, такие, как Академия «рысьеглазых» (дей Линчей) и Академия эксперимента (дель Чименто) в Италии, Королевское

общество в Англии, Парижская академия наук, Германская академия естествоиспытателей «Леопольдина» и Общество науки в Германии. Членами этих обществ, изучавшими явления природы с помощью экспериментов, были такие замечательные естествоиспытатели, как Галилей, Бауш, Вивiani, Торричелли, Бойль, Гук, Гюйгенс, Мариотт, Штурм, Шталь и Лейбниц [88]. Благодаря деятельности этих ученых в долгой и трудной борьбе с влиянием феодальных традиций и идеологии начали создаваться физические и биологические лаборатории. Этому способствовало развитие специфических экспериментальных методов естественных наук [89, с. 464].

Результаты, полученные в лабораториях того времени, были полезны для развития химических ремесел, хотя многие экспериментаторы искренне считали, что только занятия «чистой» наукой помогают совершенствовать знания. Таким образом они отдавали дань схоластическим, умозрительным научным традициям средневековья. В частности, в Германии так обстояло дело до конца XIX в. [90, с. 65 и сл.]. Положение резко изменилось, когда экспериментальное искусство в соответствии с законами разделения труда стало самостоятельной областью знания и нашло признание общества. Химики-экспериментаторы начали решать проблемы, которые не могли решить химики-практики, но которые были очень важны для совершенствования химических ремесел.

При этом возникали и новые сложности, связанные с нарастанием противоречий между развитием двух самостоятельных областей химических знаний. Интересы «чистых» исследователей («экспериментирующих философов») и химиков-практиков расходились все сильнее. Последние были очень озабочены безразличием большинства экспериментаторов к изучению процессов, важных для развития химических ремесел. Химики-практики не могли понять, почему представители «чистой» науки не интересовались ничем кроме выяснения вопросов: является ли вода соединением или простым веществом (первозлементом) и отличается ли воздух по своему составу в долинах и на больших высотах? С другой стороны, химикам-практикам часто не хватало обобщающих представлений, которые они отвергали, считая их пустыми и бесплодными умозаключениями.

Однако среди практиков были и такие, которые уделяли внимание «экспериментальной философии». С другой стороны, некоторые «чистые» исследователи по заказам владельцев фабрик старались раскрыть хорошо охраняемые секреты производства важных для практики продуктов. Опираясь на эксперименты и теоретические представления, основанные на полученных результатах, такие ученые вносили весомый вклад в развитие научного метода исследования. Такими учеными были Глаубер, Кункель, Бойль, Ломоносов, Лавуазье и другие.

Разделение труда в химических ремеслах и лабораториях привело и к созданию специальных «средств труда» в этих новых областях химических знаний в соответствии с их специфическими задачами. Эти особенности развития химии до настоящего времени еще мало проанализированы в историко-химической литературе, хотя они имели первостепенное значение для развития химии и химической промышленности. Важнейшей задачей «экспериментального искусства» было получение общих знаний о процессах превращений веществ, стимулировавших создание специальных «средств труда» [91]. Эти знания добывались в результате экспериментальных исследований. Многочисленные публикации «экспериментальных философов» XVII—XVIII вв. отражали особенности развития химических знаний как в ту эпоху, так и до XVII в. Они были рассчитаны на широкую аудиторию читателей, которые еще не полностью освободились от схоластических учений и средневековой религиозной идеологии. Однако с возрастанием социальной роли буржуазии число читателей таких работ постоянно увеличивалось. Этому способствовало то, что в XVII—XVIII вв. все больше книг стало издаваться не на латыни, а на языках европейских стран (в том числе труды по «экспериментальной философии» и переводы сочинений многих античных авторов) [25]. С другой стороны, и сами эти публикации отражали активность растущей буржуазии, стремление лучших ее представителей оживить духовную жизнь общества. Большинство авторов научных публикаций очень хорошо понимали, что им скорее удастся заинтересовать буржуазию, если в научных трудах будут приведены сведения, ценные для практической деятельности. Отсюда становится понятным, почему в части научных работ того времени анализ новых факторов был лишь промежуточным звеном исследования. Его основой должно было стать применение этих данных в практической деятельности. Владельцы фабрик и ремесленники могли на практике проверять правильность знаний, опубликованных в книге на их родном языке. Это способствовало совершенствованию ремесленной химии и содействовало распространению научных знаний в широких слоях общества.

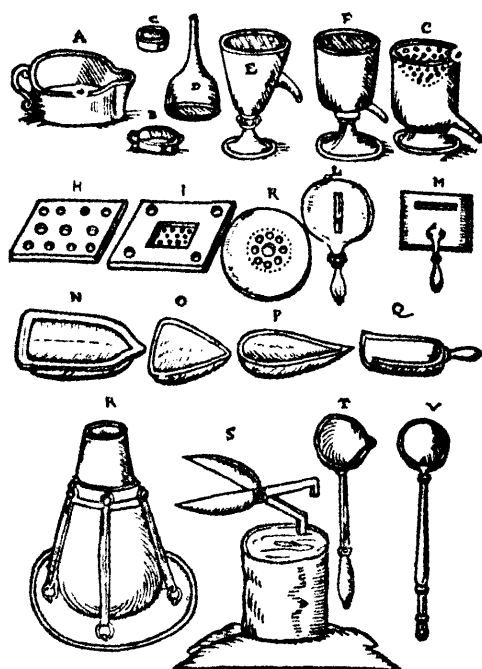
Научные сообщения публиковались тысячами в монографиях, учебниках, научных журналах, сборниках, выходивших в XVII в. Благодаря им в химическом производстве были проведены сотни и тысячи разнообразных улучшений и усовершенствований процессов. Многие из них остались без внимания и отошли в прошлое вместе с многочисленными опубликованными научными трактатами того времени. Вероятно, что в наши дни эти «потерянные сокровища» будут обнаружены в библиотеках историками химии с помощью ЭВМ.

Научные факты, установленные с помощью экспериментального искусства, служили фундаментом для построения но-

вых теорий. Отдельные знания обобщались в более широкие теории, которые позволяли не только объяснить отдельные факты, но и в значительной мере способствовать созданию правильных представлений о мире. Так (особенно в XVIII в.) в многочисленных публикациях стала отчетливо проявляться двойная функция теории: как философии и как теоретической основы химического производства.

Оборудование лабораторий

От наблюдения за внешними признаками веществ, доступными органам чувств, ученые переходили с помощью специальных средств труда (приборов) к познанию «глубинных» свойств соединений. Сами химические вещества также становились средствами труда. Особенности взаимодействия веществ друг с другом, а также возможности их взаимовлияния указывали исследователям на особенности их природы. Только тщательный анализ действия ве-



Химические приспособления (из книги А. Либавия «Алхимия»). А — чаша; ... D — стеклянная воронка; E, F — раздельный кубок; K — штатив для колб; ... S — металлические ножницы.

ществ друг на друга позволял сделать разносторонние и глубокие выводы о свойствах и структуре соединений. Для дальнейшего развития этих представлений необходимы точные знания о природе какого-либо вещества, его реакциях с другими веществами, а также характерных чертах протекания этих реакций в производственных условиях (т. е. о специальных способах проведения отдельных операций, об используемом при этом оборудовании).

Высокотемпературные способы производства

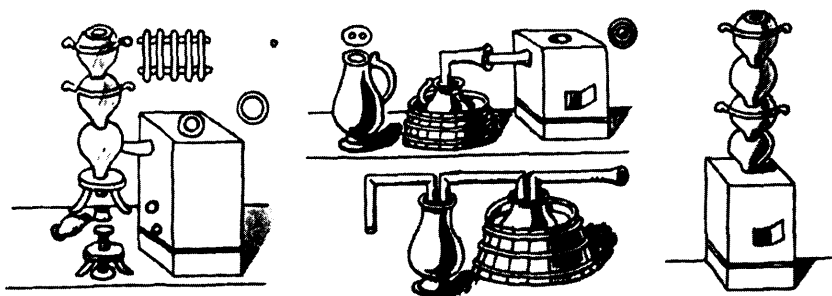
Вплоть до XIII в. важнейшим «химическим агентом» был огонь. Поэтому во всех сочинениях по химии в то время особое место занимали описания конструкций различных печей. В XIII в. различались печи для кальцинирования, перегонки, плавления. Значительным достижением в то время считалось создание специальной печи («атанор»), где процессы горения могли осуществляться длительное время, поскольку топливо по мере сгорания само по себе проваливалось в печь.

В XV в. Томас Нортон сконструировал, вероятно, первую многорядную муфельную печь, в которой «при одном процессе нагрева можно было осуществлять сразу 60 операций» [11, т. II, с. 12].

Дальнейшие изменения конструкции печей, описанные Агриколой, Глаубером, Глазером, Кункелем и Бехером, касались главным образом улучшения качества небольших (лабораторных) печей. В книге «Переносная лаборатория» Бехер описал конструкцию такой печи, пригодной для проведения многих разнообразных химических процессов при разных температурах. В XVIII в. берлинский ученый Потт и шведский исследователь Энгештрём сконструировали печи, в которых достигались и поддерживались довольно высокие температуры.

Но не только конструкция печей, а и качество горючих материалов имело большое значение для осуществления различных химических процессов. С древних времен как горючие материалы использовались дерево, торф, навоз, древесный уголь. Применяя в качестве топлива древесину разных пород, люди хорошо различали специфику их влияния на протекание превращений веществ. Например, еще Гебер писал, что для создания высоких температур следует использовать дерево твердых пород, а для получения умеренных температур — мягкую древесину. При перегонке жидкостей следовало, как считал Роберт Бойль, сжигать торф, из-за равномерного выделения тепла при его горении.

Непросто было освоить искусство управления огнем. В XVII — XVIII вв. для поддержания особенно высокой температуры использовали печи из огнеупорного кирпича, в которых в центре свода достигалась температура до 1500 °С. Эти печи



Химическая аппаратура (из книги И. Р. Глаубера, 1661 г.). Слева направо — перегонка квасцов для получения серной кислоты; установка для перегонки; аппарат для сублимации.

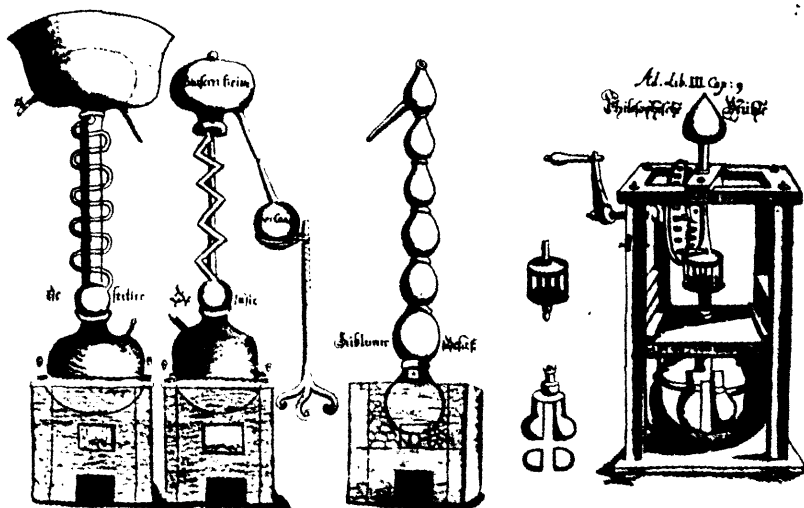
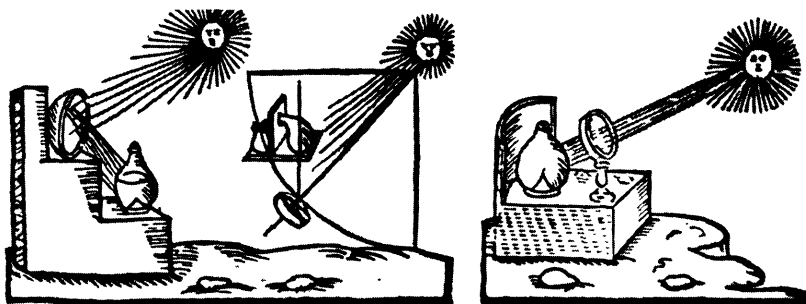
многократно применяли Парацельс, Бойль, Чирнгауз, Бёттгер, Гомберг (1702 г.) и Жоффруа (1709 г.). Некоторые из этих изящно оформленных аппаратов находятся в Дрездене, в коллекции физико-математического отдела в музее Цвингер.

Для проведения особенно важных экспериментов использовали «зажигательные стекла». С их помощью, например, в стеклянных колбах плавил и прокаливали свинец и другие металлы. Такие экспериментаторы, как Дж. Мэйоу и М. В. Ломоносов, отмечали, что после проведения этих операций образуется «известь», более тяжелая, чем исходный металл. Причиной этого Бойль считал «огненные частицы», проникающие через стекло. Однако это объяснение было позже опровергнуто в результате проведения экспериментов.

Непросто было также долго поддерживать и относительно невысокие температуры. Уже Марии-Еврейке* приписывали изобретение водяной бани («бани Марии»). Гебер (псевдо-Джабир — *Перев.*) предпочитал зольную баню, иные алхимики — песчаную, Парацельс — баню из железных опилок, нагреваемых паром. Итальянец И. Коста широко использовал метод нагревания паром «ароматической воды». Более низкие температуры Гебер и Луллий получали, применяя смеси органических удобрений. Брожение виноградных выжимок или дубильного корья также применялось для поддержания невысоких температур, необходимых для проведения некоторых химических процессов.

Экспериментаторы использовали для нагрева свечи, масляные лампы и начиная с XVI в. спиртовые горелки. В 1773 г.

* Мария-Еврейка (Коптская) — легендарная основательница «тайного искусства» — по преданиям жила в III в до н. э. Марии приписывают, кроме изобретения водяной бани, оригинальные взгляды на использование огня для проведения превращений веществ. — *Прим. перев.*



Бауме и в 1794 г. Гёттлинг описали конструкции специальных «ламповых печей». Гитон де Морво в 1798 г. применял для изучения химических процессов спиртовые лампы улучшенной конструкции. По словам Германа Коппа, эти лампы имели в XVIII в. то же значение, что и в первой половине XIX в. спиртовые лампы (которые рекомендовал применять Берцелиус) [11, т. II, с. 23].

После открытия кислорода в конце XVIII в. его стали использовать для создания еще более высоких температур, чем те, которые до этого достигались лишь с помощью «зажигательных стекол». Пристли, а позднее и Лавуазье направляли

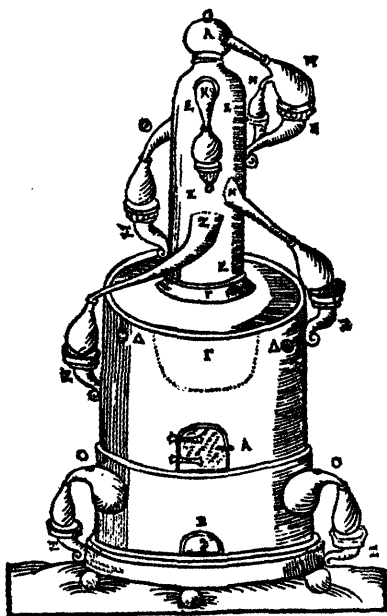


Андреас Либавий (1540—1616).*

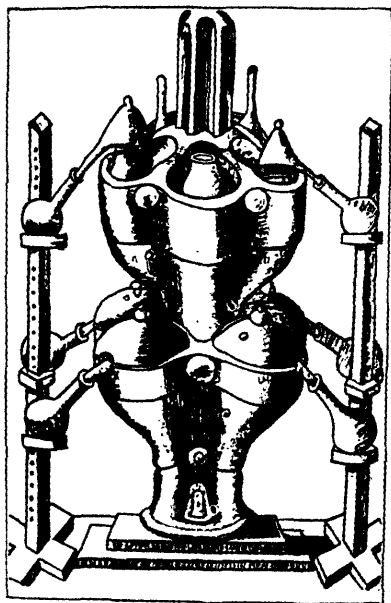
поток газообразного кислорода на горящий уголь. Таким образом они расплавляли помещенные на поверхности угля вещества, которые ранее никому не удавалось превратить в жидкость. Марсе в 1813 г. показал, что можно получить высокие температуры при вдувании кислорода в пламя спиртовой горелки.

В XIII—XVIII вв. существовали довольно грубые оценки нагрева веществ. Так, Гебер различал три «степени тепла», Либавий — четыре «градуса тепла». Тела, нагретые до первого «градуса тепла», можно было держать рукой не испытывая неприятных ощущений. Тела, нагретые до второго «градуса тепла», причиняли раздражение, но не вызывали ожогов кожи. Третий «градус тепла» соответствовал температуре раскаленного железа, четвертый — еще более высокой. Лишь с изобретением термометра химиками были отвергнуты эти расплывчатые характеристики степени нагрева. Г. Бургаве одним из первых подчеркнул необходимость использования термометра при изучении химических процессов. После работ Бургаве стала ощущаться все большая необходимость точного определения температуры. В 1714 г. Фаренгейт использовал ртуть для заполнения термометров; он выделял шесть «степеней тепла», в соответствии с которыми построил многоградусную шкалу измерения температуры. Таким образом, несмотря на изобретение термометра, еще применялись различные условные характеристики химических процессов, хотя разработанные

* Либавий Андреас (ок. 1540—1550 — 1616)— немецкий иатрохимик и химик-практик. В написанной им книге «Алхимия» (1597 г.), которая была по существу учебником химии, хорошо отражен уровень развития химических знаний в конце XVI в. Работы Либавия способствовали развитию металлургии, технической химии, неорганической химии.— *Прим. перев.*



Медная многоцелевая нагревательная печь с пятью разделительными насадками (пентатлум).



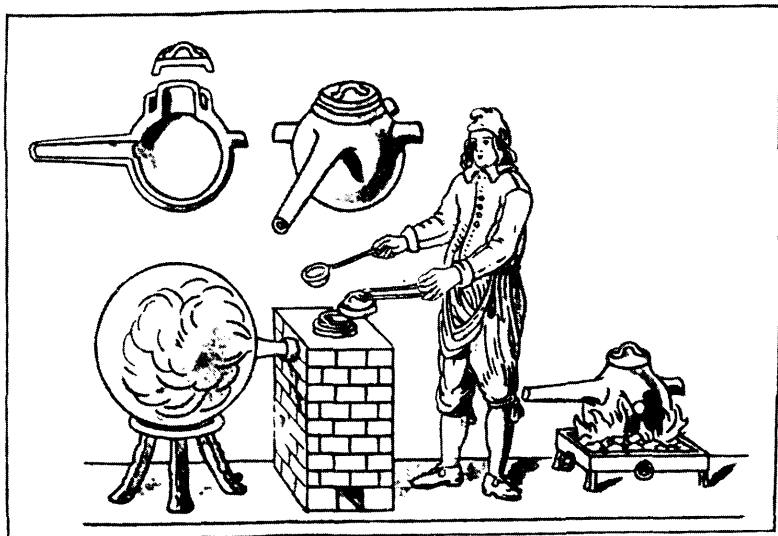
«Звездная печь» для последовательной ступенчатой перегонки (ок. 1650 г.).

Фаренгейтом характеристики были более совершенными по сравнению с использовавшимися ранее Бургаве. На основе своей шкалы Фаренгейт определял точные температуры плавления и замерзания веществ.

Плавление, кальцинирование, кристаллизация, возгонка, фильтрация и другие процессы, с давних пор применявшиеся в химических ремеслах, начали вовлекаться в орбиту экспериментов и сами становились предметом экспериментального исследования. Особенно это касается экспериментирования с малыми, а затем и мельчайшими количествами вещества.

Перегонка — процесс, очень важный для развития химических ремесел и «пробирного искусства», — долгое время оставалась единственным и незаменимым методом исследования. Процессы перегонки применялись еще в древнейшие времена. Уже Аристотель как о хорошо известном факте сообщал о том, что морскую воду можно сделать пригодной для питья после ее испарения и конденсации. Аристотелю было известно, что «субстанции», состоящие из твердых и жидких частиц, можно разделить нагреванием, а затем образовавшийся пар сконденсировать.

С появлением огнестойких сосудов их стали использовать



Аппарат для перегонки, используемый при получении соляной кислоты из поваренной соли и серной кислоты (из работы И. Р. Глаубера, 1648 г.).

для выпаривания различных веществ; при этом наблюдали появление на крышках капель сконденсированного пара. В пробирном искусстве для перегонки применялись колбы и насадки-«шлемы» («алембик»). Уже до начала нашей эры перегонные аппараты служили для многих целей (например, в них нагревали киноварь с железом и получали ртуть). Некоторые способы применения перегонки, в частности для получения терпентинового и розового масел, были известны задолго до XVIII—XIX вв.

По свидетельству Синезия и Зосимы, в IV в. н. э. перегонные аппараты состояли из двух сосудов — «пузыря», т. е. основной колбы, и «шлема», от которого отходили одна или несколько труб к сосудам, принимающим отогнанную жидкость. Позже химики стали применять для перегонки реторту.

Несмотря на то что еще в глубокой древности пытались регулировать температуру химических процессов, аппараты для охлаждения были разработаны лишь через несколько веков после начала нашей эры, т. е. значительно позже, чем появились нагревательные устройства. Процессам искусственного охлаждения продуктов реакции стали уделять особое внимание лишь после того, как начали перегонять летучие жидкости. Первоначально Р. Луллий для охлаждения пара при перегонке ставил приемник в сосуд с холодной водой. Василий Валентин использовал бочонок, в который вливалась холодная вода, а

нагревшаяся — вытекала наружу. Однако система противоточного охлаждения была изобретена И. Хр. Вайгелем лишь в конце XVIII в.

Оборудование для высокотемпературных процессов

Для осуществления разнообразных химических процессов важными средствами труда, помимо огня, служили различные сосуды. Аппараты для перегонки выполнялись из фаянса; позже стали применять стеклянные сосуды, которые ценились очень дорого. С XIII в. стеклянные сосуды начали применяться повсеместно. Сосуды из глины в отличие от стеклянных были пористыми и пропускали жидкости. Применялись также металлические сосуды, но значительно реже глиняных или стеклянных: во-первых, ремесленники опасались, что металлы могут загрязнять вещества, реагирующие или просто хранящиеся в сосудах; во-вторых, они испытывали страх перед отравлениями некоторыми металлами, в частности медью или свинцом. Поэтому металлические сосуды в общем ценились довольно невысоко.

В разное время использовались и деревянные емкости, внутренняя поверхность которых предварительно обжигалась. Иоганн Кункель, как и за три столетия до него Гебер, был сторонником применения стеклянных сосудов, которые считал важнейшим оборудованием химических лабораторий.

В XVIII в. продолжались попытки создать наиболее удобные сосуды для проведения химических операций. В качестве сырья использовали различные сорта глины, стекло, медь, олово, железо, серебро.

Открытие платины стало важным событием для развития химии. В начале XIX в. невозможно было представить себе химическую лабораторию, где бы не было плавильного тигля из платины. Юстус Либих писал: «Без платины было бы невозможным проведение анализа минералов. Минерал должен быть растворен, а перед этим его надо подготовить к растворению. Стекло, фарфор и все другие виды неметаллических плавильных тиглей часто разрушаются вследствие растворения находящихся в них минералов. Тигли из золота и серебра плавилась бы при высоких температурах. Платина же более доступна и дешевле ценится, чем золото, более твердая и долговечная, чем серебро; не плавится при температурах, обычно применяемых в наших печах, не повреждается кислотами и углекислыми щелочами, объединяя в себе, таким образом, свойства золота и огнестойкого фарфора. Без платины мы, вероятно, и до настоящего времени не знали бы химических свойств большинства минералов» [1, с. 85 и сл.].

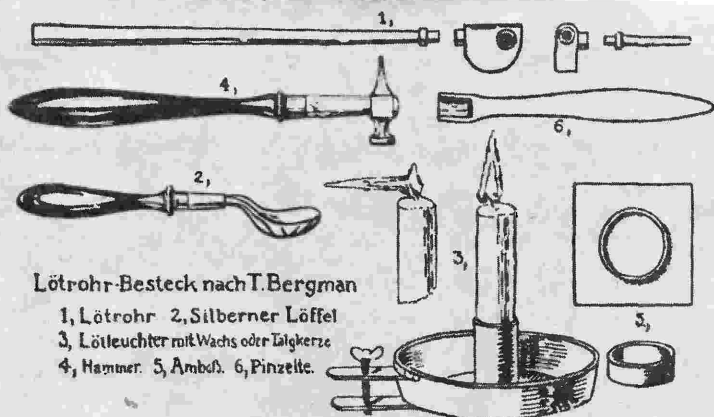
Так как химики чаще всего имели дело не с отдельными сосудами, а с их системами, материал и размеры каждого со-

суда и способ соединения оказывали большое влияние на проведение химических экспериментов. Многие века сосуды соединялись с помощью пропитанного разными составами сукна. Пропитками служили различные смеси из клея, извести, глины, белка, соли, навоза, мочи, муки, волос, рубленой смеси сена и соломы. Пробка и каучук стали применяться в европейских лабораториях лишь в XVIII—XIX вв. По словам Либиха, «не имея пробки и каучука, мы не смогли бы привлечь к нашей работе механиков. Без использования каучука наши аппараты стоили бы гораздо дороже и были бы более хрупкими. Но главное достижение — это экономия нашего бесценного времени» [1, с. 86].

Использование огня как «химического анализатора» в «экспериментальном искусстве» было усовершенствовано в XVIII в. с помощью паяльной трубки, которую еще за сто лет до этого применяли ювелиры при работе с золотом и серебром. С применением паяльной трубки удалось установить состав большинства минералов. При этом огонь вновь проявил себя как важный «инструмент» в разнообразных способах анализа. Только использование огня позволило химикам открыть многочисленные новые факты, обобщение которых привело к разработке основополагающих теорий.

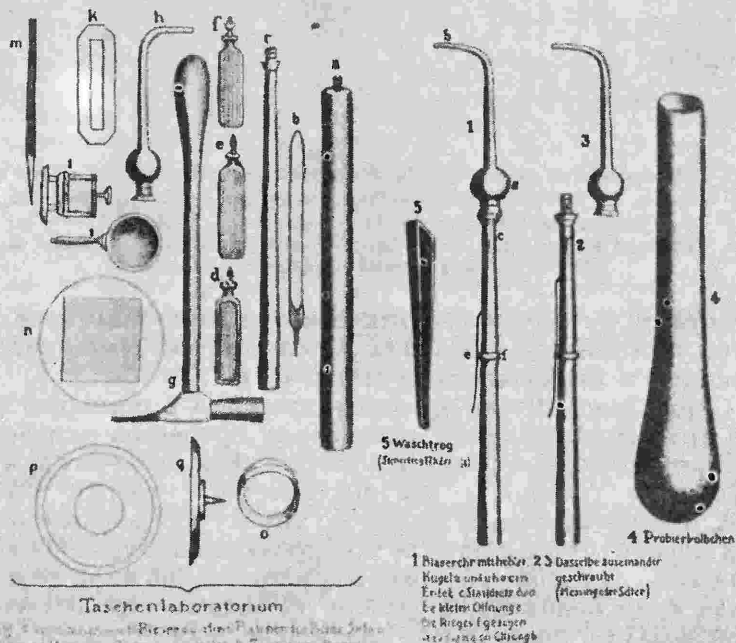
Первое сообщение о применении паяльной трубки появилось в трудах Академии эксперимента (дель Чименто) во Флоренции в 1660 г. Сообщалось, что с помощью трубки, помещенной в расплавленное стекло, а затем в пламя свечи, стеклодувы могут изготавливать изящные изделия из стекла. Иоганн Кункель в своем трактате «Искусство получения стекла», опубликованном в 1679 г., рекомендовал широко использовать паяльную трубку для анализа минералов: «Выдалбливают отверстие в куске угля, затем кладут внутрь металлическую известь* и из паяльной трубки на нее выдувают тонкую «ниточку» пламени. Температура пламени так высока, что металл буквально на глазах начинает выплавляться. Для всех тонких работ, где требуются высокие температуры, паяльная трубка была бы незаменимым инструментом» [73, с. 43]. Георг Эрнст Шталь, Иоганн Андреас Крамер (1710—1777), Карл Фридрих Циммерман, Свен Ринман, Антон ван Сваб, Александр Фридрих Кронштедт (1722—1765), Ю. Г. Валлериус, Густав Энгештрём, Торберн Бергман, Юхан Готтлиб Ган, Орас Бенедикт де Соссюр (1740—1799), Андреас Сигизмунд Маргграф, Иоганн Фридрих Хаусман, Уильям Уолластон и, наконец, Йенс Якоб Берцелиус успешно использовали паяльную трубку в своей работе. Во второй половине XIX в. паяльная трубка уже широко использовалась для анализа различных соединений, в частности при анализе «мокрым путем» и спектральном анализе. В 1844 г. Герман Копп писал: «В XVIII в. для проведения анали-

* Имеются в виду оксиды металлов.— Прим. перев.

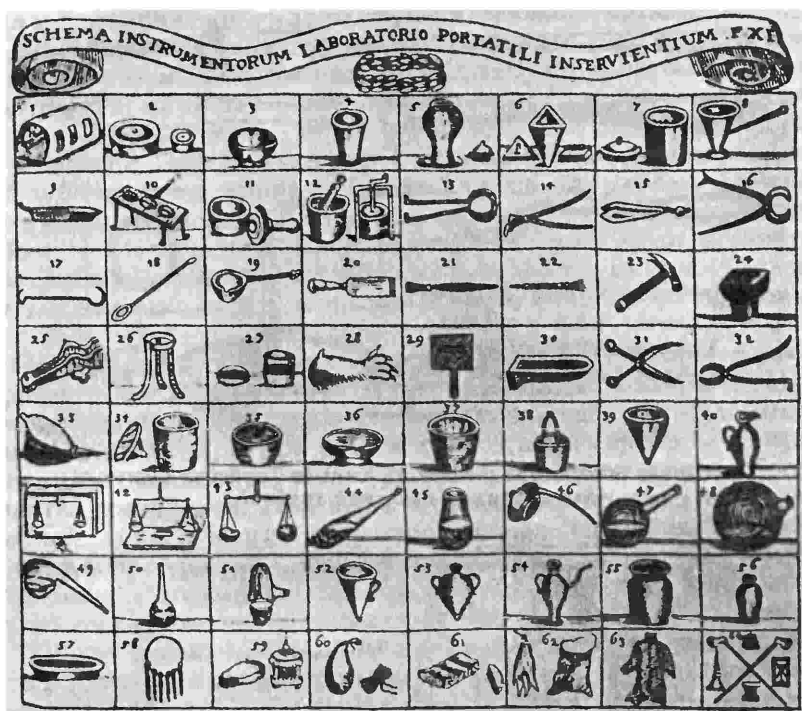


Пробирная аппаратура шведского химика Торберна Бергмана для анализа с паяльной трубкой.

G von Engeströms Probierrgerät 1774



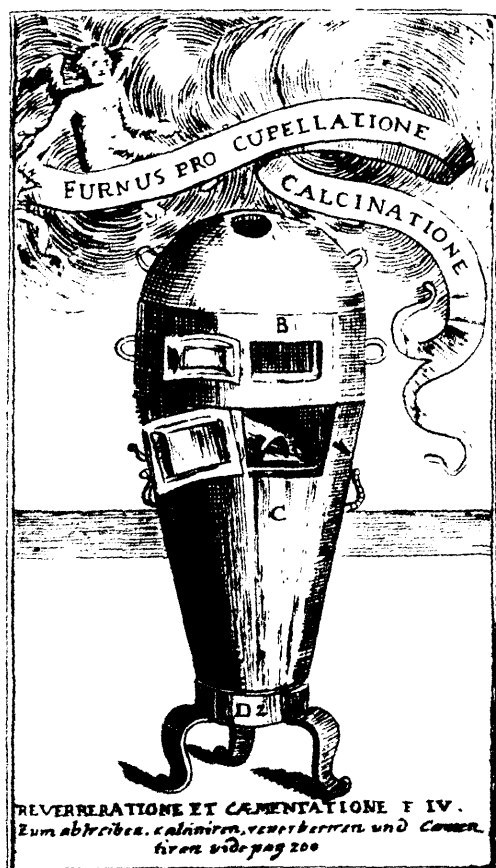
Пробирная аппаратура шведского менеролога Г. Энгештрёма для анализов с паяльной трубкой (XVIII в.).



Изображение «переносной лаборатории» И. И. Бехера. 1 — муфель; 2—7 — различные сосуды для нагревания и плавления; 8 — тигель для литья; 9—11 — литейные формы; 13—17 — крючья и щипцы; ... 28 — заячья лапа для перемешивания и смешивания порошков ...

за «сухим путем» в аналитической химии был предложен метод, который и до сих пор является одним из самых распространенных и плодотворных» [11, т. II, с. 35].

Георг Эрнст Шталь продемонстрировал с помощью паяльной трубки особенности проведения процессов окисления и восстановления и использовал полученные сведения для подтверждения созданной им флогистонной теории [92, 93]. И. А. Крамер применял паяльную трубку для анализа небольших кусков металла на угле при добавлении буры. Он считал, что паяльная трубка должна быть изготовлена из меди и иметь недалеко от конца шарообразное расширение, где осаждаются пары воздуха, подаваемого для проведения процесса. Другие ученые, как, например, Циммерман, предлагали использовать кузнечные мехи для выдувания воздуха из паяльной трубки. В Швеции, где в XVIII в. большое внимание уделялось развитию металлургии и горного дела, многие химики применяли



Так называемая универсальная разборная печь И. И. Бехера для прокаливания, перегонки или возгонки веществ.

паяльную трубку для анализа минералов и широко пропагандировали этот метод. Среди них были Кронштедт, Валле-риус и Густав Энгештрём, который выпустил первое руководство по применению паяльных трубок [11, т. II, с. 46]. Торберна Бергмана и Юхана Готтлиба Гана (1745—1818), друга и учителя Й. Берцелиуса, считали замечательными мастерами использования паяльных трубок для анализа. Этих ученых превзошел только сам Берцелиус. С помощью паяльной трубки он определил состав многих минералов и с большой точностью описал их в своей книге «Об употреблении паяльной трубки при химических и минералогических исследованиях», опубли-

кованной на шведском языке в 1821 г.* В этой работе были описаны все усовершенствования и способы использования паяльных трубок, а также обнаруженное Бергманом в 1779 г. различие внутренней и внешней зон пламени и его указания о различных реагентах: соде, буре, фосфорных солях. Кроме того, там были описаны предложенные Ганом способы применения платиновой проволоки для проб с паяльной трубкой и солей кобальта в качестве реактивов для анализа с паяльной трубкой.

Пневматическая ванна и газовый анализ

Анализ с помощью паяльной трубки сыграл важную роль в накоплении химических знаний в конце XVIII в.— в фазе, которая привела к формированию «классической химии». Однако значение газового анализа для развития химии было несравнимо больше. При работе с газами ученые испытывали значительные трудности: газы были осязаемы, но неуловимы. Некоторое время их пытались изучать с помощью сосудов для перегонки и сублимации, где вещества небольшое время находились в газообразном состоянии, прежде чем перейти в жидкое. Но лишь в XVIII в., когда была открыта пневматическая ванна, началось систематическое исследование газообразных веществ. На основе этих экспериментов Лавуазье получил много новых данных о протекании окислительных превращений, переосмыслил уже известные факты и пришел к созданию кислородной теории горения.

Некоторые историки считают, что приверженностью химиков XVII—XVIII в. учению о четырех первичных элементах Аристотеля можно объяснить, почему исследователи практически не занимались установлением природы и выяснением свойств газов. Ведь воздух считался одним из первичных, неделимых элементов. Это рассуждение можно отнести также и к «воде», и к «земле». Вода была изучена, пожалуй, раньше всех других веществ, но различные свойства железистых, сернистых или кальциевых минеральных вод отнюдь не мешали химикам вплоть до середины XVIII в. рассматривать воду как самостоятельный «элемент».

Нельзя забывать, что понятие «элемент» в те времена было совсем иным, чем сейчас, и уже в античности элемент характеризовался определенной совокупностью качеств (горючий, воздухоподобный, твердый, жидкий). Поэтому широкая трактовка понятия «элемент» едва ли была препятствием для изучения газообразных веществ. Так, античные натурфилософы, называя воздухом газообразные вещества, тем не менее разли-

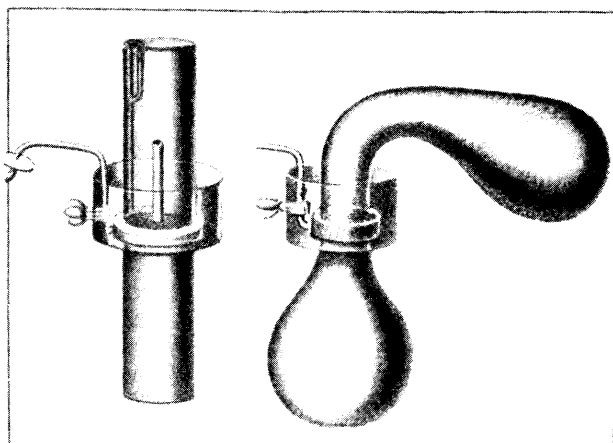
* Вскоре это руководство было переведено на немецкий, французский, английский, итальянский и в 1831 г. на русский языки. См. кн.: Соловьев Ю. И., Куриной В. И., Якоб Берцелиус, 2-е изд.— М.: Наука, 1980, с. 215—219.— *Прим. перев.*

чали по свойствам разнообразные виды воздуха. В то время ремесленники хорошо знали свойства таких газообразных веществ, как сернистый газ, углекислый газ, образующийся при брожении продуктов или при горении извести, а также при смешивании уксуса и меда. Было известно, что при вдыхании угарного газа наступает удушье, нередко приводящее к смерти. Каждому виноделу в древности было известно, что в подвалах, где хранят вино, гаснут свечи, а кошки не могут ловить мышей. Еще Плиний различал два вида воздуха в зависимости от свойств, проявляемых по отношению к огню: один из видов воздуха усиливал горение, другой гасил огонь.

С тех пор как в лабораториях начали применять неорганические кислоты, были открыты новые свойства газов. Например, еще Парацельс заметил, что, если добавить концентрированную серную кислоту к железу, появляются пузырьки «воздуха», как при кипении. Парацельс, для которого воздух был символом хаотического состояния материи, назвал его «хаос». Поэтому иатрохимик Ван Гельмонт, который много занимался исследованиями газообразных веществ, предложил для их общего наименования термин «газ». Ван Гельмонт (1577—1644) отмечал трудности, с которыми столкнулся при изучении газообразных веществ: газы легко улетучивались и испарялись. Поэтому Ван Гельмонт исследовал лишь углекислый газ и описал появление этого вещества при горении, а также брожения. Это же вещество, по мнению Ван Гельмонта, выделяется из минеральных вод и из организма человека.

Задолго до начала систематического исследования газов в XVIII в. свойства газов стали широко известны в результате опытов над атмосферным воздухом, проведенных Эванджелиста Торричелли (1608—1647), Отто Герике (1602—1686), Робертом Бойлем (1627—1691) и Эдмом Мариоттом (1620—1684). В 1643 г. Торричелли доказал, что воздух производит давление, и измерил величину этого давления. В 1641 г. Герике изобрел воздушный насос, а в 1654 г. он продемонстрировал перед городским советом Регенсбурга свой знаменитый опыт с «магдебургскими полушариями», доказав громадную силу воздушного давления. В 1662 г. Бойль обнаружил существование зависимости между объемом воздуха и изменением его давления. В 1679 г. Мариотт выразил эту зависимость формулой $pV = \text{const}$. Так появился известный закон Бойля — Мариотта.

Однако опыты, выполненные Бойлем, не привели его к мысли, что воздух и газы могут участвовать в химических процессах. Наблюдаемое Бойлем увеличение веса [массы] металлов при прокаливании (окислении) навело его на мысль о существовании «огненных частиц», тогда как еще до опытов Бойля Жан Рей в 1630 г. и позднее Джон Мэйоу (1645—1679), а в XVIII в. М. В. Ломоносов пришли к предположению о существовании «воздушных частиц». Неверное допущение, буд-



Первый аппарат для перегонки в вакууме, сконструированный Р. Бойлем (XVII в.).

то воздух или газы, понимаемые как воплощение некоего «духа», не могут участвовать в реакциях, способствовало тому, что даже такой выдающийся ученый, как Георг Эрнст Шталь, объяснял процессы восстановления и окисления с помощью гипотетического вещества — «флогистона». Лишь во второй половине XVIII в. исследователи пришли к выводу, что газы, подобно другим жидким и твердым веществам, могут участвовать в различных реакциях.

В свое время Роберт Бойль и Джон Мэйоу описывали один из видов пневматической ванны — заполненную смесью воды и серной кислоты стеклянную колбу, в которой помещены железные гвозди. Для улавливания выделяющихся при реакции газов перевернутая стеклянная колба погружается в сосуд с водой.

Другие ученые, например Христофер Врен (1632—1679) и позже Карл Вильгельм Шееле (1742—1786), использовали для улавливания газов дыхательные пузыри крупных рыб. Лишь необычайные способности Шееле к проведению экспериментов позволили ему с помощью этой примитивной техники совершить такие выдающиеся открытия, как обнаружение кислорода (1772 г.), хлора (1774 г.), сероводорода (1776 г.).

Важнейшим «инструментом» для проведения газового анализа была пневматическая ванна, описанная С. Гейлсом в 1727 г. В пневматической ванне Гейлс получал газы из угля, жира, оксидов, известняка. При этом его интересовала не природа образующихся газов, а лишь горючесть этих веществ. Только Джозеф Блэк (1728—1799) смог впервые отличить углекислый газ от атмосферного воздуха. Блэк называл этот газ «фиксированным» (т. е. связанным) воздухом, так так получил его

(в 1755 г.) из карбоната магния. Блэк открыл также реакцию поглощения углекислого газа «известковой водой». Отсюда возникло представление, что благодаря определенным воздействиям можно выделить отдельные газы из их смесей. Этот опыт явился важнейшей предпосылкой для возникновения газового анализа. Кроме того, Блэк обнаружил возможность определения веса [массы] газообразных веществ при рассмотрении их соединений, находящихся в твердом состоянии.

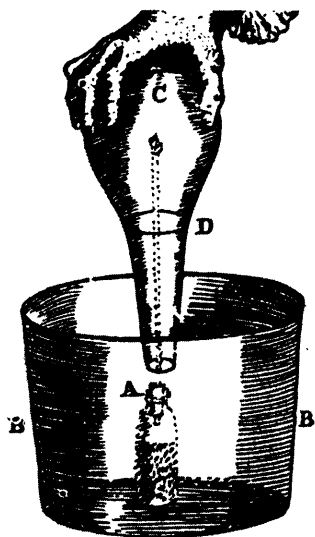
Джозеф Пристли (1733—1804) превратил пневматическую ванну в незаменимое устройство для химического исследования, после того как открыл способность некоторых газов поглощаться водой. (Торберн Бергман тоже обнаружил, что углекислый газ может растворяться в воде и имеет кислый характер, почему и называл этот газ «воздушной кислотой».) С помощью усовершенствованной им пневматической ванны (с ртутным затвором) Пристли после Шееле (1772 г.), но независимо от него открыл кислород, а, кроме того, в 1773—1776 гг. изучил «веселящий газ», хлороводород, сернистый газ и аммиак.

В 1766 г. Генри Кавендиш (1731—1810) открыл водород*, а в 1772 г. Даниэль Резерфорд (1749—1819) — азот. В книге «Эксперименты с воздухом» (1784 г.) Кавендиш описал и другие свои достижения в области экспериментальной химии: разработанные им способы определения плотности газов, в частности углекислого газа и водорода, выяснение состава атмосферного воздуха и воды. Таким образом, было сделано важнейшее в истории химии открытие — показано, что при соединении водорода и кислорода, содержащегося в воздухе, может образовываться вода, которую в то время многие ученые еще считали «элементом». (Лишь десятью годами ранее на основе эксперимента Лавуазье удалось опровергнуть считавшееся непреложным утверждение, будто воду можно превратить в землю!)

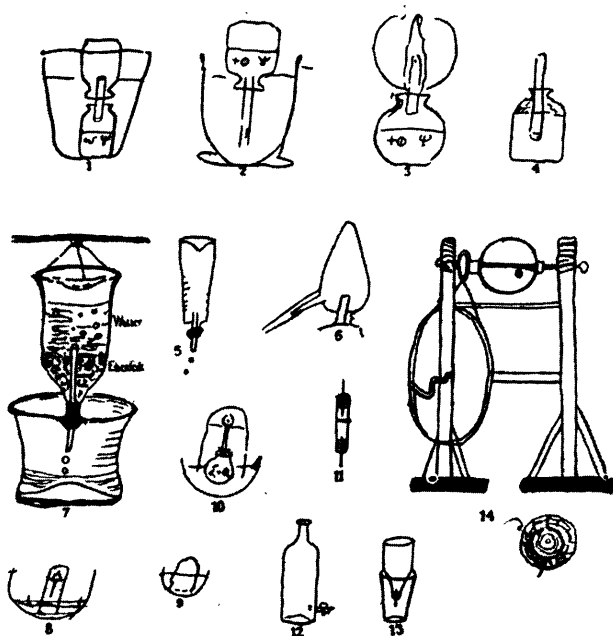
В своих исследованиях Кавендиш применил новый метод, который значительно обогатил «экспериментальное искусство», — действие электрического разряда на смеси газов, в частности на смесь водорода и кислорода. При этом образовывалась вода. При пропускании электрических разрядов через атмосферный воздух Кавендиш использовал изогнутую стеклянную трубку, концы которой были погружены в стеклянные сосуды («рюмки») со ртутью**. В 1785 г. Кавендиш обратил внимание на пузырьки «остаточного воздуха» ($1/120$ первоначаль-

* Поскольку Кавендиш не смог понять природу изученного им в то время газа, некоторые историки химии не приписывают ему открытие водорода. См. Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д. Как были открыты химические элементы. — М.: Просвещение, 1980, с. 37—39. — *Прим. перев.*

** При этом получались также оксиды азота, свойства которых изучал Кавендиш. Впоследствии такой способ получения оксидов азота широко использовался в лабораторной практике. — *Прим. перев.*



Сгорание водорода (полученного при смешивании железных или цинковых опилок с серной кислотой) в закрытом объеме воздуха.



Химические аппараты (из рукописей К. В. Шееле).

ного объема), который не изменялся под действием электричества. Лишь в 1894 г. Уильям Рэлеи установил, что «остаточных воздух» — это инертный газ.

Факты, полученные при изучении газообразных веществ, легли в основу созданных Антуаном Лавуазье новых представлений о протекании окислительно-восстановительных процессов. Лавуазье был не только выдающимся теоретиком, но и замечательным экспериментатором. В 1770-х — начале 1780-х гг. он определял количества оксида углерода, образующиеся при сгорании угля и углеродсодержащих «горючих тел». В 1784 г. Лавуазье показал, что при пропускании водяного пара через раскаленную железную трубку образуется водород. Практически одновременно Кавендишу удалось осуществить синтез воды из элементов, а Лавуазье разработал способ ее разложения.

Совершенно неверным является утверждение некоторых историков химии будто для создания своей антифлогистонной теории Лавуазье использовал данные экспериментов лишь других исследователей. Кроме открытий Лавуазье, о которых мы рассказывали, следует подчеркнуть еще одну сторону его творчества, оказавшую громадное влияние на развитие химии: ученый систематически применял взвешивание для контроля за протеканием превращений и как «средство познания». При этом наибольшей заслугой Лавуазье в совершенствовании естественнонаучных знаний было окончательное экспериментальное обоснование закона сохранения веса (массы). Вместе с тем не следует утверждать, что лишь Лавуазье ввел весы в экспериментальную химическую практику; они использовались химиками задолго до Лавуазье [93, с. 105 и сл.].

Качественный и количественный анализ

Если до сих пор мы рассматривали химические процессы, в которых важнейшим «средством труда» был огонь, то теперь обратимся к реакциям, которые имеют большее значение, как отмечал Герман Копп, для «анализа мокрым путем». Для этих реакций характерно то, что они идут прежде всего в результате самопроизвольного взаимодействия веществ в растворах. Взаимодействующие вещества являются при этом одновременно и «предметом труда», и «средством труда». Задачи исследования в таком случае будут заключаться в анализе реакционной способности различных веществ и изучении условий их взаимодействия. Результаты экспериментальных работ стали предпосылками для широких обобщений и создания теорий состава веществ и их превращений.

Не следует забывать, что для изучения реакций, осуществляющихся «мокрым путем», большую роль играли потребности химических ремесел и торговли. Еще в древности для оцен-

ки качества красок, дрожжей, лекарств люди использовали обоняние, зрение и осязание. Однако появлялось все больше соединений, важных для химической практики (например, пурпур, многие лекарства, металлы), качество которых нельзя было определить на ощупь, на вкус и на цвет. Поэтому потребовались более точные методы анализа широко применяемых веществ.

Уже в начале нашей эры было известно больше способов анализа веществ, чем во времена античности. Диоскорид, а также Плиний, например, описывали способы, которыми можно обнаружить ярь-медянку, используемую при изготовлении фальшивых украшений.

С глубокой древности люди научились различать жидкости («воды») по цвету, запаху, вкусу. Однако уже во времена античности пытались найти и более объективные критерии оценки свойств растворов. Гиппократ указывал, что самая чистая (и наиболее пригодная для питья) вода — та, которая быстрее всего охлаждается и нагревается. Врач Архиген (I в. н. э.) различал воды, содержащие щелочи, железо, соли, серу. Витрувий* предложил испарять воду, а затем конденсировать и таким образом «очищать» от различных примесей.

В 1572 г. Леонард Турнейсер (1530—1596) опубликовал свой труд «О холодных, теплых, минеральных и металлических водах». В этой работе описывались способы исследования состава различных вод, сравнения веса [массы] дождевой воды и вод различных источников, проведение испарения воды и кристаллизации осадков, изучение осадков при их нагревании и т. д. Андреас Либавий (1540—1616) в 1597 г. исследовал газы, выделяющиеся из различных минеральных вод. Кроме того, он предложил новые методы, которые позволяли доказать содержание в воде квасцов, селитры или купоросов. Либавий использовал сок дубильных орешков как реагент для обнаружения железа, а раствор меди для определения аммиака.

В 1685 г. Роберт Бойль опубликовал книгу «Обзор естественной истории минеральных вод». Он сообщил результаты изучения свойств и состава вод различных минеральных источников и описал способы проведения анализа вод: определение температуры и плотности, изучение цвета, запаха, действия на кожу, наблюдение за подвижностью частиц примесей в воде под микроскопом, действие воздуха на воду. Металлические примеси в различных видах воды следовало определять с помощью сока дубильных орешков. Сок чернел, если вода содержала железо. Примеси меди приводили к покраснению

* Витрувий (Vitruvius)— древнеримский архитектор и инженер (2-я пол. I в. до н. э.). В своем основном сочинении «Десять книг об архитектуре» рассмотрел (кроме архитектурных) различные научно-технические вопросы.— *Прим. перев.*

раствора или к выпадению из него осадка. Щелочные воды Бойль предлагал изучать, добавляя к ним сок фиалки, который при этом становился зеленым. Фридрих Гофман* (1660—1742) в книге, опубликованной в 1703 г., описывал способы исследования состава вод, например обнаружения железа путем добавления дубильной кислоты или экстракта из коры дуба или смеси извести и мелкораздробленных раковин (в последнем случае выпадает осадок). Поваренная соль в воде определялась, по Гофману, с помощью нитрата серебра, сера — с помощью серебра и т. д. Открытие важнейших неорганических кислот в начале XIII в. способствовало значительному усовершенствованию анализа «мокрым путем». Эти кислоты стали широко распространенным средством химического исследования состава различных растворов. Ученым XIII в. — Геберу, Альберту Великому, Раймунду Луллию, Виталису де Фурно (1247—1327)— уже были известны серная кислота (получаемая при нагревании квасцов) и азотная кислота (образовывалась при нагревании смеси квасцов, медного купороса и селитры). С помощью этих кислот оказалось возможным впервые отделить золото от серебра «мокрым путем», а также окислить ртуть и железо. Ученые XIII в. знали также о существовании растворяющей золото и серу «царской водки», которую получали из азотной кислоты и аммиака**. Наблюдения химических процессов, проводимых с помощью неорганических кислот, помогли ученым в создании фундаментальных представлений о специфике протекания многих реакций. Эти представления легли в основу методов анализа «мокрым путем». Знания особенностей протекания таких реакций были важны для промышленной химии и для расширения представлений о природных явлениях.

Непосредственное влияние на развитие химических знаний оказали попытки классифицировать металлы по их свойствам. Парацельс (1493—1541) расположил металлы в ряд по скорости, с которой ртуть образовывала с ними амальгаму. На первом месте в этом ряду стояло золото, далее располагались серебро, свинец, олово, медь, железо. Эти результаты имели большое практическое значение. В 1617 г. Анджело Сала сравнил металлы по их способности выпадать в осадок из растворов их солей; осаждение еще со времен Парацельса применялось как важный метод «экспериментального искусства». И. Глаубер в 1649 г. сопоставил металлы по их растворимости в кислотах.

* Фридрих Гофман — профессор медицины университета в Галле — известен исследованиями по аналитической и фармацевтической химии. В XVIII—XIX вв. широкое распространение в фармацевтической практике приобрели «гофманские капли» (смесь эфира и этилового спирта).—Прим. ред.

** См. примечание на стр. 142.—Прим. перев.

В дальнейшем была обнаружена возможность выделения серебра из его растворов при погружении медной проволоки или добавлении к раствору серебра растворов солей меди и железа.

Георг Эрнст Шталь систематически много лет исследовал «сродство» металлов на основе анализа их растворимости в кислотах и их различного вытеснения из растворов. Шталь расположил металлы в зависимости от величины их «сродства», выражавшейся в скорости растворения в кислотах, в следующий ряд: цинк, железо, медь, свинец (или олово), ртуть, серебро, золото. Жоффруа, Бергман и Гитон де Морво также пытались систематизировать металлы по величине их «сродства» и на основании этого начали составлять таблицы «сродства».

Для разработки новых экспериментальных методов и совершенствования представлений о протекании реакций необходимо было также и исследование состава и свойств солей, образующихся при «растворении» металлов в кислотах. Уже Парацельс широко применял соли меди, свинца, серебра, ртути, сурьмы и соединения мышьяка в качестве лечебных средств. Используя очень малые дозы этих веществ (многие из которых сильно ядовиты), Парацельс с успехом лечил больных. Необходимость дозировки лекарств и проверки их чистоты заставляла ученых искать все более совершенные методы исследования растворов веществ. Одновременно это предъявляло высокие требования к труду врачей и аптекарей, которые должны были, по мнению Парацельса, уметь готовить тщательно очищенные от примесей и эффективные лекарственные препараты. Парацельс считал, что алхимик в силах воспроизвести все, что создала природа. Он говорил, что если бы природа не создала день, приходящий на смену ночи, то день должен был бы создать человека с помощью «алхимического искусства».

Парацельс, Андреас Либавий, Анджело Сала, Отто Тахений, Иоганн Рудольф Глаубер, Роберт Бойль описывали ряд признаков, в помощью которых они пытались классифицировать различные соли,— цвет, вкус, запах, удельный вес, форму кристаллов и растворимость. В XVIII в. экспериментальное изучение солей настолько продвинулось вперед, что Тахений уже определял соли как соединения кислот и щелочей. Тахений дал классификацию различных существовавших экспериментальных методов исследования. Он видел доказательства присутствия тех или иных веществ лишь в образовавшихся при их взаимодействии соединениях.

Анализ «мокрым путем» в XVII в. достиг такого высокого уровня, что исследователи целенаправленно проводили реакции образования солей и реакции взаимного обмена солей с выпадением осадка. Сала, Глаубер, Кункель отчетливо пони-

мали, что в результате реакции различных соединений могут возникать новые вещества, обладающие иными свойствами, чем исходные. Более того, химики научились в то время проводить и обратный процесс — вновь получать исходные вещества из продуктов реакции.

Количество аналитических методов в XVIII в. было столь значительным, что назрела потребность в широком обобщении накопленного материала. Многие химики пытались создать такие обобщения. Особенно удачную систему взглядов разработал Торберн Бергман, который расположил вещества по группам в зависимости от способов проведения их анализа. Бергман различал два типа анализа «мокрым путем»: 1) испарение и фракционная кристаллизация; 2) проведение различных специфических реакций анализируемых веществ (действие на вещества лакмусом, фиалковым соком, экстрактом дубильных орешков, серной кислотой, щавелевой кислотой, карбонатом калия, известковой водой, нитратом серебра, ацетатом свинца, этиловым спиртом). Бергман подробно описал способы получения всех этих веществ, их реакции, а также пути проведения анализа и способы объяснения полученных результатов. В книге, посвященной описанию анализа минералов «мокрым путем» (1780 г.), Бергман пытался систематизировать все эти методы. Из введения к этой книге видно, какое значительное место занимал анализ жидкостей в «экспериментальном искусстве» того времени. «В наше время,— писал Бергман,— спагирическое* искусство может определять с помощью различных растворов составные части минералов. Однако следует помнить, что анализы минералов проводятся «мокрым путем» довольно редко. Для определения состава минералов гораздо характернее проведение смешанного анализа — частично «сухим», частично «мокрым путем». Металл экстрагируется жидким способом, затем выделяется из раствора при нагревании. Однако я ставлю перед собой цель разработать такие способы анализа «мокрым путем», которые бы не требовали затем нагревания металла до плавления и даже прокаливания. Я вовсе не хочу преуменьшить значение сухого способа исследования, но в экспериментальной практике следует пользоваться наименее трудоемкими и наиболее надежными методами» [94, с. 403].

Важнейший метод «экспериментального искусства» — качественный анализ — к концу XIX в. достиг высокой степени совершенства. К этому времени и количественный анализ (включая весовой анализ) превратился в широко применяемый

* «Спагирическое искусство» — термин, введенный Парацельсом. Вслед за Парацельсом спагирическим искусством ученые стали обозначать часть химии, посвященную соединению и разделению веществ (от древнегреческих слов «извлекаю» и «собираю»). См. также: *Фигуровский Н. А.* Очерки общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в. — М.: Наука, 1969, с. 157, 167, 200, 221, 233, 241. — *Прим. перев.*

и достаточно разработанный прием исследования. Этому способствовали труды многих химиков Франции, Германии, Англии, Швеции и России. Количественный анализ как полноценный метод исследования ввел в науку один из основателей современной химии А. Лавуазье.

Еще в глубокой древности при производстве лекарств, в металлургии и других химических ремеслах использовались весы. Разумеется, весы широко применялись и в экспериментальной практике. Многие химики уделяли внимание изучению количественного состава реагирующих веществ. Лемери, Кункель, Вильсон (в книге «Курс практической химии» 1746 г.), а позже Маргграф, Блэк, Бергман и другие ученые подчеркивали важность количественного определения состава веществ, участвующих в реакциях. В XVII в. такие определения проводились, но скорее изредка, чем систематически. Лишь с течением времени методы количественного анализа нашли широкое применение. Причем особенно заметно это проявилось в экспериментах по газовому анализу, где количественно определялись компоненты воздуха, плотность газов, количество углекислого газа, выделяющегося из карбонатов, и т. п.

В последней трети XVIII в. особенно был замечен прогресс в методах количественного анализа, в значительной мере благодаря работам Антуана Лорана Лавуазье (1743—1794). Используя взвешивание как метод контроля и исследования, Лавуазье подтвердил закон сохранения веса (массы): доказал на примерах, что общий вес (масса) веществ, участвующих в химическом процессе, постоянен вне зависимости от того, каким путем идет этот процесс. Работы других химиков, направленные на совершенствование методов количественного анализа в растворах, привели в начале XIX в. к значительному повышению уровня химических знаний.

Карл Фридрих Венцель (1740—1793) в книге «Учение о сродстве» (1777 г.) довольно точно описал состав более чем 200 солей. Однако его труд не вызвал интереса у химиков. То же произошло и с работами Иеремии Вениамина Рихтера (1762—1807), который открыл закон нейтрализации и основал учение о стехиометрии [12, с. 114 и сл.]. Книга Рихтера привлекла внимание химиков, лишь когда Эрнст Готтфрид Фишер в 1801 г. пересчитал и привел результаты экспериментов Рихтера к значению общего эквивалента — эквивалентному весу «серной кислоты», принятому равным 100. Но особенно широкую известность труды Рихтера получили после того, как Клод Луи Бертолле (1748—1822) поместил составленную таким образом таблицу эквивалентных весов в приложения к своей книге «Очерки химической статики» (1803 г.) и использовал ее во время полемики по поводу закона постоянства состава соединений. Закон постоянства состава в ходе этой полемики (1801—1808 гг.) утвержден Жаном Луи Прустом (1755—1826),

затем объяснен Джоном Дальтоном в свете его атомистических представлений и открытого им в 1803 г. закона простых кратных отношений. Количественный анализ «мокрым путем» приобрел такое большое значение как «средство труда» в химическом эксперименте, что результаты, полученные этим методом, подготовили открытие важнейших законов химии.

Хотя «экспериментальное искусство» уже давно доказало свою плодотворность для развития ремесел и совершенствования естественнонаучных представлений, даже в конце XVIII в., как правило, не было хорошо оборудованных лабораторий. В университетах Германии основное внимание уделялось изучению технологии и гуманитарных наук. Первые лаборатории, где студенты могли освоить «искусство химического анализа», были устроены Виглебом в Лангензальце и Троммсдорфом в Эрфурте. Пристли и Кавендиш в Англии работали в собственных частных лабораториях, Шееле в Швеции проводил опыты в помещении аптеки, где работал помощником аптекаря.

Различные академии и научные общества в европейских странах стали возникать с XVI в. Они поддерживали химические исследования, выделяя ученым средства, помещения, оборудование. Академиям и научным обществам в свою очередь оказывалась государственная поддержка. В 1560 г. в Неаполе была создана Академия тайн природы, в 1603 г. в Риме — Академия рысьеглазых (дей Линчей), в 1657 г. во Флоренции — Академия эксперимента (дель Чименто). В 1663 г. в Лондоне было учреждено Королевское общество, в 1666 г. — Академия наук в Париже, в 1700 г. — Общество науки в Берлине, в 1713 г. — Королевская испанская академия в Мадриде, в 1724 г. — Академия наук в Петербурге. Но все эти научные организации не могли полностью удовлетворить быстрорастущие запросы теории и практики развивающегося химического эксперимента.

Лишь начиная со второй трети XIX в. правительства различных стран в соответствии с требованиями промышленной революции и потребностями сельского хозяйства стали отпускать довольно значительные суммы на оборудование химических лабораторий. Но это произошло лишь после того, как люди отчетливо поняли, что только развитие теории и практики эксперимента приводит к прогрессу естественнонаучных знаний и химического производства.

Формирование представлений о составе и химических свойствах веществ

Высшая и последняя цель химии — это изучение явлений природы, их чередования, а также выяснение общих факторов для разных процессов, происходящих в природе. Исследуя их, химик открывает законы, по которым протекают природные явления. В конце концов, объединив знания, полученные с помощью органов чувств и рассудка, ученые создают теории, являющиеся отражением природных явлений в духовной деятельности человека.

Юстус Либих

От античной натурфилософии до классической химии

Представления древнегреческих натурфилософов оставались основными идейными истоками естествознания вплоть до XVIII в. До начала эпохи Возрождения в науке господствовали представления Аристотеля. В дальнейшем стало расти влияние атомистических взглядов, впервые высказанных Левкиппом и Демокритом.

Незадолго до начала нашей эры главным образом благодаря трудам римского ученого и писателя Лукреция (Тит Лукреций Кар, 96—55 гг. до н. э.) атомистические воззрения получили дальнейшее развитие. В поэме «О природе вещей» («De rerum natura») он очень наглядно описывал атомы. Вероятно, благодаря деятельности Лукреция арабские естествоиспытатели сумели объединить атомистику с теориями Аристотеля.

Алхимические работы опирались преимущественно на натурфилософские взгляды Платона и Аристотеля. Учение о трансмутациях было невозможно опровергнуть, пока понятие химического элемента не получило отчетливой формулировки. Но уже химики-флогистики в XVIII в. достаточно эффективно боролись с «златоделием» и выдвигали против него веские аргументы (особенно Виглеб). Все же окончательную победу над алхимией удалось одержать лишь тогда, когда появилась «теория элементов» Лавуазье. В начале XIX в. на смену прежним атомистическим воззрениям пришла теория Дальтона об атомном строении вещества, на основе которой вскоре сформировалась научная химия.

Элементы и атомы у арабов

С VIII по X в. н. э. наиболее известны были труды арабского ученого Ибн Надима, входившие в алхимический сборник

«Фирист» (987 г.). Однако их автором довольно долго считали другого арабского ученого Джабира ибн Гайана и членов религиозного объединения «Исмаилия». «Фирист» долгое время рассматривался в истории химии как одно из сочинений Джабира. Из произведений, входящих в этот сборник («Книга короля», «Книга о снисходительности», «Книга о весе», «Книга о ртути», «Книга семидесяти», «Книга ста двенадцати»), видно, как воззрения Платона и Аристотеля все интенсивнее применялись для объяснения химических явлений. При этом они претерпевали определенные изменения. Анализ содержания «Книг» показывает, как формировались новые понятия: «эликсир», «дух», «тело», определяющие различные химические соединения и их качественные признаки. Эти понятия применялись совместно с представлениями об «элементе». «Эликсир», «дух» и «тело» точнее характеризовали химические явления, чем различные философские категории.

Понятие «тело» относилось ко всем известным тогда металлам; понятие «дух» возникло в связи с изучением ртути (ртуть долгое время не считали металлом). «Эликсиром» арабские ученые называли различные настойки, которые значительно увеличивали силу человека, якобы могли превращать серебро в золото, а неблагородные металлы в благородные. Производство «эликсиров» считалось высшим призванием химиков. «Эликсир» будто бы создавался в результате правильно осуществляемого объединения «элементов» (т. е. воды, земли, воздуха, огня), «тел» (металлов) и «духа» (ртути). Арабские ученые считали, что при этом происходят явления, близкие к тем, которые наблюдаются в живой природе (в частности, объединение «мужского и женского начал»).

В других трудах арабских ученых, написанных в середине X в. («Сочинения верных братьев»), важную роль играют понятия «атом» и «первоматерия», а также связанные с ними основные качества: тепло, холод, сухость, влажность. Кроме того, здесь формулируется новое представление об «элементах». «Ртуть» и «сера» также становятся «элементами» или «принципами»: «ртуть» — принципом металличности, а «сера» — принципом горючести соединения. Итак, ранее довольно абстрактное понятие «элемент» было конкретизировано для двух важнейших и распространенных веществ. Это способствовало сближению натурфилософских и химических знаний. Натурфилософские учения таким образом связывались с химической практикой, химики получали новые возможности применять теоретические обобщения для объяснения наблюдаемых ими явлений.

Врачи Ар-Рази (Разес) и Ибн Сина (Авиценна) — оба выдающиеся теоретики и экспериментаторы — оспаривали некоторые положения античной натурфилософии. Из книг Разеса («Большой сборник», «Книга тайны тайн») видно, что

он хорошо знал известные в его время химические вещества и различные методы, применявшиеся в химических ремеслах. Представления Разеса отличаются от взглядов его современников прежде всего ясностью и последовательностью в объяснении химических превращений. Разес пытался систематизировать известные химические вещества и методы их получения, объединить учения Демокрита и Аристотеля. При этом он исходил из того, что все вещества состоят из атомов и «пустого пространства». Так образуются «элементы». Их свойства могут быть различными в зависимости от плотности расположения атомов в пространстве. Чем теснее расположены атомы, тем тяжелее вещество, как, например, земля или вода, которые в пространстве стремятся вниз, в отличие от огня и воздуха, стремящихся вверх. Таким образом была сделана попытка обновить и развить теоретические учения древних, в частности сопоставить вес [массу] различных тел с плотностью расположения образующих их атомов. Однако лишь через много столетий Юнгиус конкретизировал это положение и связал его с практикой химических исследований и химической промышленности.

Врач, философ и естествоиспытатель Авиценна написал книгу о минералах, которая играла важную роль в развитии химических знаний в течение нескольких веков. Опыт собственных химических исследований привел ученого к мысли, что трансмутации невозможны, и он решительно отверг алхимические учения. Кроме того, Авиценна переосмыслил многие положения античных философских теорий, особенно натурфилософские взгляды Аристотеля. Материя и форма представлялись Авиценне в материалистическом единстве, и он отвергал любые сверхъестественные объяснения природных явлений. Авиценна подчеркивал, что основой познания различных явлений природы, которое завершается формулированием абстрактных понятий, т. е. обобщений и теорий, могут быть лишь наблюдения и опыты. При этом он придавал меньшее значение экспериментальным работам по сравнению с умственной деятельностью, ибо ее результатом являются теоретические обобщения и формирование понятий.

Христианские ученые считали, что арабская наука играла лишь «посредническую» роль в распространении античных философских представлений. Однако на самом деле арабы внесли существенный вклад в развитие этих учений. Арабские мыслители, и особенно Ибн Рушд (Аверроэс, 1126—1198), разработали новые философские категории и теории, позволявшие глубже понять явления природы. Творчески перерабатывая античные учения, арабы использовали результаты исследований отнюдь не только для повышения производительности труда. Замечательные достижения арабских ученых в области медицины, техники, натурфилософии на про-

тяжении многих веков оказывали большое влияние на развитие европейской науки. Лучшие из них до сих пор овеяны легендарной славой.

Корни научных знаний в христианском мире

В XII в. начался процесс объединения античных, арабских и христианских учений в единую философскую систему, основанную на католической теологии.

Несмотря на идеологические и политические противоречия между мусульманским и христианским миром, торговые связи между ними сохранялись. Кроме того, в XI в. христиане отвоевали некоторые области в Испании, до этого долгое время принадлежавшие арабам, и в 1085 г. Геральд из Кремоны в Толедо основал школу, в которой арабские рукописи переводились на латынь. Поэтому европейцы смогли ознакомиться с такими трудами арабских ученых в области естествознания, как «Книга о квасцах и солях» (автором которой принято считать Разеса), а также «Философский сборник». Последнее сочинение, по мнению специалистов, написано в период между 750 и 1150 гг. Оно представляет собой сборник трудов выдающихся ученых различных стран, обсуждавших проблемы превращения неблагородных металлов в благородные, а также вопросы химической терминологии.

Альберт Великий, Фома Аквинский, Роджер Бэкон, Винсент фон Бове, Арнольдо да Вилланова, Раймунд Луллий, Гебер, Виталис де Фурно приложили много сил для распространения в Европе арабских и античных знаний. Важность проделанной ими работы можно лучше оценить, лишь поняв особенности духовной жизни в средние века. Господствующей идеологией в те времена была теология, насаждаемая христианской церковью. Теология, почитаемая как «наука наук», широко распространила свои «непререкаемые» догмы на все области научных знаний. Ислам был для христианства враждебной идеологией, а учения античных философов считались языческими. Даже организация в Толедо школы перевода арабских рукописей на латынь было мужественным поступком, сыгравшим важную роль в дальнейшем развитии науки в Европе. В значительной мере работа этой школы способствовала распространению в Европе натурфилософских взглядов античности, которые оказали на развитие средневековых европейских государств не меньшее влияние, чем результаты ремесленной деятельности арабских мастеров, корни которой также терялись в глубине «языческой древности».

Весьма существенным оказался вклад Альберта Великого в развитие научных знаний средневековья. В отличие от

многих современников он не полемизировал с высказываниями арабских и античных ученых, пытаясь представить их как неприемлемые для христианского мировоззрения. Напротив, он пытался объединить идеи «языческой» и «арабской» науки (как ее тогда называли) с христианской культурой средневековья. Это в полной мере относилось и к химическим знаниям. В своей книге «О минералах» Альберт Великий описывал известные в то время химические методы и аппараты, а также представления о составе и свойствах веществ, выдвинутые Аристотелем и развитые арабскими учеными. Альберт Великий большое внимание уделял изучению превращений неблагородных металлов в благородные. Он не ставил под сомнение основы учения о трансмутации, но тщетно пытался реализовать их на практике. Все изготовленные им образцы «алхимического» золота и серебра не выдерживали «пробы огнем».

В то время как Альберт Великий пользовался при жизни большим уважением, к Роджеру Бэкону власть имущие относились с недоверием. Причиной тому были не столько эксперименты английского алхимика (например, использование кварца и берилла для увеличительных стекол), сколько его непредвзятое отношение к учениям Аверроэса и Авиценны. Эти учения для христианской идеологии были «неверными» и еще менее приемлемыми, чем «языческие» взгляды античных натурфилософов. Роджер Бэкон впервые разделил практические и теоретические химические знания («алхимия наблюдательная» и «алхимия практическая»). Сформулированное Бэконом положение, согласно которому без эксперимента невозможно познание явлений природы, оказало впоследствии (в XVI—XVII вв.) решающее влияние на развитие естествознания.

Известные врачи и естествоиспытатели В. Бове, Арнальдо да Вилланова, Раймунд Луллий описывали многие химические экспериментальные методы, использовавшиеся в то время в лабораториях. Однако к теоретическим представлениям они проявляли гораздо меньший интерес. Примечательно, что Луллий использовал для обозначения химических веществ, о которых он писал в своих книгах, различные символы: трех- и четырехугольники, круги, буквы.

В сочинениях Гебера («Итог совершенства магистерия», «О поисках совершенства металлов», «О поисках истины», «Книга горнака», «Завещание Гебера») «химические теории» получили дальнейшее развитие. Первоэлементами, или принципами, в них считались уже три (а не два, как признавалось ранее) вещества — ртуть, сера и мышьяк. Труды Гебера, где он ясно и подробно описывал процессы, соединения и аппараты, достаточно широко и четко отражают состояние химических знаний в XIII в. Именно в этих трактатах впервые

появляются описания свойств «едких вод» — серной и азотной кислоты, царской водки, — а также путей их получения.

Процесс развития знания, породивший эту плеяду замечательных ученых, вскоре остановился под влиянием реакции христианской теологии. «Идеологические опасности», которые грозили христианскому мировоззрению со стороны античных и арабских учений, заставили руководителей католической церкви держаться по отношению к ним настороже, ограничивать их влияние на общественную жизнь и научную деятельность. Католики выхолащивали из этих учений все прогрессивное, что противоречило религиозным догмам, оставляя лишь схоластические, бесплодные идеи. Разумеется, такое наступление реакции встречало сопротивление со стороны некоторых крупных естествоиспытателей. Однако они были в то время одиночками, и их призывы оставались «гласом вопиющего в пустыне».

Лишь после того, как усилиями гуманистов и прогрессивных ученых эпохи Возрождения было подорвано господствовавшее положение схоластики, в идеологии открылись новые горизонты развития представлений о природе, совершенствования ремесел и научных исследований. При этом ученые вновь обратились к анализу и переосмыслению оригинальных трудов натурфилософов античности, а не их переложений в трудах арабских естествоиспытателей. Ученые эпохи Возрождения широко использовали в своих работах сведения из сочинений древнеримских и древнегреческих философов. Они стремились изучить оригинальные тексты и заложенные в них идеи, отбрасывая схоластические исправления, внесенные арабскими и христианскими идеологами. Исправлялись умышленные и неумышленные ошибки, допущенные при переводе, выявлялись и исключались из текстов позднейшие интерпретации и всевозможные схоластические рассуждения на темы: «Сколько ангелов умещается на кончике иглы», «Настолько ли всемогущ бог, чтобы создать такой камень, который сам не в силах поднять» и т. п.

В среде городской буржуазии (например, владельцев ремесленных мануфактур и торговых контор) формировалось прогрессивное, освободившееся от христианских догм мировоззрение. Представители буржуазии пытались обрести новые духовные ценности, обратившись к жизнеутверждающим истокам мира древних греков и древних римлян. Поэтому неизбежной оказалась борьба между аристократами и буржуазией, борьба между приверженцами слепой веры и свободомыслия. Противоборство этих сил в полной мере проявилось и в естествознании.

Три «принципа»: сера, ртуть, соль

Против слепой веры в авторитеты, косности, книжной «учености» в медицине, химии и общих вопросах естествознания решительно выступил Парацельс. Он порицал тех врачей, которые не имели естественных, и особенно химических, знаний, а прописывали лекарства «по книгам». Парацельс считал, что врач должен лечить прежде всего на основе собственного опыта, не замыкаться в узком кругу коллег и знать о достижениях естественных наук в других странах. В день Святого Иоанна в 1527 г. Парацельс вместе со своими учениками и друзьями демонстративно сжег труды, которые, по его мнению, не содержали ничего, кроме компиляций из рукописей великих врачей. Парацельс хотел, чтобы весь вред, который принесли эти труды, исчез вместе с дымом от них. Основатель иатрохимии одобрял деятельность тех, кто обогащал естествознание и медицину собственными наблюдениями и экспериментами.

Анализ трудов Парацельса показывает, что он был одновременно теоретиком и практиком. Приведем названия лишь некоторых из них: «Высшая медицинская наука», «О тинктуре врачей», «Изумительное чудо или о пяти сущностях всех болезней», «Высшая мудрость или о четырех важнейших столпах (философия, астрономия, алхимия и особые черты врача)», «Сокровище сокровищ алхимиков», «О болезнях, происходящих от тартара»*, «Великое чудесное лекарство».

Прогрессивный подход Парацельса к изучению природы — стремление совершенствовать знания за счет наблюдений и опытов — значил для развития науки много больше, чем основные положения разработанных им теорий. Теоретические представления Парацельса основывались главным образом на взглядах арабских ученых, развивавших положения Аристотеля. Но Парацельс усовершенствовал эти взгляды. К описываемым арабскими алхимиками двум «началам»: сере и ртути Парацельс добавил третий — соль. Таким образом он распространил теоретические представления на соли — важную группу соединений, число которых после открытия неорганических кислот значительно возросло. Однако Парацельс признавал и существование четырех элементов Эмпедокла и элементов-качеств Аристотеля. Более того, он считал, что эти четыре первоэлемента — вода, огонь, земля и воз-

* Тартаром Парацельс называл (от греческого слова «тартарос» — ад, подземное царство) некую материю, которая находится в крови и образует в организме камни (желчные, почечные и т. д.). — *Прим. перев.*



Парацельс (поставил химию на службу медицине).*

дух — лежат в основе трех принципов — серы, ртути и соли**.

Представлению о четырех первоэлементах, существовавшему до конца XVIII в., отдавалось большее предпочтение, и для объяснения разнообразных явлений оно считалось более общим по сравнению с учением о трех принципах.

Все вещества живой и неживой природы были, по представлениям Парацельса, созданы непосредственно из трех первоначал — принципов. К такому толкованию вещественного мира Парацельс пришел в результате исследований различных веществ и наблюдений над явлениями природы. Он уделял большое внимание проблеме смещения первоэлементов, приводящего к образованию новых веществ различного состава. По мнению Парацельса, организм здоров, если «принципы»

* Парацельс (наст. имя Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм) (1493—1541) — швейцарский врач и естествоиспытатель, один из основателей иатрохимии — направления использования химических знаний в медицине. Парацельс много сделал для превращения впоследствии «аптекарского искусства» в фармацевтическую химию. — *Прим. перев.*

** Эти принципы Парацельс называл по-иному: ртуть — «дух», сера — «душа», соль — «тело». Кроме того, в отечественной литературе иначе освещено отношение Парацельса к представлениям Эмпедокла и Аристотеля. См. *Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в.* — М.: Наука, 1969, с. 143—145; *Мусабеков Ю. С., Черняк А. Я. Выдающиеся химики мира.* — М.: Книга, 1971, с. 23—26; *Всеобщая история химии. Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII в.* — М.: Наука, 1980, с. 262—263. — *Прим. перев.*

в нем смешаны в нужной пропорции, и нездоров, если законы смещения были нарушены. На этом основывались предложенные Парацельсом методы лечения больных. Он доказывал врачам необходимость исправления нарушенных соотношений «принципов» в организме больного с помощью лекарств, полученных в лабораториях химическим путем.

Принятые Парацельсом способы характеристики трех принципов применялись еще во времена раннего средневековья. Ртуть обозначала принцип тяжелого, жидкого и текучего, сера — принцип горючего и теплого, соль — принцип растворимого в воде и устойчивого к горению. Эти принципы более точно характеризовали химическую природу веществ, чем элементы-качества Аристотеля. Таким образом, Парацельс развивал представления арабских алхимиков, которые тесно связывали «принципы» с определенными химическими веществами и характеризовали первоэлементы их важнейшими свойствами. Так ученые получили важный способ классификации веществ по их внешним признакам. Однако в этом способе, как оказалось, заключалось противоречие: чем больше накапливалось знаний о веществах, тем теснее становились рамки представлений о трех «принципах» как основе образования веществ.

Парацельс создал новое научное направление — иатрохимию, поставив химические знания на службу медицине. Он был прежде всего врачом, поэтому его интересовали главным образом химические способы получения лекарств. «Правы не те, кто говорят, что алхимия делает золото и серебро, но те, кто говорят, что она создает лекарства и направляет их против болезней», — считал Парацельс. Характерно, что главное назначение веществ, полученных химическим путем, он видел в применении их в качестве лекарств, тогда как до Парацельса они использовались преимущественно как яды. Благоприятное, исцеляющее действие некоторых из его лекарств навело Парацельса на мысль о важности дозирования введенных им в медицинскую практику препаратов — соединения мышьяка, солей меди, свинца, серебра, ртути.

Таким образом, перед химией была поставлена новая задача: получать как можно более чистые соединения и испытывать их эффективность в виде лекарственных средств. В результате этих работ в обществе крепло убеждение, что врачу совершенно необходимы химические навыки и знания. Парацельс был уверен, что «никакой врач не может обойтись без этого искусства, оно нужно всем — от княжеского повара до работника, готовящего корм для свиней». Однако получение химическим путем большого количества лекарств, обладающих мощным действием на человеческий организм, увеличивало опасность злоупотребления ими. Появилось

множество шарлатанов, бессмысленно «назначающих» лекарственные препараты, что нередко заканчивалось трагически, особенно когда применялись соединения мышьяка. Из-за этого в XVI—XVII вв. большие боялись новых «химических лекарств» не меньше, чем чумы.

Иатрохимия сыграла важную роль для развития химических знаний в университетах, где она широко преподавалась. Несомненно, она была в то время наиболее важной частью химии.

В XVI—XVII вв. химики старались точнее характеризовать свойства различных соединений. Так, Либавий использовал следующие признаки: форму (кристаллов), вес [массу], запах, вкус, способность реагировать с другими веществами, магнетизм. Рудольф Глаубер и Роберт Бойль различали соли по форме их кристаллов. Бойль также определял плотность жидкостей и твердых веществ.

По мере того как росли и уточнялись знания о соединениях и их способности взаимодействовать друг с другом, химики все сильнее утверждались во мнении, что все вещества обладают сугубо специфическими свойствами. Особенно важную роль в описании этих свойств играло понятие «магистерия»*. Им характеризовали чистые вещества, которые прежде всего выделяются из смесей. В представлении о магистерии содержались некоторые черты, получившие впоследствии развитие в современном понятии об элементе.

В формировании химических представлений существенную роль сыграли те факты, что металлы могли вступать в соединения с другими веществами, а потом извлекаться из этих соединений без всяких потерь. Например, в опубликованной в 1540 г. книге В. Бирингуччо «О пиротехнике» [61] сообщалось, что серебро, растворенное в азотной кислоте, можно выделить из раствора независимо от того, было ли до этого оно «разрушено» другими соединениями и утратило ли (как тогда казалось) свои первоначальные свойства. Все больше исследователей обращали внимание на то, что при прокаливании [окислении] вес [масса] металлов, например свинца, увеличивается. Бирингуччо обнаружил, что увеличение составляет 1/10 начального веса. В дальнейшем это наблюдение также имело значение для определения понятия «элемент». О. Тахений, Р. Бойль, Ж. Рей, Дж. Мэйоу, М. В. Ломоносов много раз наблюдали такое явление и пытались его объяснить.

Благодаря исследованиям А. Сала, Р. Глаубера, О. Тахения, И. Кункеля, Р. Бойля и Н. Лемери, широко применявших хи-

* Магистериями называли осадки солей металлов, оксиды металлов, порошки и растворы металлов. См. также *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в.— М.: Наука, 1969, с. 148—150.— *Прим. перев.*

мический анализ «мокрым путем», стали быстро накапливаться знания о реакциях между растворенными веществами. Тем самым получили дальнейшее развитие возникшие еще в античности представления о сродстве веществ. Парацельс установил, что ртуть взаимодействует с другими металлами с различной быстротой. А. Сала обнаружил в 1617 г., что по способности выпадать в осадок из солевых растворов при реакциях обмена металлы могут быть поставлены в ряд в определенной последовательности. В 1649 г. Глаубер «составил» ряд металлов в зависимости от их растворимости в кислотах. Г. Э. Шталь также исследовал (1697—1718 г.) растворимость металлов в кислотах и установил такую последовательность: цинк — железо — медь — свинец (или олово) — ртуть — серебро — золото. Особенности растворения Шталь объяснял на основе флогистонной теории, согласно которой металлы являются соединениями флогистона и «металлической земли». Чем быстрее флогистон отделяется от металла, тем быстрее растворяется металл. Металл при этом превращается в «металлическую землю».

Атомистика

Для развития химических теорий в XVI—XVII вв. атомистические представления были чрезвычайно важны. Разработкой атомистического учения особенно интенсивно занимались Даниель Зеннерт, Иоахим Юнгиус, Роберт Бойль и Никола Лемери. Атомистические идеи привели к изменению не только химических представлений, но к разработке новой картины строения мира.

В XVI—XVII вв. многие химики стремились связать теорию и «экспериментальное искусство» с потребностями ремесленной химии, объяснить природные явления не умозрительно, а на основании данных экспериментальных исследований. Важнейшей задачей наук в это время была борьба против господствовавшей схоластической идеологии, которая поддерживалась и насаждалась церковью, обладавшей в то время громадной властью. Поэтому в XVI—XVII вв. создатели новых теоретических представлений в химии (как, например, Парацельс) должны были постоянно вести борьбу против схоластических учений, по-новому трактовать знания о природных явлениях. Стимулом создания новых представлений была прежде всего их необходимость для развития химических и других ремесел, медицины, а также для прогресса общественных отношений. Все это создало материальные основы для замечательного подъема знаний и культуры в эпоху Возрождения. Именно в эту эпоху потерпели сокрушительное поражение схоластические представления об окружающем мире. Претензии схоластов на всеобщий характер их объяснения

различных явлений привели к неразрешенным противоречиям, истоки которых следует искать в канонизации представлений Аристотеля.

Античная атомистика играла в это время двойную роль. С одной стороны, она содержала рациональные начала, прокладывая путь к научному эксперименту. Но, с другой стороны, она превратилась в схоластическую догму, тормозившую развитие естествознания. Каждый естествоиспытатель, который стремился объяснить с помощью атомистических теорий конкретные химические процессы, должен был прежде всего критически отнестись к учению Аристотеля и поставить под сомнение представление о непоколебимости авторитетов.

Насколько трудно было преодолеть традиционные и необычайно живучие представления о природе веществ, можно наблюдать на примере научной деятельности Парацельса. Несмотря на страстное стремление к научной самостоятельности, он мог предложить для объяснения состава и свойств веществ лишь несколько измененные представления Аристотеля об элементах и немного модифицированные взгляды алхимиков о превращениях веществ. И все же Парацельсу отчасти удалось преодолеть узость взглядов схоластиков. Вместо того, чтобы основывать свои теории и знания лишь на авторитетных в средние века научных источниках, Парацельс стремился осмыслить результаты собственных экспериментов и наблюдений. Парацельс называл элементами телá, остающиеся после проведения наиболее полного разложения веществ.

Путь для непредвзятого описания явлений природы открылся только тогда, когда было показано, что основополагающие закономерности природы можно понять лишь на основе атомистических представлений. Для того чтобы «запрещенная» атомистика, идеи которой содержались в трудах античных философов, продолжала совершенствоваться, в средние века она вынуждена была «скрывать» свой атеистический характер в теориях состава веществ Аристотеля и Парацельса. Необходимость объяснять химические процессы на основе атомистических представлений со временем становилась все более насущной. Она вырастала из потребности научного осмысления процессов получения важных для практики веществ. Так, например, выделение веществ из их соединений, металлов — из их растворов, а также особенности способов проведения перегонки и превращение воды или этилового спирта в «воздух» нельзя было объяснить на основе представлений о трансмутации.

Даниель Зеннерт в свете атомистических представлений Демокрита пытался объяснить известные в его время химические процессы. Зеннерт считал, что существует множество атомов, которые могут образовывать различные соединения.

При этом Зеннерту удалось предвосхитить некоторые черты современного представления об элементах, поскольку его теория не опиралась лишь на аристотелевское учение. И все же Зеннерт находился под влиянием господствовавших тогда представлений. Он пошел на своеобразный компромисс: считал, что форма атомов в значительной мере определяет их природу. Тем самым Зеннерт усовершенствовал по существу аристотелевское представление о форме, связав его с атомистическим строением материи. Ученый отвергал возможность замены одних форм другими. Вещества различной формы, по мнению Зеннерта, образовывались в зависимости от природы атомов и характера их соединений. При этом проявлялась тенденция к образованию веществ наиболее совершенной формы.

Работы Бассо, де Клава, Бекмана, ван Горля способствовали введению в химию атомистических представлений, правда, еще связанных со схоластическими идеями. Первым, кто решительно пытался преодолеть эту неопределенность, был Иоахим Юнгиус. Приверженец философии номинализма* Юнгиус последовательно применял атомистическое учение Демокрита для объяснений механизма химических превращений. Так же, как до него Себастьян Бассо, Юнгиус полностью отрицал аристотелевское представление о форме. В связи с этим он даже критиковал Зеннерта, взгляды которого по другим вопросам высоко ценил. Критикуя представления Зеннерта, вслед за Демокритом Юнгиус считал, что все многообразие веществ образуется из качественно одинаковых атомов. Атомы различной формы (с одинаковыми всеми другими качествами) должны, по мнению Юнгиуса, образовывать различные тела, благодаря их разнообразному расположению в пространстве и друг относительно друга. Эти тела, образованные, как разные слова из букв одного и того же алфавита, обладают различными оптическими, механическими и химическими свойствами. Юнгиус не признавал существования форм, оторванных от других качеств гипотетического «эфира», в котором Бассо усматривал основной принцип движения. Юнгиус отвергал и любые виды сверхъестественных сил. Поэтому ему приходилось искать новые объяснения способности веществ образовывать соединения друг с другом. Для этого Юнгиус развил по существу атомистические («корпускулярные») представления, считая, что движение присуще атомам как их внутреннее качество. Юнгиус

* Номинализм — направление средневековой схоластической философии. В философии номинализма отрицалось реальное существование общих понятий. Они считались лишь словесными обозначениями, именами. Отсюда происходит и название этого учения (от латинского слова *nomēn* — имя). Номинализм возник в XI—XII вв. Особое распространение получил в XIV—XV вв. — *Прим. перев.*

не признавал демокритовскую трактовку движения частиц. Результаты изучения химических процессов привели Юнгиуса к мысли, что передвижение атомов в пустом пространстве следует рассматривать как взаимодействие тел одинаковой природы, но с отличающимися свойствами. Как и А. Сала, еще в 1617 г. Юнгиус объяснял на первый взгляд достоверную трансмутацию погруженной в медный купорос железной пластины как обмен между атомами железа и находящимися в растворе атомами меди. При этом железо и медь считались сложными телами. С помощью таких механических представлений о движении и взаимовлиянии тел Сала и Юнгиус пытались решить проблему «сродства» соединений. Прогрессивным в их взглядах была попытка по-новому рассмотреть элемент как тело, состоящее из однородных частиц.

Зеннерт, Юнгиус и другие представители «физической» атомистики разрабатывали теоретические положения, опираясь на результаты опытов. Воззрения атомистов отличались лишь разной степенью использования схоластических идей. Однако у представителей физической атомистики не было отчетливых представлений о роли экспериментов в развитии научных знаний. Это отличало их научную деятельность от работы таких классиков естествознания, как Галилей или Бойль. Правда, Юнгиус в отличие от других представителей «физической» атомистики понимал недостаток достоверных наблюдений о протекании превращений веществ. Этим и объясняется осторожность, с которой Юнгиус формулировал свои взгляды. Он избегал высказывать смелые догадки и предположения, многие вопросы оставлял без ответа, а лишь указывал, что решить их можно будет на основе дальнейших экспериментов. Таким образом, Юнгиус призывал к проведению новых наблюдений и опытов, особенно таких, в которых учитывалось бы количественное соотношение веществ, вступающих в химические реакции. Для этого Юнгиус рекомендовал шире использовать весы в химических лабораториях. Однако из анализа его произведений не следует, что сам автор проводил какие-либо научные эксперименты.

Юнгиус был директором академической гимназии в Гамбурге и преподавал там логику и физику Аристотеля. Однако он преподносил учения этого мыслителя древности весьма критически [95]. Для Юнгиуса такая оценка Аристотеля была составной частью его борьбы за освобождение науки в целом и атомистики, в частности, от пережитков схоластики. Несмотря на появление в XVI—XVII вв. работ таких атомистов, как де Клав, Бекман, Бассо, ван Горль, Гассенди, Декарт, а также их многочисленных последователей, схоластическая философия, основанная на взглядах Аристотеля, оставалась, как и ранее, господствовавшей научной и учебной дисципли-



Роберт Бойль (критиковал учение Аристотеля и пытался объяснить превращения химических веществ на основе представлений античных атомистов).*

ной. Зеннерту приходилось защищаться от упреков в ереси, а Юнгиус за свою критику представлений Аристотеля попал даже в «черный список». В 1625 г. в Париже был издан закон, согласно которому распространители и приверженцы атомистического учения должны были подвергаться телесным наказаниям, а в некоторых случаях даже казни.

Несмотря на все нападки и преследования, атомистические взгляды античных ученых получили развитие в философии позднего средневековья, а также в химии нового времени для объяснения протекания превращений веществ. В результате были созданы условия для проведения систематических экспериментальных химических исследований. Это обусловило в дальнейшем появление научного химического эксперимента.

Потребности химической практики, несомненно, были значительным стимулирующим фактором для появления новых теорий. Это было важно и для преодоления схоластических пережитков в науке. Устаревшие учения нельзя было опровергнуть одними лишь новыми фактами, без их обобщенного анализа. В области химии эту задачу выполняли сторонники атомистики, когда они «перековывали» опыт практической химии и экспериментов в идейное оружие против схоластических учений. Этим оружием они «расчищали» химии до-

* Бойль Роберт (1627—1691)— английский естествоиспытатель, заложил основы научной химии. Создатель корпускулярной теории, которая позволила объяснить состав веществ и особенности протекания их реакций. Много сделал для развития химического анализа как в совершенствовании техники его проведения, так и в разработке реагентов.— *Прим. перев.*

рогу, устанавливая диалектическое единство между химической наукой и практикой.

Значительный вклад в эти прогрессивные начинания внес Роберт Бойль. Он олицетворял тип «экспериментирующего» философа-исследователя, который не только занимался чистой наукой, но стремился обогатить достижениями и химическую практику. Химия, в представлении Бойля, была не «служанкой» ремесла или медицины, а самостоятельной наукой с собственным предметом исследования, специфическими методами и понятиями. Бойль прекрасно понимал громадное значение химических знаний для изучения явлений природы, а также развития ремесел.

Для развития теоретических представлений того времени весьма важным было использование Бойлем опыта химических ремесел и «экспериментального искусства» в качестве критерия истинности различных обобщений. Бойль достиг выдающихся успехов в «экспериментальном искусстве», особенно в анализе «мокрым путем» и при разработке химических процессов, важных для промышленного производства. Его книги, в особенности, «Химик-скептик» (1661 г.) получили широкое признание. Выдающиеся знания и громадный авторитет позволили Бойлю не только защитить атомистические представления* от нападок их противников, но и расширить область применения этих представлений.

Согласно положениям атомистики Бойля, которую часто называют корпускулярной теорией, все вещества состоят из мельчайших частичек. Эти частицы различаются своей формой, размерами и подвижностью. Бойль относился критически и к представлениям античных ученых об элементах, и к взглядам Парацельса. Однако самому ему не удалось выдвинуть принципиально новые идеи о составе веществ. Бойль осознавал несоответствие между принципиальным характером понятия «элемент», применяемым в его время (например, элемент «сера», воплощающий в себе свойство горючести), и многообразием реально существующих веществ. Однако сам ученый не смог разрешить это противоречие. Все же Бойлю удалось приблизиться к формулировке нового понятия элемента, когда он так же, как ранее Юнгиус, утверждал, что элементами могут быть лишь самые «первоначальные, простые и совершенно несмешанные тела». Однако Бойль сомневался, могут ли такие тела существовать на самом деле. Хотя Бойль и не смог решить эту проблему, он рассмотрел широкий круг вопросов, очень важных для дальнейшей разработки представлений об элементах. Последователи Бойля добились

* Атомистические воззрения развивались Р. Бойлем в его знаменитой «корпускулярной философии». Об этом подробнее см. Дмитриев И. С.— В кн.: Всеобщая история химии. Становление химии как науки. М.: Просвещение, 1983, с. 25—45.— Прим. перев.

впечатляющих успехов в создании теоретических положений химии.

Исследование Бойлем окисления показывает, как сложно было объяснить особенности протекания химических процессов. Подобно многим современникам Бойль заметил, что при прокаливании (окислении) металлы «потребляют» воздух и их вес [масса] благодаря этому увеличивается. Однако химические свойства газообразных веществ в то время не исследовались систематически. Поэтому Бойль не смог выявить взаимосвязи между потреблением воздуха и процессами, происходящими при прокаливании. Он искал объяснение этому явлению с помощью атомистических представлений. По его предположению, вес металла увеличивают проникающие в него «огненные» частицы. Сотрудник Бойля Роберт Гук (1635—1703), напротив, считал, что частицы воздуха по природе такие же, как частицы селитры, проникают в тела при нагревании. Хотя гипотеза Гука значительно ближе к современным представлениям об окислении металлов, в то время еще не было неоспоримых доказательств истинного механизма окисления металлов. Развитие науки часто характеризуется выдвижением новой проблемы и попыткой ее решения. Выдвижение проблемы и привлечение к ней внимания ученых закладывает основы более глубокого познания природы.

Бойлю удалось внести важный вклад и в другую область химии. Речь идет о предпринятом им исследовании «химического средства», рассматриваемого как притяжение и соударение мельчайших частиц («корпускул»). Развивая представления античных ученых, Бойль считал, что частицы имеют различные формы. Но, в отличие от геометрических форм Платона (треугольников, квадратов и т. д.) и «геометрического» взаимодействия, Бойль полагал, что «корпускулы» связываются механически — за счет специальных форм (застежек, зубцов) и т. д. Н. Лемери в своем учебнике «Курс химии» (1675 г.) систематизировал и развил далее корпускулярные представления, обращая особое внимание на влияние формы и размеров частиц при их взаимодействии. Лемери считал, что частицы кислот, например, имеют особые отростки — «спицы», которые проникают в соответствующие «поры» атомов металлов, растворяющихся в кислотах, или в «поры» щелочей.

В целом, химики в XVI—XVII вв. располагали многочисленными экспериментальными данными, которым они еще не могли дать объяснение. Теоретические модели атомистов XVI—XVII в. были попытками преодолеть устаревшие взгляды и сформулировать представления о протекании химических процессов на основе механистической картины мира. Дальнейшему прогрессу в развитии атомистических представлений способствовали работы Карла Фридриха Венцеля и



Иоганн Иоахим Бехер (1635—1682).*

Иеремии Вениамина Рихтера. Эти ученые считали, что вещества соединяются друг с другом лишь в определенных, неизменных отношениях (К. Венцель «Учение о сродстве тел», 1777 г.). И. Рихтер, который открыл закон нейтрализации**, писал, что для получения нейтральных солей должны соблюдаться определенные соотношения между составными частями этих солей («Начальные основания стехиометрии или искусства измерения химических элементов», 1792—1794 гг.).

Основание классической химии

Прежде чем в начале XIX в., благодаря трудам Пруста, Дальтона и Берцелиуса, стало развиваться направление химии, называемое ныне классическим, предстояло решить одну очень важную проблему, а именно понять сущность процессов окисления (и горения). Атомистические представления в механистической форме, в которой они существовали в XVII—XVIII вв., не могли помочь найти ее решение. Косвен-

* Бехер Иоганн Иоахим (1635—1682)— немецкий алхимик и химик-практик, в наиболее известном сочинении «Подземная физика» (1669 г.) описал выделение во время горения «горючей» («жирной») земли при горении «горючих тел». Это представление было положено впоследствии И. Шталем в основу теории флогистона.— *Прим. перев.*

** В историко-химической литературе этот закон чаще называется законом эквивалентов. Подробнее см.: Джуа М. История химии. 2-е изд.— М.: Мир, 1975, с. 163—164.— *Прим. перев.*

SCHEMA MATERIALIUM				LABORATORIO PORTATILI					
PRO									
I	MINERÆ								
II	METALLA								
III	MINERALIA		Bismuth	Zinc	Marcasit	Kobolt	Zaffra	Magnesia	Magnes
IV	SALIA							Borax	Chrysol
V	DECOMPOSITA								
VI	TERRÆ		Cronu	Cronu	Vitruum	clum	Mercur	Cadmia	Ochrea
VII	DESTILLATA		Sp	Sp	Sp	Sp	Sp		Sp
VIII	OLEA	Oil	Oil	Oil	Oil	Butir	Liquor	Oil Thymu	
IX	LIMI	C.V.	Arma	Cera	Amalgama	Mercur	Talcum	Granati	Aubertus
X	COMPOSITIONES	Fluxus Niger	Fluxus Albus	Concreta	Colonia	Decortio	Tiropella		

Таблица химических символов, составленная И. И. Бехером.

но, однако, эту проблему помогли разрешить представления об элементах, развитые еще Парацельсом и Иоганном Иоахимом Бехером.

Бехер на основе представлений Парацельса о трех принципах, разработал учение о трех «землях», или трех видах первоматерии, возникавших из одной первичной «земли» («Подземная физика», 1669 г.). Одна из них — «жирная земля» — сначала соответствовала по смыслу принципу — сере. Однако жирная земля не была идентична сере. Жирная земля («горючая земля») была «химической субстанцией», которая содержалась во всех горючих и окисляющихся телах. При горении и окислении она выделялась из разнообразных веществ. В отличие от реальной серы жирная земля являлась гипотетическим веществом, которым можно было оперировать при построении различных теорий, не пытаясь обнаружить его экспериментально.

Теория флогистона

Творец этой теории — Георг Эрнст Шталь — пошел в рассуждениях дальше своих предшественников и заменил понятие «жирная земля» представлением о «флогистоне» (от древнегреческого слова «флогистос» — воспламеняющийся, горячий). Во многих работах Шталь развивал учение о флогистоне, используя его для объяснения особенностей протекания окислительных процессов в органической и неорганической природе («Основания зимотехники или общая теория брожения», 1697 г.; «Случайные мысли и полезные размышления к спору о так называемой сере», 1716 г.).

Шталь считал, что флогистон содержится во всех горючих и способных к окислению веществах. Горение (или окисление) рассматривалось им как процесс, при котором тело теряет флогистон. Воздух играет при этом особо важную роль. Он необходим для окисления, чтобы «вбирать» в себя флогистон. Из воздуха флогистон попадает в листья растений и в их древесину, из которых при восстановлении он вновь освобождается и возвращается телу (например, «металлической извести», нагреваемой на куске древесного угля).

Так впервые была сформулирована теория, описывающая процессы горения. Ее особенности и новизна состояли в том, что одновременно рассматривались во взаимосвязи процессы окисления и восстановления. Теория флогистона развивала идеи Бехера и атомистические представления. Она позволила объяснить протекание различных процессов в ремесленной химии и, в первую очередь, в металлургии и оказала громадное влияние на развитие химических ремесел и совершенствование методов «экспериментального искусства» в химии [40].

Теория флогистона способствовала и развитию учения об элементах. Приверженцы теории флогистона называли элементами оксиды металлов, рассматривая их как • металлы, лишенные флогистона. Металлы же, напротив, считали соединениями элементов [оксидов металлов] с флогистоном. Потребовалось лишь поставить все положения этой теории «с головы на ноги». Это и сделал А. Лавуазье спустя шесть десятилетий. Тогда химики смогли прийти к тому представлению об элементе, которое до сих пор сохранило свое значение.

Формированию нового понятия «элемент» благоприятствовал ряд обстоятельств. Прежде всего, в результате работ химиков-флогистиков была впервые создана завершенная теоретическая система, положения которой, казалось, полностью подтверждались при экспериментальном изучении реакций окисления и восстановления. Эта же теория позволила раскрыть механизм важнейших химических превращений. Почти все химики XVIII в. были приверженцами теории



Георг Эрнст Шталь (1659—1734) (разработал теорию флогистона и впервые доказал взаимосвязь процессов восстановления и окисления; кроме того, пытался применить новые химические знания для совершенствования химических ремесел и энергично боролся против алхимии).*

флогистона. Активным сторонником этой теории в начале своей деятельности был и А. Лавуазье, который в конце концов «низвергнул» флогистон, доказав, что для объяснения окислительно-восстановительных процессов не требуется никакого гипотетического вещества. Лавуазье много размышлял о механизме химических реакций, и вывод, к которому он пришел, оказал большое влияние на дальнейшее развитие химии: количественные отношения взаимодействующих веществ — важнейший фактор, во многом определяющий ход химических реакций.

В то же время другие химики пытались сугубо умозрительно разрешить противоречие: отчего, несмотря на потерю флогистона, металлы при прокаливании увеличиваются в весе? Лавуазье нашел неопровержимые доказательства выдвинутому им теоретическим представлениям. При этом он опирался на результаты не только собственных опытов, но и на экспериментальные данные современников (Пристли, Шееле, Кавендиша).

Прежде чем перейти к рассмотрению фазы наивысшего развития знаний, которой завершился данный этап развития

* Шталь Георг Эрнст — немецкий химик, создатель теории флогистона. Важнейшие положения этой теории были изложены Шталем в работах «Основания зимотехники или общая теория брожения» (1697 г.), «Основания догматической и экспериментальной химии» (1723 г.). «Бехеров пример» — дополнение к посмертному переизданию «Подземной физики» Бехера, опубликованной в 1703 г. — *Прим. перев.*

Herrn Georg Ernst Stables,
Weyland Königl. Preussischen Hof-
Raths und vornehmsten Leib-
Medici &c. &c..

Gründliche und Nützliche
Schriften,
Von der Natur, Erzeugung, Be-
reitung und Nützbarkeit
des

Salpeters,

Mit denen hieher gehörigen
Kupfern, und vielen dienlichen An-
merkungen vermehret,

und
wegen ihres unbeschreiblichen Nutzens
aus dem Lateinischen ins Deutsche
übersetzt.

Stettin und Leipzig,
Verlegt die Runderische Handlung,
1748.

Титульный лист работы Г. Э. Шталя.

химии, обратимся к одному из более ранних периодов истории. Это необходимо по следующей причине. Некоторые историки химии считают, что флогистонное учение было шагом назад по сравнению с представлениями Бойля, Мэйоу и Рея. Подобное мнение оспаривает Ирен Штрубе в статье «О проблемах единства исторического и логического развития химических теорий в XVIII в.» [93]. По ее мнению, хотя Бойль и критиковал устаревшие представления об элементах, сам он не смог дать новой трактовки этого понятия. Так, уже Лемери считал недостаточным представление Бойля, согласно которому все вещества состоят из бескачественной первоматерии, образующей корпускулы. Поэтому наряду с использованием атомистических представлений Лемери развивал учение об элементах. Бойль понимал, что без более точного определения понятия «элемент» химия не может развиваться дальше. Поэтому он предполагал, что, вероятно, элементами следует называть вещества, обладающие большой устойчивостью к сохранению собственной индивидуальности при взаимодействии с другими телами: например, золото и ртуть, которые можно выделить в их первоначальном виде из различных соединений. Но это был вывод скорее из практических наблюдений, не во всем совпадавший с теоретическими представлениями Бойля: все вещества в конечном итоге распадаются до корпускул — частичек беска-

чественной первоматерии. Гук и Мэйоу придерживались понятия элемента, близкого к тому, которое рассматривал Парацельс. Но в то же время они разделяли и корпускулярные представления Бойля.

Формулирование понятия «элемент» стало возможным лишь тогда, когда химики начали правильно трактовать процесс горения.

Впервые ученые усомнились в справедливости прежних представлений о природе горения после того, как было обнаружено увеличение веса [массы] металлов при прокаливании. Тогда же возникло предположение, что процесс горения может и не сопровождаться появлением огня. Еще ближе к решению этой проблемы удалось подойти, когда установили, что воздух является причиной увеличения веса [массы] веществ при окислении. Жан Рей писал по этому поводу: «Увеличение веса происходит благодаря воздуху. Воздух в сосуде уплотняется все сильнее и сильнее по мере того, как на него действует тепло печи. Он становится при этом более тяжелым и липким: смешивается с известью* и прочно пристаёт к ее мельчайшим частицам.» [96].

Р. Гук и Д. Мэйоу сделали еще шаг вперед к изучению механизмов окисления. Гук исследовал окисление металлов в разреженном воздухе и пришел к выводу, что в этом процессе играет роль не весь воздух, а особые «воздушные частицы», которые имеют важное значение и для горения. Мэйоу назвал эти частицы «селитряный воздух», поскольку установил, что такие специфические частицы содержатся и в селитре. Наблюдая горение в замкнутом пространстве (под стеклянным колоколом, погруженным в воду), Мэйоу установил, что в этом процессе принимает участие лишь четвертая часть воздуха.

Если рассматривать результаты этих исследований с точки зрения химика второй половины XX в., то трудно удержаться, чтобы не приписать Мэйоу открытие кислорода и понимание механизма процесса горения. В таком случае создание теории флогистона оказывается шагом назад. Однако взаимосвязи ни в истории химии, ни в общем развитии теоретического знания, отнюдь не были простыми. Для становления научной химии нужна была революция — такая же, какую произвело в астрономии создание системы Коперника. Мэйоу, который, казалось бы, пошел дальше других химиков в познании процессов горения, на самом деле оставался в плену устаревших представлений. Для него металл, например, все еще был соединением, которое «разделялось» при горении. Мэйоу приписывал «селитряному воздуху» следующие

* Металлической известью или просто известью назывались в то время оксиды металлов. — *Прим. перев.*



Приборы для демонстрации изменений в составе воздуха (из работы Дж. Мэйоу). Слева направо — при погружении железа в азотную кислоту; при сжигании камфоры с помощью нагревательной линзы; при дыхании животного (все опыты проводятся в закрытых объемах воздуха).

свойства: он должен разлагать металл при прокаливании, чтобы освобождались «горючие частицы». Частицы «селитряного воздуха» в процессах горения должны были соединяться с частицами соли в металле (в то время считалось, что металлы состоят из трех первоэлементов — серы, ртути и соли). За счет такого соединения происходит увеличение веса [массы] металлической извести [оксида]. Таким образом, Джошу Мэйоу не удалось усовершенствовать существовавшие ранее представления о горении. Обнаруженные им факты Мэйоу не сумел объяснить в свете основных положений химии. Прогресс, достигнутый в развитии химии благодаря созданию флогистонной теории, состоял в том, что Шталь предложил механизмы реакций окисления — восстановления и эмпирически попытался доказать их, рассмотрел отношения между начальными и конечными продуктами прямых и обратных химических реакций [93, с. 103]. После открытия Шталя окисление и восстановление стали рассматриваться как взаимосвязанные процессы. Доказательством этого послужили эксперименты по прокаливанию (окислению) металла и его восстановлению углем, а также по превращению серы при горении в диоксид и триоксид серы — с одной стороны, и восстановлению серы из оксидов — с другой. Флогистон при этом рассматривался как вещество, состоящее из мельчайших «частиц». Так же, как «частицы» тепла и света, «корпускулы флогистона» считалось невозможным обнаружить «вещественно». По мнению Шталя, воздух был лишь объектом, который помогал выделять частицы флогистона из различных веществ и поглощать их («удерживать в себе»).

Шталь объяснял процессы окисления и восстановления участием в них флогистона. Поэтому, в отличие от взглядов Мэйоу, для теории Шталя не было важным рассмотрение



М. В. Ломоносов (сформулировал в общем виде закон сохранения массы и оказал большое влияние на развитие химии и химической промышленности в России).*

роли воздуха в процессе окисления. Наблюдение над повышением веса [массы] прокаливаемого металла для Штала было тесно связано с проблемой «отрицательного веса» флогистона**. Несмотря на одностороннюю, лишь качественную характеристику процессов, происходящих при горении, теория флогистона имела громадное значение для объяснения и систематизации именно этих превращений.

Однако с течением времени эта теория все чаще стала подвергаться критике именно в связи с экспериментальными данными о количественных соотношениях веществ, вступающих в химические реакции. М. В. Ломоносов обращал внимание химиков на роль воздуха в процессах прокаливания металлов. Он предпочел представления Мэйю теории фло-

* Ломоносов Михаил Васильевич (1711—1765)— великий русский ученый-энциклопедист («полигистор», как называли его современники). Внес громадный вклад в развитие естественных и гуманитарных наук, в организацию образования в России (основал первый в стране университет), в развитие промышленности и горного дела. В химии знаменит усовершенствованием корпускулярной теории: превращением ее в атомно-корпускулярную, а также стремлением широко внедрить физические методы и представления в изучение химических явлений и в преподавание химии. Прочел первый курс «физической химии». — *Прим. перев.*

** Наблюдавшееся при окислении металла увеличение веса [массы] металла требовало от последователей флогистонных представлений допустить «отрицательный вес» флогистона, чтобы не вступить в противоречие с неоднократно подтверждавшимся на практике законом постоянства веса веществ при реакциях. См. также: *Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. С древнейших времен до начала XIX в. — М.: Наука, 1969, с. 237, 241, 282—284. — *Прим. перев.*

гистона, так как считал, что теория флогистона не позволяет объяснить процессы, происходящие при прокаливании металлов, в соответствии с законом сохранения материи. Но доказать это экспериментально и теоретически первым сумел А. Лавуазье, который, как мы уже отмечали, сначала также был сторонником учения о флогистоне.

Механизм реакций

Лавуазье заметил, что при горении фосфора и серы так же, как и при прокаливании металлов, происходит увеличение веса вещества. Казалось бы естественным сделать вывод: увеличение веса сжигаемого вещества происходит при всех процессах горения. Однако вывод этот настолько противоречил положениям теории флогистона, что нужна была недюжинная смелость, чтобы высказать его хотя бы в виде гипотезы.

Лавуазье решил проверить высказанные ранее Бойлем, Реем, Мэйоу и Ломоносовым гипотезы о роли воздуха в процессах горения. Он опирался вначале на представления Штала об особенностях реакций, протекающих при горении. Поэтому Лавуазье интересовался тем, увеличивается ли количество воздуха, если в нем происходит восстановление окисленного тела и выделение благодаря этому дополнительного воздуха. Лавуазье удалось доказать, что действительно количество воздуха при этом возрастает. Это открытие Лавуазье назвал самым интересным со времени работ Штала. Поэтому в ноябре 1772 г. он направил в Парижскую Академию наук специальное сообщение о полученных им результатах.

На следующем этапе исследований Лавуазье полагал выяснить, какова природа «воздуха», соединяющегося с горючими телами при их окислении. Однако все попытки установить природу этого «воздуха» в 1772—1773 гг. окончились безрезультатно*. Дело в том, что Лавуазье, так же как и Шталь, восстанавливал «металлические извести» путем непосредственного контакта с «углеобразной материей» и тоже получал при этом диоксид углерода, состав которого он не мог тогда установить. Как считал Лавуазье, «уголь сыграл с ним злую шутку». Однако Лавуазье, как и многим другим химикам, не приходила мысль, что восстановление оксидов металлов можно осуществить нагреванием с помощью зажигательного стекла. Но вот осенью 1774 г. Джозеф Пристли сообщил, что при восстановлении окиси ртути с помощью зажигательного стекла образуется новый вид воздуха —

* О работах Лавуазье по созданию кислородной теории подробнее см.: Крицман В. А. О работах Лавуазье по органической химии.— В кн.: Очерки по истории органической химии.— М.: Наука, 1977, с. 5—20.— Прим. перев.



Карл Вильгельм Шееле (1742—1786).*

«дефлогистированный воздух» (как он называл кислород). Незадолго до этого кислород был открыт Шееле, но сообщение об этом было опубликовано с большим запозданием**.

Шееле и Пристли объясняли наблюдаемое ими явление выделения кислорода с позиций флогистонной теории. Только Лавуазье смог использовать открытие кислорода в качестве главного аргумента против теории флогистона.

Весной 1775 г. Лавуазье воспроизвел опыт Пристли. Он хотел получить кислород и проверить, был ли кислород тем компонентом воздуха, благодаря которому происходило горение или окисление металлов. Лавуазье удалось не только выделить кислород, но и вновь получить оксид ртути. Одновременно Лавуазье определял весовые отношения вступающих в эту реакцию веществ. Ученому удалось доказать, что отношения количеств веществ, участвующих в реакциях окисления и восстановления, остаются неизменными. Таким образом, Лавуазье изучил качественно и количественно процессы окисления — восстановления. Он доказал, что для объяснения хода этих реакций нет необходимости привлекать представление о флогистоне.

* Шееле Карл Вильгельм (1742—1786) — знаменитый шведский химик и фармацевт. Открыл, выделил из природных веществ и описал ряд элементов и соединений. Среди них — кислород, хлор, марганец, оксиды бария, вольфрама, молибдена, соединения серы, фтора, фосфора, перманганат калия, этиловый эфир, глицерин, многие органические кислоты и другие вещества. По словам известного химика Ж. Дюма, Шееле «не мог прикоснуться к какому-либо телу, без того, чтобы не сделать открытия». — *Прим. перев.*

** Шееле получил кислород в 1772 г., а опубликовать сообщение об этом смог лишь в 1775 г. Подробнее см.: Трифионов Д. Н., Трифионов В. Д. Как были открыты химические элементы. — М.: Просвещение, 1980, с. 42—46. — *Прим. перев.*

Однако оставались нерешенными другие вопросы. Что, например, происходит с водородом при горении? Долгое время все попытки Лавуазье ответить на этот вопрос были безуспешными. Лишь после того, как Лавуазье применил методику, разработанную Кавендишем, ему удалось летом 1784 г. получить воду в результате сгорания смеси кислорода и водорода при пропускании через нее электричества в изолированном стеклянном колоколе. Несколько дней спустя Гаспар Монж повторил этот опыт и отметил, что вес образовавшейся воды был равен сумме весов взаимодействовавших кислорода и водорода. Так теория горения, разработанная Лавуазье, нашла новое экспериментальное подтверждение. Однако Лавуазье не остановился на достигнутом.

Стремясь всесторонне изучить механизм химических превращений, Лавуазье искал способ разложения воды на водород и кислород. Ученому удалось разработать методику, благодаря которой он достиг поставленной перед собой цели. Лавуазье пропускал водяные пары через раскаленную медную трубку, в которой находились железные опилки. При этом кислород связывался с железом в начале трубки, а водород собирался в ее конце. Определение веса образовавшихся веществ вновь блестяще подтвердило основные положения кислородной теории Лавуазье и закон сохранения материи [97—99].

«Революция в химии», произведенная Лавуазье

Работы Лавуазье произвели в химии, пожалуй, такую же революцию, как два с половиной века до того открытия Коперника в астрономии. Вещества, которые раньше считались элементами, как показал Лавуазье, оказались соединениями, состоящими в свою очередь из сложных «элементов». Открытия и воззрения Лавуазье оказали громадное влияние не только на развитие химической теории, но и на всю систему химических знаний. Они так преобразовали саму основу химических знаний и языка, что следующие поколения химиков, по существу, не могли понять даже терминологию, которой пользовались до Лавуазье. На этом основании впоследствии стали считать, что о «подлинной» химии нельзя говорить до открытий Лавуазье. Преемственность химических исследований при этом была забыта. Только историки химии начали вновь воссоздавать действительно существовавшие закономерности развития химии. При этом было выяснено, что «химическая революция» Лавуазье была бы невозможна без существования до него определенного уровня химических знаний.

Развитие химических знаний Лавуазье увенчал созданием новой системы, в которую вошли важнейшие достижения химии прошлых веков. Эта система, правда, в значительно рас-

ширенном и исправленном виде, стала основой научной химии.

Прежде всего Лавуазье заменил устаревшие понятия элемента новыми. Достижения в области экспериментальной и практической химии ко времени Лавуазье позволили отказаться от гипотетических элементов Аристотеля и алхимиков. После работ Лавуазье элементом стали называть вещество, которое не могло быть далее разложено никакими химическими способами. Не следует предъявлять слишком строгие требования к этому определению. Ведь Лавуазье еще не мог знать, что при помощи специальных способов и методов в дальнейшем окажется возможным разделить «неразделимые» в то время вещества. Предложенное Лавуазье определение элемента было прогрессивным: оно давало химикам четкие критерии, но не накладывало жесткие рамки на использование различных методов изучения элементов. Для развития химии определение Лавуазье было чрезвычайно плодотворным. Оно стимулировало попытки разложения веществ всеми доступными средствами. Так было открыто большинство химических элементов в первой половине XIX в.

С изменением краеугольного понятия — химического элемента — новой химической системе потребовалась и новая терминология, в которой названия веществ были бы проще и понятнее. Кроме того, существовавшие ранее названия различных веществ, не отражая химической сущности их, были настолько сложны и трудны для восприятия, что быстро забывались. В 1787 г. Лавуазье объявил Академии наук в Париже о результатах работы возглавляемой им специальной комиссии по созданию новой химической номенклатуры. Члены комиссии — ведущие химики Франции — Гитон де Морво, Бертолле и Фуркруа дали новые названия химическим элементам и предложили составлять наименования сложных тел, учитывая названия элементов, входящих в их состав. Элементами с тех пор стали называть такие вещества, которые не могли быть разделены на части химическим анализом, например, металлы, фосфор, серу, кислород и водород. Соединениями считались все вещества, состоящие из двух и более элементов.

Названия элементов подбирались таким образом, чтобы они отражали и особенности реагирования данного вещества. Так, элемент, который Пристли считал «дефлогистированным воздухом», Шееле — «огненным воздухом», а Лавуазье — «жизненным воздухом», стал называться по новой номенклатуре кислородом (oxugène), так как этот газ при сгорании превращал многие вещества в «кислоты»*. «Горящий воздух» получил название водорода (hydrogène), поскольку при его горении в кислороде образовывалась вода. «Удушливый воздух», со-

* Кислотами в то время называли ангидриды кислот.— Прим. перев.



Джозеф Пристли (1733—1804) (для проведения опытов с газами предложил новую конструкцию пневматической ванны с ртутным затвором и таким образом смог изолировать газы, растворимые в воде)*.

гласно решению комиссии, стал называться азотом («удушающее вещество»), потому что этот газ «душил» горение и дыхание**.

Кислоты получили названия от тех элементов, из которых они были образованы. Поэтому одна из кислот, в состав которой входила сера, стала называться теперь не «купоросным маслом», а серной кислотой. Кислоты, содержащие фосфор, комиссия постановила называть фосфорными кислотами; кислоту, в состав которой входит углерод,— угольной кислотой.

Новая терминология была прогрессивной, потому что в названиях соединений отражался их состав. Это значительно облегчило систематизацию веществ с учетом данных новейших экспериментальных исследований.

* Пристли Джозеф (1733—1804) — английский ученый, основоположник (вместе с некоторыми другими химиками) химии газов («пневматической химии», как ее называли в XVIII в.). Одним из первых получил кислород (1774 г.) и изучил его свойства, сумел выделить и исследовать такие важные для практики газообразные вещества, как хлороводород, оксиды азота, аммиак, сернистый газ. Подробно изучил свойства водорода и азота.— *Прим. перев.*

** Происхождение названия «азот» рассматривается иначе в кн.: Трифонов Д. Н., Трифонов В. Д. Как были открыты химические элементы.— М.: Просвещение, 1980, с. 39—41.— *Прим. перев.*

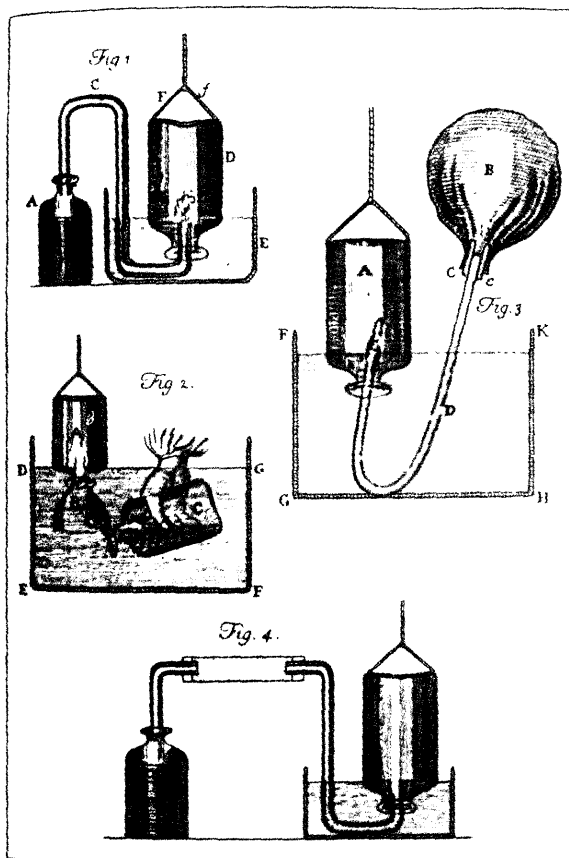


Генри Кавендиш (1731—1810) (один из самых знаменитых представителей пневматической химии, открыл многие газы и первый доказал образование воды при сгорании водорода)*.

Лавуазье совершил революционный переворот в химии. Но понять это смогли отнюдь не все химики XVIII в. Пристли, Шееле и Кавендиш, которые сами внесли столь важный вклад в подготовку этого «революционного переворота», так и остались приверженцами теории флогистона. Они пытались объяснить сделанные ими открытия в свете устаревших теорий. Только Лавуазье удалось рассмотреть эти явления с абсолютно иных позиций. Некоторые химики, как, например, Грен, пытались связать две системы воедино. Однако уже спустя примерно два десятилетия кислородная теория Лавуазье стала общепринятой. В начале XIX в. трудно было найти химиков, которые бы использовали в своих работах «язык» и понятия теории флогистона.

Широкое использование положений новой теории, новых понятий и обозначающих их терминов облегчили объяснение и понимание химиками результатов экспериментальных иссле-

* Кавендиш Генри (1731—1810) — английский физик и химик, один из создателей химии газов. Впервые выделил в чистом виде водород и углекислый газ (1766 г.), определил плотность этих газов. Изучил реакции образования воды (1784 г.), получения серной кислоты (1785 г.), с высокой степенью точности установил состав воздуха (1781 г.).— *Прим. перев.*



Аппараты Г. Кавендиша для выделения и улавливания газов.

дований Венцеля и Рихтера (проведенных еще во времена господства теории флогистона).

Примерно в это же время была решена и другая важнейшая проблема химии: показано, каким образом и в каких количественных отношениях соединяются элементы друг с другом. Пруст открыл закон постоянства состава веществ: химические элементы соединяются друг с другом в определенных (постоянных) весовых отношениях. Тогда же Джон Дальтон открыл закон кратных отношений: весовые соотношения двух элементов, которые образуют различные соединения (как, например, С и О составляют CO или CO_2), имеют вид простых целых чисел 1:1, 1:2, 1:3 и т. д. Широко используя на практике выводы из этого закона, Дальтон в начале XIX в. построил новую атомистическую теорию (химическую атомистику), а

Якоб Берцелиус немного позже определил относительные атомные веса [атомные массы] и предложил обозначения элементов и их соединений, почти полностью сохранившиеся до наших дней. Таким образом, были созданы важнейшие положения классической химии.

В итоге в начале XIX в. изменилось и место химии среди других областей знания и производственной деятельности. Химия стала вполне самостоятельной научной дисциплиной, которая играла все возрастающую роль в промышленной революции XIX—XX вв.

1. *Liebig J. v.* Chemiesche Briefe. Leipzig und Heidelberg, 1865 (1. Aufl., 1844).
2. *Полинг Л.* Общая химия: Пер. с 3-го амер. изд./ Под ред. М. Х. Карапетьянца.— М.: Мир, 1974.
3. *Strube W.* Die Chemie und ihre Geschichte. Berlin, 1974.
4. *Walden P.* Geschichte der Chemie. Bonn, 1950.
5. *Karger-Decker B.* Gifte, Hexensablen, Liebesgetränke. Leipzig, 1966.
6. *Trommsdorf J. B.* Versuch einer allgemeinen Geschichte der Chemie, 1803—1805. In: Taschenbuch für Ärzte, Chemiker und Apotheker, 1806 gesondert als Buch. Nachgedruckt im Zentralantiquariat der DDR mit der im Druck von 1806 fehlenden Teilen und einer Vorbemerkung von W. Strube. Leipzig, 1965.
7. *Wiegleb J. Chr.* Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie, Weimar, 1777. Nachdruck des Zentralantiquariats der DDR, Leipzig, 1965.
8. *Mottek H.* Zu einigen Fragen der Entwicklung der Produktivkräfte und ihrer gesellschaftlichen Bedingungen. In: Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte, 1964, T. II und III, S. 209 ff.
9. *Kerstein G.* Entschleierung der Materie. Stuttgart, 1962.
10. *Meyer E. v.* Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart, 4. Aufl. Leipzig, 1914.
11. *Kopp H.* Geschichte der Chemie, Bd. I—IV. Braunschweig, 1843—1847.
12. *Szabadvary F.* Geschichte der analytischen Chemie, Budapest, 1960. Deutsche Bearbeitung v. G. Kerstein, Braunschweig — Budapest, 1966.
13. *Fester G.* Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Großindustrie. Berlin, 1923.
14. *Strube I.* Bilder chemischer Vergangenheit. Leipzig, 1960.
15. *Strube W.* Erfahrungen und Theorien über chemische Vorgänge in der Zeit von Thales bis Platon. In: Hellenische Poleis, Bd. IV.
16. *Aristoteles.* T. meth. t. phys. (-Prot. philos.) 1, 3, 983 b 6 ff.-11 A 12 Diels Kranz.
17. *Juncker J.* Conspectus Chemiae theoretico practicae. Bd. I, II. Halle, 1730, 1738. Deutsch.: Vollständige Abhandlung der Chemie. Bd. I—III, Halle, 1749/1753.
18. *Strube W.* Die Bedeutung des antiken Atomismus für die Entwicklung der Experimentalchemie. In: Antiquitas Graeco-Romana ac tempora nostra, Acta congressus internationalis habiti Brunae..., Prag, 1968.
19. *Платон*, Соч., т. 1—3.— М.: Мысль, 1968—1972.
20. *Strube I.* Aristoteles und die Krise in den Lehren über chemischen Vorgänge. In: Hellenische Poleis, hrg. v. E. Ch. Welskopf. Berlin, 1973, Bd. IV, S. 1839—1849.
- 20а. *Аристотель*, Соч., в 4-х томах.— Мысль, т. 1, 1976; т. 2, 1972; т. 3, 1981.
21. *Laßwitz K.* Geschichte der Atomistik. Bd. I. Hamburg — Leipzig, 1890.
22. *Riepe D.* The Naturalistic Tradition in Indian thought, University of Washington press. Seattle, 1961; *Needham J.* Chinese Science. London, 1950.
23. *Гёре И. В.* Фауст/Пер. Пастернака Б. Л.— В кн.: Собр. соч., в 10 томах. Т. 2. М., Художественная литература, 1976, с. 41.
24. *Strube W.* Die Überwindung der Alchemie in Deutschland in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. In: Wiss. Ztschr. der TH für Chemie. Leuna — Mar-seburg, 1963, H. 2.
25. *Strube W.* Die Auswirkungen der neuen Auffassung von der Chemie in Deutschland in der Zeit von 1745 bis 1785. Inauguraldissertation, Karl-Marx-Universität. Leipzig, 1961.
26. *Stahl G. E.* Bedenken von der Goldmacherei. Leipzig, 1755.
27. *Lockemann G.* Geschichte der Chemie, Bd. I. Berlin, 1950.
28. *Weyer J.* Neuere Interpretationsmöglichkeiten der Alchemie. In: Chemie in unserer Zeit, 1973, Jg. 7, Nr. 6, S. 177—181.
29. *Hopkins A. J.* A modern Theorie of Alchemy. Isis, Jg. 7, 1925.

30. *Kopp H.* Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit. 2 Bde. Heidelberg, 1886, T. I.
31. *Meyer R.* Vorlesungen über die Geschichte der Chemie. Leipzig, 1922.
32. *Lippmann E. O. v.* Entstehung und Ausbreitung der Alchemie — mit einem Anhang zur älteren Geschichte der Metalle. Berlin, 1919.
33. *Walden P.* Drei Jahrtausende Chemie. Berlin, 1944.
34. *Schmieder K. Chr.* Geschichte der Alchemie. Halle, 1832; neu hrsg. v. Fr. Strunz. München — Planegg, 1927.
35. *Partington J. R.* A short History of Chemistry, 3. Aufl., London, New York, 1957.
36. *Read J.* Through Alchemy to Chemistry. London, 1957.
37. *Stahl G. E.* Zymotechnia fundamentalis seu Fermentationis theoria generalis..., Halae, 1697; Zymotechnia fundamentalis oder Allgemeine Grunderkenntnis der Gärungskunst, 1. Aufl., Frankfurt-Leipzig, 1834; 2. Aufl., Stettin-Leipzig, 1847.
38. *Welling G.* Opus mago-cabbalisticum et theosophicum. Frankfurt/Leipzig, 1748. S. 518, § 5.
39. *Bernhardt J. C.* Chemische Versuche und Erfahrungen. Leipzig, 1755.
40. *Strube I.* Der Beitrag Georg Ernst Stahls zur Entwicklung der Chemie. Inauguraldissertation am Karl-Sudhoff-Institut der Karl-Marx-Universität. Leipzig, 1960.
41. *Stahl G. E.* Ausführliche Betrachtungen und zulänglicher Beweis von den Salzen. Halle, 1723 und 1765.
42. *Zimmermann J. Chr.* Praelectiones Chymiae ... Berlin, 1740; dtsh.: Allgemeine Grundsätze der Theoretisch-praktischen Chemie. Bd. I—II—. Dresden, 1755/1756.
43. *Hoffmann G. A.* Die Chymie zum Gebrauch des Haus-, Land- und Stadtwirthes, des Künstlers, Manufakturiers, Fabrikantens und Handwerkers. Leipzig, 1757.
44. *Erxleben J. Chr. P.* Anfangsgründe der Chemie. Göttingen, 1775.
45. *Schillert G.* Deutschland von 1648 bis 1789. Berlin, 1959.
46. *Conring H.* ... de Hermetica medicina. Helmstedt, 1669.
47. *Borrich O.* Hermetis aegyptiorum et chemicorum Sapientia. Hafniae, 1674.
48. *Schröder F. J. W.* Neue alchimistische Bibliothek für den Naturkündiger unseres Jahrhunderts ausgesucht. Frankfurt und Leipzig, 1772 u. 1774.— Neue Sammlung der Bibliothek für die höhere Naturwissenschaft und Chemie, 1775.
49. *Zekert O.* Berühmte Apotheker, 1955.
50. *Kortum K. A.* Verteidigung der Alchemie... 1789; Noch ein paar Worte über Alchemie und Wiegleb. Duisburg, 1791.
51. *Moehsen D. J. E. W.* Beiträge zur Geschichte der Wissenschaften in der Mark Brandenburg... Berlin/Leipzig, 1783.
52. *Nicolai F.* Allgemeine Deutsche Bibliothek. Berlin/Stettin, Bd. 34 (1. Stück 1778).
53. Denkwürdigkeiten aus dem Leben ausgezeichneter Teutscher des 18. Jh. Schnepfenthal, 1802.
54. *Bernal J. D.* Die Wissenschaft in der Geschichte. Berlin, 1961.
55. *Chaptal J. A. C., Graf v.* Chimie appliquée aux arts. Paris, 1807.
56. *Brunschwygk H.* Liber de arte destillandi oder Buch der rechten Kunst zu destillieren. Straßburg, 1500.
57. *Ryff W. H.* Das große Destillierbuch. Frankfurt, 1545.
58. *Della Porta G.* De destillatione. Roma, 1608; deutsch: Ars destillatoria. Frankfurt, 1611; hrsg. v. Peter Uffenbach.
59. *Geber.* Buch I, Summa perfectionis Magisterii; Buch II, De investigatione perfectionis; Buch III, De inventione veritatis; Buch IV, Liber fornacum; Buch V, Testamentum Geberi.
60. *Becher J. J.* Närrische Weisheit. Frankfurt. 1682.
61. *Biringuccio V.* De la pirotechnia libri. X. Venedig, 1540.
62. *Agricola G.* De re metallica libri XII, Basel 1556; deutsch. von D. phil. *Bechius*. Frankfurt, 1580.
63. *Ercker L.* Beschreibung aller fürnemisten mineralischen Ertz und Bergwerckarten. Prag, 1574.

64. *Beckmann J.* Physikalische-ökonomische Bibliothek. Göttingen, 1770/1808. XVII.
65. *Libavius A.* Alchemia. Frankfurt, 1595.
66. *Libavius A.* Praxis Alchymiae. Frankfurt, 1605.
67. *Valentinus B.* Offenbarung der verborgenen Handgriffe. Erfurt, 1624.
68. *Glauber J. R.* Furni novi philosophici. Amsterdam, 1648.
69. *Harig G.* Über die Entstehung der klassischen Naturwissenschaften in Europa. In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie. Berlin, H. 3/1958.
70. *Beckmann J.* Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Leipzig, 1780, Bd. V, T. 4, S. 582.
71. *Löhneyss G. E.* Bericht von Bergwerk. Zellerfeld, 1617.
72. *Wrany A.* Geschichte der Chemie und der auf chemischer Crundlage beruhenden Betriebe in Böhmen. Prag, 1902.
73. *Kunckel J.* Ars vitraria experimentalis oder vollständige Glasmacherkunst. Frankfurt, 1679.
74. *Palissy B.* Les oeuvres de maitre Bernard Palissy. Hrg. v. B. Fillon. Niort, 1888.
75. *Palissy B.* Discours admirables IX, X. Hrg. v. B. Fillon. Niort, 1888.
76. *Poppe J. H. M.* Geschichte der Technologie, III. Göttingen, 1807/1811.
77. *Bucher B.* Geschichte der technischen Künste. 1875, III.
78. *Justi J. H. G.* Vollständige Abhandlung von den Manufakturen und Fabriken. Kopenhagen, 1785.
79. *Beckmann J.* Beiträge zur Ökonomie, Technologie, Polizey- und Kameralwissenschaft. Göttingen, 1779/1791, VI, S. 147.
80. *Beckmann J.* Anleitung zur Technologie. Göttingen, 1777.
81. *Ferber J. J.* Nachrichten und Beschreibungen einiger chemischer Fabriken. Halberstadt, 1793.
82. *Feldhaus Fr.* Technik der Vorzeit. Berlin/Leipzig, 1914.
83. *Berlekamp G.* Zur Geschichte der Stralsunder Fayencemanufaktur und ihrer Erzeugnisse. Diss. Univ. Greifswald, 1970.
84. *Nicolai Fr.* Beschreibung der königlichen Residenzstädte Berlin und Potsdam. Berlin, 1779.
85. *Lippmann E. O. v.* Geschichte des Zuckers. Leipzig, 1890.
86. *Demachy J. F.* Laborant im Großen. Paris, 1777; deutsch mit Anmerkungen von Dr. Strube und Abhandlungen von J. Chr. Wiegleb. Übersetzt von D. Samuel Hahnemann. Leipzig, 1801.
87. *Leblanc N.* Patentschrift vom 2.9. 1791. Zit. nach. Bugge G. Buch der großen Chemiker. Weinheim/Bergstraße. 2. Aufl. 1955, Bd. I.
88. *Ornstein M.* The Role of Scientific Societies in the seventeenth Century. Chikago, 1928.
89. *Treibs W.* Zur Geschichte der Entwicklung der Chemie an der Universität Leipzig. In: Beiträge zur Universitätsgeschichte, Bd. I. Leipzig, 1959.
90. *Strube W.* Die chemischen Institute der Leipziger Universität in der Geschichte der Chemie des 18. und 19. Jahrhunderts. In: Chemische Technik, Jg 17, H. 2. Berlin, 1965, S. 65—69.
91. Das Laboratorium, eine Sammlung von Abbildungen und Beschreibungen der besten und neuesten Apparate zum Behelf der practischen und physikalischen Chemie. 28 Hefte. Weimar, 1825—1833.
92. *Strube I.* Die Phlogistonlehre *G. E. Stahl's* (1659—1734) in ihrer historischen Bedeutung. In: NTM 2. Berlin, 1961, S. 27—51.
93. *Strube I.* Zum Problem der Einheit von historischer und logischer Entwicklung der chemischen Theorien im 18. Jh. In: Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin (NTM), Jg. 4, H. 10/1967. Leipzig, S. 101 ff.
94. *Bergman T.* Opuscula, Bd. 2. De minerarum docimasia humida, 1780.
95. *Jungius J.* Über den propädeutischen Nutzen der Mathematik, Rede, Hamburg, 19. III. 1629. In: Festschrift der Hamburger Universität. Hamburg, 1929, hergest. v. E. v. Lehe.
96. *Rey J.* Über die Ursache der Gewichtszunahme von Zinn und Blei beim Verkalken. In: Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaft, Nr. 172.
97. *Steenbeck M.* Wissen und Verantwortung. Berlin/Weimar, 1967.

98. *Liebig J. v.* Die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft, in Reden und Abhandlungen. Leipzig/Heidelberg, 1874.
99. *Weyer J.* Der Alchemist im lateinischen Mittelalter ... In: Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Weinheim/Bergstr., 1974; hrg. v. E. Schmauderer.

Рекомендуемая литература

- Beck L.* Geschichte des Eisens. 2 Bde., Braunschweig, 1884.
- Beckmann J.* Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. 4 Bde., Leipzig, 1786—1805.
- Beckmann J.* Anleitung zur Technologie. 6. Aufl., Göttingen, 1808.
- Beckmann J.* Beiträge zur Ökonomie, Technologie, Polizei- und Kameralwissenschaft. 12 Bde., Göttingen, 1779—1791.
- Beckmann J.* Physikalisch-Ökonomische Bibliothek. 23 Bde., Göttingen, 1770—1808.
- Boyle R.* Der skeptische Chemiker. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 29, Leipzig, 1929.
- Bugge G.* (Hrsg.) Das Buch der großen Chemiker. 2 Bde., Berlin, 1929.
- Dannemann F.* Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und ihrer Zusammenhänge. 4 Bde., Leipzig, 1910—1913; 2. Aufl. 1920—1923.
- Darmstädter L.* (Hrsg.). Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. In chronologischer Darstellung, 2. umgearb. Aufl. unter Mitwirkung v. R. du Bois-Reymond und C. Schäfer. Berlin, 1908.
- Demachy J. F.* Laborant im Großen. Paris, 1777; deutsch. v. D. S. Hahnemann mit Anm. v. Wiegand und Struve. Leipzig, 1801.
- Dijksterhuis E. J.* Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956.
- Dumas J. B.* Leçons sur la philosophie chimique. Paris, 1837.
- Engels S., Nowak A.* Auf der Spur der Elemente. Leipzig, 1977.
- Färber E.* Die geschichtliche Entwicklung der Chemie. Berlin, 1921.
- Ferchl F., Süssenguth A.* Kurzgeschichte der Chemie. Mittenwald, 1936.
- Fierz-David H. E.* Die Entwicklungsgeschichte der Chemie. Basel, 1945.
- Фигуровский Н. А.* Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в.— М.: Наука, 1956.
- Ganzenmüller W.* Beiträge zur Geschichte der Technologie und Alchemie. Weinheim, Bergstr. 1956.
- Glauber J. R.* Des Teutschlands Wohlfahrt. Amsterdam, 1656.
- Gmelin J. Fr.* Geschichte der Chemie... 3 Bde. Göttingen, 1797—1799.
- Хайнир К.* Биографии великих химиков: Пер. с нем. Крицмана В. А./Под ред. Быкова Г. В. и Погодина С. К.— М.: Мир, 1981.
- Hoeter F.* Histoire de la chimie depuis les temps... 2 Bde., Paris, 1842—1843.
- Kerstien G.* Entschleierung der Materie. Stuttgart, 1962.
- Kopp H.* Geschichte der Chemie. 4 Bde., Braunschweig, 1843—1847.
- Kopp H.* Der Alchemie in älterer und neuerer Zeit. 2 Bde., Heidelberg, 1886.
- Lémery N.* Cours de chimie. Paris, 1730.
- Libavius A.* Alchymia. Frankfurt/M., 1597.
- Lippmann E. O. v.* Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. 3 Bde., Bd. 1 und 2. Berlin, 1919, 1931; Bd. 3 hrsg. v. R. v. Lippmann. Weinheim. Bergstr., 1954.
- Lockemann G.* Geschichte der Chemie. Bd. 1. Berlin, 1950.
- Ломоносов М. В.* Полное собр. соч. в 25 томах.— М.— Л.
- Меншуткин Б. Н.* Химия и пути ее развития.— М.— Л., 1937.
- Meyer E. v.* Geschichte der Chemie... Leipzig, 1889; 4. Aufl. 1914.
- Mottek H.* Wirtschaftsgeschichte Deutschland, Bd. 1. Berlin, 1957.
- Mullhauf R. P.* The Origins of Chemistry. London, 1966.
- Needham J.* Science and Civilisation in China. Bd. 5: Chemistry and Chemical Technology, Tl. 2: Spagyric Discovery and Invention: Magisteries of Gold and Immortality. Cambridge, 1974.
- Ostwald W.* Werdegang einer Wissenschaft. Leipzig, 1908.
- Partington J. R.* A History of Chemistry. 4. Bde., London, 1961, 1962, 1964, 1970.

- Priestley J.* Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft. 3. Bde., Leipzig, 1778/79.
- Рабинович В. Л.* Алхимия как феномен средневековой культуры.— М.: Наука, 1979.
- Ramsay W.* Vergangenes und Künftiges aus der Chemie. 2. Aufl. Leipzig, 1913, übersetzt v. W. Ostwald.
- Read J.* Through Alchemy to Chemistry. London, 1957.
- Ruska J.* Studien zur Geschichte der Chemie. Berlin, 1927.
- Scheele C. W.* Chemische Abhandlungen von der Luft und dem Feuer. Ostwalds Klassiker der exakter Wissenschaften. Nr. 58. Leipzig, 1894.
- Schelenz H.* Geschichte der Pharmazie. Berlin, 1904.
- Schmieder K. Ch.* Geschichte der Alchemie. Halle, 1832; Nachdruck Ulm, 1959.
- Schneider W.* Geschichte der pharmazeutischen Chemie. Weinheim, Bergstr, 1972.
- Speter M.* Lavoisier und seine Vorläufer. Stuttgart, 1910.
- Stange A.* Die Zeitalter der Chemie in Wort und Bild. Leipzig, 1908.
- Stillmann J. M.* The Story of Early Chemistry. New York, 1924.
- Strube W.* Die Chemie und ihre Geschichte. Berlin, 1974.
- Ströcker E.* Denkwege der Chemie, Freiberg und München, 1974.
- Thomson Th.* The History of Chemistry, 2 Bde., London, 1830/1831.
- Walden P.* Geschichte der Chemie. Bonn, 1947; 2. Aufl. Bonn, 1950.
- Walden P.* Maß, Zahl und Gewicht in der Geschichte der Vergangenheit, Stuttgart, 1931.
- Walden P.* Chronologische Übersichtstabelln zur Geschichte der Chemie. Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1952.
- Welskopf E. Ch.* (Hrsg.). Hellenische Poleis. 4 Bde., Berlin, 1973.
- Weyer J.* Chemiegeschichtsschreibung von Wiegleb bis Partington. Hildesheim, 1974.
- Whewell W.* History of the Inductive Sciences... 3 Bde., London, 1837.
- Wolf A.* A History of Science, Technologie and Philosophy in the 16th and 17th Centuries. 2. Aufl. London, 1. Bd., 1950; 2. Bd., 1952.
- Сабагвари Ф., Робинсон А.* История аналитической химии: Пер. с англ. Васьиной Н. А./Под ред. Шамина А. Н.— М.: Мир, 1984.

Именной указатель

- Август, курфюрст см. Эрнст Август Саксонский
Авиценна (Абу Али ал-Хусейн Ибн Сина) (Avicenna) 96, 166, 197, 198, 200
Аверроес (Ибн-Рошд) (Averroes) 198, 200
Агрикола Г. (Agricola G.) 101, 107, 141, 143, 144, 148, 159, 160, 161, 173
Агриппина, императрица (Agrippina) 38
Адальберт (Adalbert) 97
Александр Македонский (Alexander) 88, 93
Алкмайон из Кротона (Alkmaion) 60
Альберт Великий (Albertus Magnus) 99, 100, 106, 129, 191, 199, 200
Аммон-Ра (Ammon-Ra) 90
Анаксагор (Anaxagoras) 50, 54, 66, 67, 75
Анаксимандр (Anaximandros) 40, 58, 59
Анаксимен (Anaximenes) 50, 58—60
Антей (Antäus) 73
Аристотель (Aristoteles) 50, 54, 57, 63, 66—69, 71—81, 86, 91, 95, 99, 177, 184, 196—198, 200, 202, 204, 207, 209, 210, 224
Арнальдо да Вилланова (Arnaldus Villanovacensis) 100, 106, 199, 200
Ар-Рази (Разес) (al-Razi, Rhazes) 96, 166, 197—199
Ар-Раммайя Х. (Ar-Rammah H.) 129
Архиген (Archigenes) 190
Ахард Фр. К. (Achard Fr. K.) 163
Ахутин А. В. 9
Барт (Bart) 139
Бассо С. (Basso S.) 208, 209
Бауш И. (Bausch I.) 170
Бейтер (Beuther) 121
Бекман И. (Beckmann J.) 208, 209
Бергман Т. (Bergman T.) 5, 16, 164, 180, 181, 183, 184, 187, 192
Бернал Дж. (Bernal J.) 127, 131, 139
Бернулли Д. (Bernoulli D.) 64
Бернулли И. (Bernoulli J.) 64
Бернхардт И. Х. (Bernhardt J. Ch.) 110, 117, 139, 140
Бертло М. (Berthelot M.) 44
Бертолле К. Л. (Berthollet C. L.) 194, 224
Берцелиус Й. Я. (Berzelius J. J.) 66—68, 180, 184, 213, 227
Бессемер Г. (Bessemer H.) 30, 147
Бехер И. И. (Becher J. J.) 64, 107, 111, 114, 115, 173, 182, 183, 213—216
Бёттгер И. Ф. (Böttger J. E.) 86, 110, 114, 157, 174
Бирингуччо В. (Biringuccio V.) 132, 141, 143, 144, 148, 159, 161, 205
Блэк Дж. (Black J.) 186, 187, 194
Бове В. (Beauvais V.) 100, 199, 200
Бойль Р. (Boyle R.) 66—68, 101, 107, 113, 170, 173, 174, 185, 186, 190—192, 205, 206, 209—212, 217, 218, 221
Болос из Менде (Bolos de Mendes) 87, 90
Боме А. (Baumé A.) 175
Борн М. (Born M.) 12
Борх О. (Borrigh O.) 119
Брант С. (Brant S.) 101
Бругш (Brugsch) 127
Бруно Дж. (Bruno G.) 99
Бруншви́г Г. (Brunschweyck H.) 135, 137
Бунзен Р. (Bunsen R.) 34
Бургавае Г. (Boerhaave H.) 114, 176, 177
Бэкон Р. (Baco R.) 100, 106, 129, 199, 200
Бэкон Ф. Веруламский (Baco F., Verulam) 85
Быков Г. В. 5
Вайгель Хр. (Weigel Chr. E.) 124, 179
Валентин В. (Valentinus W.) 107, 117, 142, 178
Валлериус Ю. Г. (Wallerius J. C.) 180, 183
Вальден П. (Walden P.) 33, 43, 105
Ван-Гельмонт И. Б. (Helmont J. B. van) 114, 185
Вант-Гофф Я. Г. (van't Hoff J. H.) 67
Вард (Ward) 140
Веджвуд Дж. (Wedgewood J.) 157
Вейер Й. (Weyer J.) 10, 21, 101
Веллинг Г. (Welling G.) 106
Веллман М. (Wellmann M.) 87
Венцель К. Ф. (Wenzel K. F.) 194, 212, 213, 226
Вергилий (Virgilius) 120
Вивиани (Viviani) 170
Виглеб И. Хр. (Wiegleb J. Chr.) 16, 21, 41, 110, 117—126, 195, 196
Визгин В. П. 9, 74, 76, 82
Вильсон (Wilson) 194
Вирхов Х. (Virchow H.) 12

- Вислиценус И. (Wislicenus J.) 67
 Витрувий (Vitruvius) 190
 Вольтер (Voltaire) 117
 Врен Х. (Wren Ch.) 186
 Вюрц А. (Wurtz A.) 6
- Гален (Galenos C.) 50, 69
 Галилей Г. (Galilei G.) 11, 99, 170
 Ган Ю. Г. (Gahn J. G.) 180, 183, 184
 Ган О. (Hahn O.) 12
 Ганнибал (Hannibal) 39
 Гарбет (Garbett) 140
 Гассенди П. (Gassendi P.) 209
 Гебер (Джабир, псевдо-Джабир) (Geber) 98, 120, 139, 160, 173, 174, 176, 191, 199, 200
 Гегель Г. В. (Hegel G. W.) 12
 Гейлс С. (Halss S.) 186
 Гельвеций Р. (Helvetius) 117
 Гельмгольц Г. (Helmholtz H.) 65
 Геракл (Herakles) 58, 73
 Гераклит (Herakleitos) 50, 58, 60, 61
 Геральд из Кремоны (Gerhard von Cremona) 97, 199
 Герице О. (Guericke, v. O.) 185
 Герингье (Guéringuy) 146
 Гермес Трисмегист (Hermes Trismegistos) 93, 109
 Геродот (Herodot) 33
 Гёте И. В. (Goethe J. W.) 83, 117
 Гёттлинг И. Ф. (Götting J. F.) 175
 Гиппий (Hippasos) 58—60
 Гиппократ (Hippokrates) 50, 190
 Гитон де Морво Л. Б. (Guyton de Morveau L. B.) 164, 175, 224
 Глазер К. (Glaser C.) 173, 192
 Глаубер И. Р. (Glauber J. R.) 86, 107, 111, 114, 142, 154, 155, 170, 173, 174, 178, 191, 192, 205, 206
 Гмелин И. (Gmelin J. F.) 5, 16
 Гольбах П. (Holback P.) 117
 Гомберг В. (Homberg W.) 174
 Гомер 50
 Гопкинс А. (Hopkins A. J.) 101
 Гор (Hogor) 90
 Горль Д. ван (Goorler D., v.) 208, 209
 Готцковский (Gotzkowsky) 157
 Гофман Г. А. (Hoffmann G. A.) 116
 Гофман Ф. (Hoffmann F.) 191
 Гредер И. (Greder J.) 117
 Грек М. (Graecus M.) 129
 Грен Ф. (Gren F.) 226
 Гук Р. (Hooke R.) 170, 212, 218
 Гутенберг И. (Gutenberg J.) 161
 Гюйгенс Хр. (Huygens Chr.) 170
 Гюнтер, архиепископ (Günter) 130
- Дадлей Д. (Dudley D.) 146
 Дальтон Дж. (Dalton J.) 66—68, 195, 196, 213, 227
- Данте А. (Dante A.) 100
 Дарби А. (Darby A.) 146
 Дарвин Ч. (Darwin Ch.) 12
 Декарт Р. (Descartes R.) 209
 Демокрит (Demokrit) 50, 60, 66—69, 75, 87, 196, 198, 207, 208
 Джабир ибн Гайан (Джебир ибн Хайан, Джафар ибн Хайан) (Dscha-bir ibn Hajan) 93, 95, 96, 100. См. также Гебер
 Джуа М. (Giua M.) 213
 Дидро Д. (Diderot D.) 117
 Диоклетиан (Diokletianus) 44, 120
 Диоскорид П. (Dioskorides P.) 33, 50, 127, 190
 Дмитриев И. С. 211
 Дюамель дю Монсо А. Л. (Dhuamel du Monceau) 164
 Дюма Ж. Б. (Dumas J. B.) 17, 222
- Жоффруа Э. Ф. (Geoffroy E. F.) 174, 192
- Зеннерт Д. (Sennert D.) 66, 206, 208—210
 Зенон (Zenon) 60, 61, 65
 Зефельд (Sehfeld) 109
 Зосима (Zosimos) 87, 90, 93, 120, 178
- Ибн аби Узайбиа (Ibn Abi Usaibia) 129
 Ибн ан-Надим (Ibn an-Nadim) 196
 Ибн Бейтар (Ibn Beitar) 129
 Иванов В. В. 9
 Изис (Isis) 90
 Иоганн Георг (Johann Georg) 130
 Ион (Ion) 92
- Кавендиш Г. (Cavendish H.) 72, 187, 189, 195, 216, 223, 225, 227
 Кастро де, Дж. (Castro, de G.) 160
 Кекуле А. (Kekule A.) 12
 Кёлер Х. И. (Köhler H. J.) 139
 Кеплер И. (Kepler J.) 11
 Киплинг Р. (Kipling R.) 34
 Клав де Э. (Claves de E.) 208, 209
 Клавдий (Claudius) 38
 Клаузиус Р. (Clausius R.) 65
 Клеопатра (Kleopatras) 87, 91
 Колумб Хр. (Columbus Chr.) 11
 Конринг Г. (Conring H.) 119
 Константин Великий (Konstantin d. Große) 93
 Коперник Н. (Copernicus N.) 11, 99, 223
 Копп Г. (Kopp H.) 5, 6, 17, 18, 43, 54, 84, 85, 104, 105, 107, 109, 123, 175, 180, 189
 Корт (Cort) 147
 Кортум К. А. (Kortum K. A.) 184

Костаенс И. (Costaens J.)
 Кох Р. (Koch R.) 12
 Крамер И. А. (Cramer J. A.) 180, 183
 Краус П. (Krauss P.) 100
 Крёниг А. (Krönig A.) 65
 Крицман В. А. 3, 5, 221
 Кронштедт А. Ф. (Cronstedt A. Fr.) 180, 183
 Ксенофан (Hēnophanes) 50, 60, 63
 Кункель И. (Kunkel J.) 86, 107, 110, 111, 114, 115, 121, 154, 170, 173, 180, 192, 194, 205
 Куринной В. И. 184
 Лавуазье А. Л. (Lavoisier A. L.) 12, 64, 68, 72, 126, 134, 170, 175, 184, 189, 194, 196, 215, 216, 220—226
 Ладенбург А. (Ladenburg A.) 6, 17
 Ласвиц К. (Lasswitz K.) 80
 Леблан Н. (Leblanc N.) 154, 163—166
 Левкипп (Leukippos) 50, 66—68, 75, 196
 Лейбниц Г. В. (Leibniz G. W.) 85, 170
 Лемери Н. (Lemery N.) 67, 107, 194, 205, 206, 212, 217
 Ленин В. И. 81
 Лессинг Г. (Lessing H.) 117
 Либавий А. (Libavius A.) 107, 137, 169, 172, 176, 190, 192, 205
 Либих Ю. фон (Liebig J. v.) 11, 12, 17, 21, 34, 52, 83, 127, 178—180, 196
 Липпман Э. О. фон (Lippmann E. O. v.) 6, 105, 122, 123
 Локеман Г. (Lockeman G.) 93
 Ломоносов М. В. 64, 65, 170, 174, 185, 205, 220, 221
 Лукреций (Lucretius) 196, 199
 Луллий Р. (Lullius R.) 100, 174, 178, 191, 200
 Льюис М. 65
 Максвелл Дж. К. (Maxwell J. C.) 12
 Маргграф А. С. (Marggraf A. S.) 163, 164, 180
 Мариотт Э. (Mariotte E.) 170, 185
 Мария-Еврейка (Коптская) (Maria Judin) 87, 101, 174
 Мария-Терезия (Maria Theresia) 109
 Маркс К. (Marx K.) 13, 20, 22—25, 41, 42, 54—56, 108, 111
 Марсе (Marce) 176
 Мартен П. (Martin P.) 147
 Мейер И. (Meyer J.) 164
 Мейер Р. (Meyer R.) 104
 Мейер Э. фон (Meyer E. v.) 42, 54, 105, 109
 Мелисс Самосский (Mellisos) 60
 Менделеев Д. И. 12
 Меншуткин Н. А. 7

Мёхсен Д. И. Э. (Moehsen D. J. E.) 124
 Моисей (Moses) 120
 Монж Г. (Monge G.) 223
 Монтескье Ш. (Montesquieu Ch.) 117
 Мохаммед II (Mohammed II) 94
 Моттек Г. (Mottek H.) 165
 Мусабеков Ю. С. 203
 Мэйоу Дж. (Mayow J.) 131, 174, 185, 186, 205, 217—221

Никола из Александрии (Nikolaos on Alexandria) 95
 Николай Ф. (Nicolai F.) 95, 124
 Новиков Н. И. 117
 Нортон Т. (Norton Th.) 173
 Ньютон И. (Newton I.) 11

Олимпиодор (Olympiodoros) 93, 120
 Останес (Ostanes) 87
 Оствальд В. (Ostwald W.) 17

Павлова Г. Е. 65
 Палисси Б. (Palissy B.) 155
 Парацельс (Paracelsus) 60, 84, 101, 105, 106, 113, 149, 174, 185, 191—193, 202—204, 206, 207, 214, 218
 Парменид (Parmenides) 50, 60, 61, 65
 Парнелл (Parnell) 147
 Партингтон Дж. Р. (Partington J. R.) 7, 21, 105
 Пастер Л. (Pasteur L.) 12, 67
 Паулус (Paulus) 97
 Пелагий (Pelagius) 93
 Петрарка Ф. (Petrarka F.) 101
 Пифагор (Pythagoras) 50
 Планк М. (Planck M.) 12
 Платон (Platon) 49, 50, 52, 60, 62, 65, 66, 69—74, 76, 80, 81, 95, 196, 197, 212
 Плиний Старший (Plinius Major) 33, 38, 50, 120, 127, 185, 190
 Погодин С. А. 7
 Полинг Л. (Pauling L.) 14
 Поло М. (Polo M.) 156, 162
 Потт И. Г. (Pott J. H.) 109
 Пристли Дж. (Priestley J.) 64, 175, 187, 195, 216, 221, 222, 224, 225
 Пруст Ж. Л. (Proust J. L.) 194, 213, 227
 Псевдо-Демокрит (Pseudo-Demokrit) 120

Рабинович В. А. 9
 Радищев А. Н. 117
 Радхакришнан С. (Radhakrishnan S.) 82
 Рёбук (Roebuck) 140
 Резерфорд Д. (Rutherford D.) 187
 Резерфорд Э. (Rutherford E.) 12
 Рей Ж. (Rey J.) 185, 205, 217, 218, 221

- Рид Дж. (Read J.) 105
 Ринман С. (Rinmann S.) 180
 Рихтер И. В. (Richter J. B.) 194, 213, 226
 Роббиа делла Л. (Robbia della L.) 155
 Руска И. (Ruska J.) 93
 Руссо Ж. Ж. (Rousseau J. J.) 117
 Рэлей В. (Rayleigh W.) 189
- Сабадвари Ф. (Szabadvary F.) 44
 Сала А. (Sala A.) 191, 192, 205, 206, 209
 Сандер К. (Sander Ch.) 150
 Сваб ван А. (Swab v. A.) 180
 Селимханов И. Р. 9
 Сименс В. фон (Siemens W. v.) 147
 Синезий (Synesius) 93, 120, 178
 Сократ (Sokrates) 39, 50, 54, 70
 Соловьев Ю. И. 184
 Соссюр де О. Б. (Saussure de O. B.) 180
 Спиноза Б. (Spinoza B.) 85
 Стефан (Stephanos) 93
- Тахений (Tachenius) 154, 192, 205
 Теофраст (Theophrastos) 50
 Томас С. (Thomas S.) 30, 82
 Томсон Т. (Thomson Th.) 6
 Торричелли Э. (Torricelli E.) 170, 185
 Трифонов В. Д. 64, 187, 222, 225
 Трифонов Д. Н. 3, 9, 64, 105, 187, 222
 Троммсдорф И. Б. (Trommsdorf J. B.) 17, 41, 195
 Турнейсер Л. (Thurneysser L.) 190
- Уолластон У. (Wollaston W.) 180
- Фалес (Thales) 50, 52, 57—59, 75
 Фарадей М. (Faradey M.) 12
 Фаренгейт Г. (Fahrenheit G.) 176, 177
 Федоров А. С. 65
 Фестер Г. (Fester G.) 129, 146, 162
 Фигуровский Н. А. 9, 193, 203, 205, 220
 Фикенчер (Fickentscher) 142
 Фирмикус Ю. (Firmicus J.) 120
 Фишер Э. Г. (Fischer E. G.) 194
 Фома Аквинский (Thomas Aquinas) 99, 100, 199
 Фордис А. (Fordyce A.) 164
 Фридрих И. (Friedrich J.) 125
 Фуркруа де А. Ф. (Fourcroy de A. F.) 224
 Фурно де В. (Furno de V.) 191, 199
- Хаген Г. (Hagen H.) 164
 Хаусман И. Ф. (Hausmann J. F.) 180
 Хёфер Ф. (Hoefer F.) 6, 17
 Хиггинс Б. (Higgins B.) 164
 Холмъярд Э. И. (Holmyard E. J.) 93, 100
- Хоум Ф. (Home F.) 141
 Хорт фон (Hort v.) 109
 Христиан, курфюрст (Chistian) 93, 121
- Цекерт О. (Zeckert O.) 123
 Циммерман К. Ф. (Zimmermann C. Fr.) 109, 112, 116, 180, 182
- Черняк А. Я. 203
 Чирнгауз В. (Tschirnhaus W.) 110, 157, 174
- Шапталъ Ж. А. (Chaptal J. A.) 164
 Шварц Б. (Schwarz B.) 130
 Шверцер (Schwärzer) 121
 Шемседдин Абу Абдулла Мохаммеда (Schemseddin M.) 129, 136
 Шееле К. (Scheele C. W.) 64, 164, 186—188, 216, 222, 224, 225
 Шиллер Ф. (Schiller F.) 117
 Шильферт (Schilfert) 118
 Шмидер К. Хр. (Schmieder K. Ch.) 125
 Шорлеммер К. (Schorlemmer C.) 6
 Шрёдер Фр. И. В. (Schröder Fr. J. W.) 119, 124, 175
 Шталь Г. Э. (Stahl G. E.) 64, 86, 105, 109, 111—113, 125, 170, 180, 182, 186, 192, 206, 213, 215—217, 219—221
 Штарк И. Д. (Starck J. D.) 140
 Штольц Р. (Stolz R.) 10
 Штрубе В. (Strube W.) 4, 7—10, 52
 Штрубе И. (Strube I.) 10, 74, 78, 80, 89, 217
 Штурм И. Х. (Sturm J. Ch.) 170
- Эберс Г. (Ebers G.) 49, 127
 Эвмен II (Eumenes II) 39
 Эйнштейн А. (Einstein A.) 12
 Элиад М. (Eliade M.) 101—103
 Эллер И. Т. (Eller J. Th.) 109
 Эмпедокл (Empedokles) 50, 59, 60, 62—65, 75, 77, 78, 80
 Энгельс З. (Engels S.) 10
 Энгельс Ф. (Engels F.) 12, 13, 22—25, 42, 54—56, 108, 111
 Энгештрём фон С. (Engeström v. S.) 173, 180, 181, 183
 Эркер Л. (Ercker L.) 133, 134, 141, 148, 168
 Эркслебен И. Х. П. (Erxleben J. Ch. P.) 117
 Эрнст Август Саксонский (Ernst August v. Sachsen) 109, 121, 122
- Юнг К. Г. (Jung C. G.) 101, 102
 Юнгиус И. (Jungius J.) 66, 101, 198, 206, 208—211
 Юнкер И. (Juncker J.) 63, 106, 112—116

Содержание

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие автора	10
Что изучает наука история химии	11
Химия и цивилизация	11
Химия и производство	13
Значение химии	14
Химия и ее история	16
Химическая практика в древности (до нашей эры)	22
Огонь	22
Покорение огня	23
Металлы и древесный уголь	28
Универсальное средство труда	34
Превращения веществ без нагревания	35
Процессы брожения. Изготовление красок и косметических средств	36
Лекарства, яды	38
Накопление химических знаний. Случайность или пробирный анализ?	40
Рост потребностей	40
Опыт и знание	42
Об источниках	48
«Химические теории» до начала новой эры	52
От Фалеса до Платона	52
Натурфилософия против мифологии	53
Формирование абстрактных понятий	56
Элементы Эмпедокла	62
Атомистика	67
«Геометрический» метод философии Платона	70
Представления Аристотеля о природе первоматерии и форме «тел»	73
Материя и форма	73
Новые представления о природе веществ	75
Свойства и превращения элементов	78
Алхимия	83
Алхимия (напрасно потерянное время?)	83
Химия или златоделие?	83
Идеи и творцы	90
Арабская и латинская алхимия	94
Новые представления	101

Закат алхимии	104
Производство химических продуктов и «златоделие»	107
«Флогистонная» химия против алхимии	111
Опыты и обобщения	118
Развитие химических ремесел до начала промышленной революции	127
Вещества, открытие которых совершило переворот в химии	127
От зажигательных смесей до пороха	129
Перегонка спирта	135
Минеральные кислоты	139
Традиции и новые методы	143
Металлургия	143
Стекло, керамика, фарфор	153
Соли, бумага, сахар	158
Метод Леблана	163
Искусство эксперимента	166
Возникновение искусства эксперимента	166
Цели и задачи	166
Оборудование лабораторий	172
Высокотемпературные способы производства	173
Оборудование для высокотемпературных процессов	179
Пневматическая ванна и газовый анализ	184
Качественный и количественный анализ	189
Формирование представлений о составе и химических свойствах веществ	196
От античной натурфилософии до классической химии	196
Элементы и атомы у арабов	196
Корни научных знаний в христианском мире	199
Три «принципа»: сера, ртуть, соль	202
Атомистика	206
Основание классической химии	213
Теория флогистона	215
Механизм реакций	221
«Революция в химии», произведенная Лавуазье	223
Литература	229
Рекомендуемая литература	232
Именной указатель	234

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу:
129820, Москва И-110, ГСП, 1-й Рижский пер.,
д. 2, издательство «Мир».

Вильгельм Штрубе ПУТИ РАЗВИТИЯ ХИМИИ Том 1

Научный редактор И. С. Беленькая
Мл. научный редактор И. С. Ермилова
Художник Н. А. Ящук
Художественный редактор М. Н. Кузьмина
Технический редактор М. А. Страшнова
Корректор М. А. Смирнов

ИБ 3703

Сдано в набор 14.12.83. Подписано к печати 25.06.84.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага офсетная № 1. Гарнитура балтика
Печать офсетная. Объем 7,50 бум. л. Усл. печ. л. 15.
Усл. кр.-отт. 28,26. Уч.-изд. л. 15,13. Изд. № 3/2705.
Тираж 50 000 экз. Зак. 1127. Цена 85 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
129820, ГСП, 1-й Рижский пер., 2.

Можайский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при
Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли. г. Можайск, ул. Мира, 93.