

И. Я. МИТТОВА, А. М. САМОЙЛОВ

# ИСТОРИЯ ХИМИИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XX ВЕКА

ТОМ I



И. Я. МИТТОВА, А. М. САМОЙЛОВ

# ИСТОРИЯ ХИМИИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XX ВЕКА

Том I

*Допущено Учебно-методическим объединением по классическому  
университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по специальности ВПО 020900 –  
Химия, физика и механика материалов*



ДОЛГОПРУДНЫЙ  
2009



**Рецензенты:**

доктор химических наук, доцент кафедры органической химии  
Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

**О. Н. Зефирова,**

заслуженный деятель науки РФ, доктор химических наук,  
профессор кафедры химии

Тамбовского государственного технического университета

**В. И. Вигдорович,**

заслуженный деятель науки РФ, доктор химических наук, профессор кафедры  
аналитической химии Воронежского государственного университета

**В. А. Шапошник**

**И. Я. Миттова, А. М. Самойлов**

**М67 История химии с древнейших времен до конца XX века: Учебное пособие. В 2 т. Т. 1 / И.Я. Миттова, А.М. Самойлов – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. — 416 с.: цв. вкл. ISBN 978-5-91559-077-8**

В учебном пособии в углубленном изложении представлены основные темы учебного лекционного курса «История и методология химии». Авторы рассматривают эволюцию химических знаний с древнейших времен до наших дней.

Особое внимание в книге уделено анализу развития и становления фундаментальных концепций химической теории; детально прослеживается сложный и длительный переход от античного атомизма к современным учениям о строении вещества.

Первый том пособия посвящен важнейшим событиям в истории химии классического периода. В нем рассмотрен вклад крупнейших ученых и философов в процесс формирования основных научных понятий и теоретических представлений с древности до 60-х гг. XIX столетия.

Издание содержит большое количество иллюстраций, способствующих более наглядной реконструкции описываемых событий, а также краткие биографии наиболее видных ученых-химиков и мыслителей древности.

Для преподавателей, студентов и аспирантов химических факультетов классических университетов, а также широкого круга читателей, интересующихся проблемами истории химии.

УДК 54(091+075.8)  
ББК 2.24г+2.24я73

ISBN 978-5-91559-077-8

© 2009, И. Я. Миттова, А.М. Самойлов  
© 2009, ООО Издательский Дом «Интеллект»,  
оригинал-макет, оформление

ОТ АВТОРОВ.....	6
-----------------	---

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ХИМИИ КАК ЧАСТЬ ОБЩЕЙ ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА .....	9
1.1. Роль химии в развитии человеческой цивилизации .....	9
1.2. История химии как часть истории культуры .....	14
1.3. Зарождение и становление истории химии .....	15
1.4. Периодизация истории химии.....	17
1.5. Краткие биографические данные ученых.....	20

ГЛАВА 2. НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ В ДОИСТОРИЧЕСКИЕ ВРЕМЕНА .....	23
2.1. Источники знаний о химических навыках древнего человека .....	23
2.2. Покорение огня.....	26
2.3. Эра металлов.....	29
2.3.1. Медь и бронза .....	29
2.3.2. Железо и сталь .....	38
2.3.3. Технология получения других металлов .....	43
2.4. Общий уровень развития прикладной химии древних цивилизаций .....	45
2.4.1. Химические технологии, связанные с использованием высоких температур .....	45
2.4.2. Процессы брожения .....	48
2.4.3. Изготовление красок и косметических средств .....	49
2.4.4. Лекарства и яды .....	50
2.5. Рост потребностей и накопление химических знаний .....	56
2.6. Происхождение термина «химия».....	58
2.7. Краткие биографические данные ученых.....	59

ГЛАВА 3. ПЕРВЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДРЕВНИХ О ПРИРОДЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ .....	62
3.1. Эволюция химии в древнейшие времена: опыт и знания .....	62
3.2. Античная натурфилософия .....	66
3.3. Формирование абстрактных понятий.....	75
3.4. Учение Эмпедокла об элементах.....	82
3.5. Платон и Аристотель: учение об элементах-качествах .....	86
3.6. Античная атомистика.....	94
3.7. Краткие биографические данные ученых.....	100

ГЛАВА 4. АЛХИМИЯ: ПОИСКИ ИСТИНЫ ИЛИ БЛУЖДЕНИЯ ВО ТЬМЕ .....	104
4.1. Основные особенности алхимического периода .....	104
4.2. Зарождение алхимии, ее цели и основные этапы .....	107

4.3. Греко-египетская алхимия.....	109
4.4. Арабская алхимия .....	116
4.5. Средневековая алхимия Европы.....	123
4.6. Алхимический трактат .....	134
4.7. Закат западноевропейской алхимии.....	139
4.8. Место алхимии в средневековом обществе.....	145
4.9. Алхимия: лженаука или <i>scientia immutabilis</i> ?.....	146
4.10. Краткие биографические данные ученых.....	152
<b>ГЛАВА 5. ПЕРИОД ОБЪЕДИНЕНИЯ ХИМИИ.....</b>	<b>157</b>
5.1. Основные особенности периода объединения химии .....	157
5.2. Ятрохимия и ее основные результаты.....	159
5.3. Успехи технической химии в XVI – XVII вв. ....	169
5.4. Элементаризм, атомистика и метафизика эпохи Возрождения .....	175
5.5. Краткие биографические данные ученых.....	182
<b>ГЛАВА 6. РАЗВИТИЕ ХИМИИ В XVII–XVIII ВВ. ....</b>	<b>188</b>
6.1. Научная революция в физике и астрономии .....	188
6.2. Зарождение пневматической химии (химии газов) .....	190
6.3. Роберт Бойль.....	192
6.4. Ученые – современники Роберта Бойля.....	201
6.5. Эпоха теории флогистона.....	206
6.6. Открытие газов.....	215
6.6.1. Открытие углекислого газа и азота.....	215
6.6.2. Открытие водорода и кислорода .....	217
6.7. Антуан Лоран Лавуазье .....	223
6.7.1. Борьба против теории флогистона.....	223
6.7.2. Кислородная теория строения веществ.....	229
6.7.3. Реформа химии .....	231
6.8. Краткие биографические данные ученых.....	239
<b>ГЛАВА 7. ВЕЩЕСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТОРЫХ ОПРЕДЕЛИЛО ПУТИ РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ.....</b>	<b>244</b>
7.1. Преумножение традиций и развитие новых методов .....	245
7.1.1. Черная металлургия.....	245
7.1.2. Производство цветных металлов .....	258
7.2. Производство стекла.....	265
7.3. Керамика и фарфор .....	270
7.4. Получение солей .....	274
7.4.1. Добыча поваренной соли .....	274
7.4.2. Добыча и производство других солей .....	276
7.4.3. Получение соды по методу Леблана.....	277
7.5. Изготовление письменных материалов.....	280
7.6. Производство сахара.....	285
7.7. Новые вещества и новые технологии.....	287

7.7.1. Порох и зажигательные смеси.....	287
7.7.2. Производство спирта.....	294
7.7.3. Минеральные кислоты.....	297
7.8. Краткие биографические данные ученых.....	299

## ГЛАВА 8. ПЕРИОД КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЗАКОНОВ.

АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ УЧЕНИЕ.....	301
8.1. Общая характеристика периода.....	301
8.2. Закон эквивалентов.....	303
8.3. Закон постоянства состава.....	305
8.4. Атомистическая теория Джона Дальтона.....	307
8.4.1. Закон простых кратных отношений.....	307
8.4.2. Основные положения атомистической теории Дальтона.....	313
8.5. Закон простых объемных отношений.....	316
8.6. Молекулярная теория Авогадро.....	318
8.7. Закон изоморфизма.....	321
8.8. Закон удельных теплоемкостей.....	322
8.9. Законы электролиза.....	322
8.10. Развитие атомистики в первой половине XIX в. ....	326
8.11. Й. Я. Берцелиус – титан химии XIX в. Атомные массы и символы элементов.....	327
8.12. Попытки реформы системы атомных весов.....	336
8.13. Международный съезд химиков в Карлсруэ. Атомно-молекулярная реформа С. Канниццаро.....	339
8.14. Краткие биографические данные ученых.....	342

## ГЛАВА 9. ЗАРОЖДЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ

ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....	347
9.1. Истоки органической химии.....	347
9.2. Крушение теории витализма.....	350
9.3. Открытие изомеров и радикалов.....	352
9.4. Теория радикалов.....	356
9.5. Теория замещения Дюма и теория ядер (типов) Лорана.....	358
9.6. Теория валентности.....	363
9.7. Структурные формулы органических веществ.....	365
9.8. Теория химического строения А. М. Бутлерова.....	369
9.9. Пространственные структурные формулы молекул.....	374
9.9.1. Оптические свойства веществ. Природа оптической изомерии.....	374
9.9.2. Стереохимическая модель Вант-Гоффа–Ле Белля.....	376
9.10. Краткие биографические данные ученых.....	380

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	386
-----------------	-----

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	406
-------------------------------	-----

## ОТ АВТОРОВ

*...Нет науки, которая была бы замечательнее  
и поучительнее истории химии.*

*Юстус Либих*

Эта книга адресована главным образом читателям, чьи профессиональные интересы так или иначе связаны с химией.

Современная химическая наука поистине необъятна: неорганическая химия, органическая, элементоорганическая, физическая, коллоидная, электро- и биохимия, химия координационных соединений, химия полимеров и высокомолекулярных соединений – список областей химической науки неуклонно увеличивается, а следовательно, будет расти и в будущем. Однако есть нечто общее, связывающее воедино разросшиеся ветви химической науки, – ствол громадного дерева – *теоретическая химия* как совокупность наиболее всеобъемлющих фундаментальных представлений.

Созданию любой теоретической концепции практически всегда предшествует накопление и систематизация огромного количества экспериментальных данных. По своей сути химия была, есть и будет *экспериментально-теоретической наукой*. А потому, описывая зарождение и эволюцию основных фундаментальных концепций химической науки, следует помнить, что первые зачатки теоретических представлений возникали лишь при осмыслении результатов длительной практической деятельности человека, который накапливал знания и умения, руководствуясь исключительно здравым смыслом. Даже не одухотворенная никакими теориями, химия изначально стремилась к тому, чтобы улучшать условия существования людей. Поэтому вполне уместно представить историю химии как гармоничное единство эволюции теоретических концепций и прикладных знаний, полученных в процессе создания и усовершенствования технологий тех материалов, которые оказали решающее влияние на развитие всей цивилизации.

В начале разговора хотелось бы обозначить несколько общих моментов.

Прежде всего, весьма поверхностным было бы представление истории химии в виде монотонного процесса накопления экспериментальных фактов, приводящего на определенных стадиях ее развития к переосмыслению одних теоретических концепций и замене их другими под влиянием неотвратимой логики обстоятельств. История химии, как, впрочем, и любой другой науки, хранит в себе немало поистине драматических страниц. «История науки – не драма людей, а драма идей», – писал Альберт Эйнштейн. К сожалению, данный принцип реализуется в публикациях сравнительно редко – чаще во главу угла ставят соблюдение

хронологии событий и перечисление открытий того или иного ученого. А ведь история любой науки – это прежде всего история теоретических воззрений, которые претерпевали существенные изменения под воздействием неожиданных, порой фантастических, гипотез. В этой книге мы стремились показать, что смена гипотез и теорий практически всегда происходила в результате острых научных дискуссий, столкновения не только точек зрения, но и личностей. Причем научные конфронтации приобретали порой форму ожесточенной и бескомпромиссной борьбы, а потому и создавая краткий исторический очерк становления и развития химической науки, трудно сохранить абсолютную беспристрастность.

При описании борьбы идей и воззрений в процессе эволюции химии необходимо учитывать, что сторонниками или противниками тех или иных теорий и концепций всегда являлись *ученые* – живые люди, многие из которых весьма бурно переживали собственные триумф или поражение. Для некоторых из них невозможность отстоять свою теорию или гипотезу в научной полемике с общепризнанными авторитетами химической науки оказывалась настолько серьезным ударом, что коренным образом изменяла всю их последующую жизнь и деятельность. Наша книга представляет собой попытку воспроизвести историю химической науки не только как драму *идей*, но и как драму (а в некоторых случаях – трагедию) *людей*. Именно такой подход к анализу эволюции любой отрасли человеческого знания обладает явно выраженным педагогическим эффектом\*.

Один из величайших физиков XIX столетия Дж. К. Максвелл писал: «Наука захватывает нас тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следовать за историей их открытий». Действительно, когда в руки молодому читателю, вступающему на тернистый путь научного поиска, попадают увлекательно и ярко написанные книги об истории науки или творческом пути великих ученых, это помогает ему ощутить благоговение перед гениальными умами человечества, осознать силу их таланта и колоссальный объем выполненных ими экспериментальных или теоретических исследований; загореться желанием хотя бы в малой степени походить на своих кумиров. Вот почему мы видим свою задачу еще и в том, чтобы пропагандировать историю жизни и деятельности великих ученых, которые были главными действующими лицами описываемых событий. Именно поэтому в конце каждой главы мы сочли целесообразным привести краткие биографические данные, содержащие сведения о самых существенных заслугах ученых не только в области химии, но и в других естественных науках.

По вполне понятным причинам авторы могли допустить некоторую субъективность в оценке событий а также результатов деятельности тех или иных выдающихся представителей химической науки. Пытаясь представить общий обзор эволюции химии, используя и сопоставляя уже имеющиеся в литературе фактические данные, анализируя их интерпретацию, мы обнаружили, что зачастую одни и те же события или явления трактуются весьма неоднозначно. Поэтому в данной

\* См.: Шапошник В. А. Принципы истории аналитической химии: Доклад на Всерос. конф. «Аналитика России», Москва – Клязьма, 2004 г. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 20.

книге, по мере возможности, указаны расхождения во мнениях разных авторитетных исследователей по наиболее важным вопросам в истории химической науки.

Изложение материала представлено в соответствии с *историко-логическим подходом*, который считается наиболее убедительным при изучении процесса развития любой науки. В этом случае допустимо параллельное рассмотрение отдельных направлений химических исследований при сохранении принципа последовательного изложения развития событий.

Работая над этой книгой, мы жили надеждой, что результат нашего труда в первую очередь привлечет к себе внимание студентов и аспирантов химических специальностей высших учебных заведений.

Авторы будут благодарны за любые замечания по поводу данного издания. Ваши отзывы просим присылать по адресу: [samoylov@chem.vsu.ru](mailto:samoylov@chem.vsu.ru)

Доктор химических наук, профессор *И. Я. Миттова*,  
доктор химических наук, доцент *А. М. Самойлов*



# ГЛАВА 1

## ИСТОРИЯ ХИМИИ КАК ЧАСТЬ ОБЩЕЙ ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

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

*Юстус Либих*

### 1.1. Роль химии в развитии человеческой цивилизации

Никто не станет оспаривать мудрость древнеримских мыслителей: «*Historia est magistra vitae*» – «История – учитель жизни». Однако чаще всего при слове «история» в сознании обычного человека возникают картины кровавых сражений и грандиозных социальных потрясений, даты великих побед и поражений, имена бесстрашных полководцев, смелых реформаторов и деспотичных правителей. Это совершенно естественно прежде всего потому, что большая часть истории человечества была написана не чернилами, а кровью мужественных воинов и слезами вдов и сирот. Между тем среди читателей, проявивших интерес к истории химической науки, вряд ли найдется человек, который бы усомнился в том, что важнейшей составляющей *материальной и духовной культуры* является *наука*, которая на протяжении многих веков создавала не только интеллектуальное, но и материальное богатство общества. Наметившиеся в последнее время тенденции позволяют надеяться, что в ближайшем будущем при изучении всемирной истории произойдет смещение акцентов в сторону более глубокого осознания роли науки и техники в процессе эволюции человеческой цивилизации. Однако еще рано утверждать, что в обозримом будущем определяющая роль науки в прогрессе человечества будет осознана большинством людей. Авторы этой книги искренне надеются, что изучение истории науки займет подобающее ей место, по крайней мере, в исследованиях ученых.

По поводу того, в каких отношениях в настоящий момент находятся общая история и история науки, существует, по меньшей мере, три точки зрения\*. Первая из них принадлежит американскому физiku Роберту Оппенгеймеру, который сформулировал ее так: «Исследования по истории науки смогут внести самосогласованность в общую интеллектуальную и культурную жизнь нашего времени». Эту точку зрения можно назвать *принципом дополнительности* истории науки к общей истории.

\* См.: Шапошник В. А. Указ. соч. – С. 20.

Основная идея второго подхода к этой проблеме была сформулирована Джеральдом Холтоном на XIII Международном конгрессе по истории науки в 1971 г.: «Наблюдатель, находящийся в системе, называемой «историей науки», получает такое понимание событий, которое по своему качеству и значимости равноценно пониманию, полученному наблюдателями, находящимися в системах «политическая теория», «социально-экономическая теория». Сам Холтон назвал этот принцип *принципом относительности*, в действительности же это *принцип эквивалентности*\*.

Третья точка зрения принадлежит известному математику и историку науки Бартелу Лендерту Ван-дер-Вардену, который представил ее в виде вопроса: «Кто отдает себе отчет в том, что с исторической точки зрения Ньютон является самой значительной фигурой XVII века?» Этот принцип можно назвать *принципом доминантности* истории науки.

Какую из упомянутых выше точек зрения мы должны принять? Вне всякого сомнения, человечество бы только выиграло, если бы общество приняло точку зрения Ван-дер-Вардена, и мы уверены, что наступит время, когда хотя бы концепция эквивалентности роли науки в истории человечества станет преобладающей, но пока история науки в трудах большинства ученых служит лишь дополнением к традиционной истории. Необходимо поддерживать любые усилия, которые способствуют изменению данной ситуации.

Если обратиться к двум основополагающим трудам по истории науки – книгам Вильгельма

Фридриха Оствальда «Путеводные нити химии» и Джона Десмонда Бернала «Наука в истории общества», станет ясно, что именно история науки

дает весьма надежный фактологический материал, на котором могут быть изучены многие закономерности развития человеческой цивилизации в целом. Бесспорным является тот факт, что большинство эволюционных скачков в развитии человечества непосредственно связано с революционными открытиями в науке и технике. Общеизвестно, что переход к оседлому земледелию, возникновение первых городов и становление рабовладельческого строя были обуслов-



Вильгельм Фридрих Оствальд  
(1853–1932)



Джон Десмонд Бернал  
(1901–1971)

\* Шапошник В. А. Указ. соч. – С. 21.

лены усовершенствованием орудий труда, в основе которого лежало овладение технологией получения меди и бронзы.

Необходимо признать, что на различных стадиях эволюции человеческого общества влияние науки и техники на его развитие было неодинаковым. На заре цивилизации жизнь людей определяли природные явления и географические условия обитания, однако по мере того как человек овладевал новыми технологиями и все глубже проникал в тайны природы, роль науки в поступательном движении общества непрерывно усиливалась. Используя химический термин, можно сказать, что этот процесс является автокаталитическим. В XX в. многие открытия в области науки и техники уже не только влияли на социально-экономические условия общества, но порой определяли возможность самой биологической жизни человека. Общеизвестно, что в XX столетии наука превратилась в одну из производительных сил общества.

История науки помогает ученым лучше понять происходящие перемены, правильно оценить место любого направления в сложной и постоянно развивающейся системе знаний. Нельзя отбрасывать и прямое дидактическое значение истории науки – конкретные факты из той или иной области человеческого знания служат путеводной нитью при продвижении ученого по сложному и неизведанному лабиринту научного поиска.

Достижения химии на всех стадиях развития человеческого общества были неразрывно связаны с общим уровнем научно-технического прогресса. Успехи и выдающиеся открытия в таких сферах материальной деятельности человека, как физика, математика, биология и медицина, стимулировали процесс научного поиска и в области химии. И наоборот, многие достижения ученых-химиков сразу же использовались либо в практической деятельности человека, промышленном производстве или сельском хозяйстве, либо давали импульс в проведении научных исследований в сопредельных разделах естествознания.

Можно привести множество примеров, иллюстрирующих неразрывную связь всех сфер материальной деятельности человека. Так, в конце XVIII в. потребности медицины в эффективных лекарственных препаратах и текстильной промышленности в новых стойких красителях вызвали зарождение, а затем и стремительное развитие органической химии как самостоятельной отрасли химических знаний. Изобретение паровой машины и широкомасштабное внедрение ее в промышленное производство послужили побудительным мотивом к становлению химической термодинамики.

Еще более яркие примеры свидетельствуют о влиянии достижений химии на скорость развития цивилизации в целом. Не случайно целые эпохи в развитии человеческого общества именуются по названию тех материалов, которые являлись основными в производстве орудий труда. (И если *каменный* век еще не связан напрямую с применением химических знаний в изготовлении оружия и орудий труда, то в *бронзовый* век, а тем более в век *железа* обойтись в их производстве без химических процессов было уже просто невозможно.) Многие ученые считают, что со второй половины XX в. по настоящий день челове-

чество живет в век *кремния*, поскольку именно этот материал пока еще является основным в производстве приборов микроэлектронной промышленности\*.

В поступательном развитии человеческой цивилизации трудно переоценить роль открытий, благодаря которым люди научились изготавливать бумагу, стекло, фарфор, пластмассы и другие материалы, без которых практически невозможно представить жизнь и быт современного человека. Однако не всегда изобретения, связанные с химией и химической технологией, служили исключительно прогрессу и гуманизму: открытие пороха, взрывчатых веществ, разработка технологии разделения изотопов урана стремительно меняли привычный уклад жизни, добавляя немало ужасающих страниц в историю человечества.

С доисторических времен до сегодняшнего дня зависимость человека от достижений химической науки и химического производства постоянно возрастает. Вступив в третье тысячелетие, можно уверенно сказать, что без продукции химической промышленности не может существовать и развиваться ни одна отрасль производства, сельского хозяйства и медицины. Сегодня и повседневную жизнь человека невозможно представить без использования продуктов химической индустрии. Не нужно обладать даром предвидения, чтобы осознать: в XXI в. роль достижений химической науки и химического производства в поступательном развитии человеческого общества нисколько не уменьшится.

Индустриализация, связанная в том числе и с развитием химии, породила немало проблем, которые нельзя разрешить, не понимая правильно историю человеческого общества. В недалеком будущем сама проблема выживания человечества в условиях Земли и сохранения его как биологического вида не в последнюю очередь будет зависеть от успехов химической науки и технологии. Уже сейчас можно выделить два аспекта этой проблемы. Во-первых, загрязнение почвы, воды и воздуха, парниковый эффект, озоновые дыры, нарушение биологического равновесия, хищническое отношение к тропическим лесам и другим возобновляемым биологическим ресурсам – все это угрожает самому существованию цивилизации. Обострение экологических проблем еще в конце XIX в. предсказывал Ф. Энгельс: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой, 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... 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

\* См.: Handbook of semiconductor technology: In 2 vol. / Ed. K. A. Johnson and W. Schrötter. – Weinheim; New York; London: Wiley VCH, 2001. – Vol. 1. – P. 8.

мы, в отличие от других существ, умеем познавать ее законы и правильно их применять»\*.

Предостерегая грядущие поколения от небережного и непродуманного отношения к природе, Ф. Энгельс тем не менее не терял надежды, что человеческий разум найдет такие формы эволюции цивилизации, которые будут направлены на постоянное снижение негативного техногенного влияния на окружающую среду. Дальнейшее поступательное развитие человечества будет возможно лишь при условии создания подлинно научного отношения к богатствам природы, которое будет учитывать прежде всего жизненные интересы грядущих поколений. При выработке такого рационального рецепта природопользования весьма полезно обращаться к примерам из истории науки и техники, которые подчеркивают все произошедшие необратимые изменения и их последствия. Угроза загрязнения нашей планеты вряд ли бы достигла такого уровня, если бы государственные деятели и бизнесмены более внимательно прислушивались к рекомендациям и предостережениям ученых, а не руководствовались соображениями сиюминутной политической или экономической выгоды.

Второй проблемой, которая все острее осознается в настоящий момент, является угроза конечности полезных ископаемых, прежде всего энергоносителей. И здесь история науки может оказаться весьма полезной. Можно привести несколько примеров, подтверждающих, что человечество уже испытывало аналогичные трудности в прошлом: к примеру, на рубеже II–I тыс. до н.э. отсутствие достаточного количества оловянной руды, необходимой для выплавки бронзы, привело к использованию железа в качестве основного металла для изготовления оружия и орудий труда. Еще одним примером является переход к каменному углю (коксу) при выплавке чугуна и стали, поскольку использование древесного угля для непрерывно возрастающих потребностей черной металлургии привело к окончательному уничтожению лесных массивов в Западной Европе. Последний пример особенно показателен с двух точек зрения. Во-первых, он демонстрирует, что проблема исчерпаемости ресурсов не является абсолютной и может существовать только в рамках той или иной технологии, иными словами, для того или иного уровня развития науки и техники. Следовательно, подобные трудности можно успешно преодолевать, переходя на новый этап развития, овладевая новыми технологиями. Во-вторых, мы убеждаемся, что экологические проблемы уже весьма остро поднимались и в прошлом, однако здравый смысл позволил их решить, не отбрасывая человечество на предыдущий этап развития, а наоборот, продвигая его к новым вершинам в науке и технике. Поэтому не стоит впадать в уныние, а надо надеяться, что очередной виток эволюции естествознания позволит с успехом справиться и с насущными экологическими проблемами.

\* Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – 2-е изд. – Т. 20 – С. 495–496.

## 1.2. История химии как часть истории культуры

История химии является неотъемлемой частью истории культуры человечества. При этом культуру следует понимать как специфический способ организации и развития жизнедеятельности человека, представленный в продуктах материального и духовного труда, в системе социальных норм и духовных ценностей\*.

Можно привести и другие определения культуры. В частности, немецкий просветитель Иоганн Годфрид Гердер определял культуру как историческую ступень совершенствования человечества и связывал ее с уровнем развития наук и просвещения\*\*. Но несмотря на множество определений, все они рассматривают две составляющие жизни человечества – материальную и духовную. Большинство отраслей науки относятся именно к материальной составляющей культуры. Не будет большим преувеличением, если сказать, что в настоящее время вся материальная культура человечества опирается на достижения науки и что материально-техническая составляющая культуры сильно влияет на духовный, интеллектуальный и социальный уровень развития общества в целом\*\*\*.

Духовная деятельность человека связана с осознанием ценности процесса познания окружающего мира, человека и его разносторонней деятельности, а также человечества в целом. Духовную компоненту культуры помимо различных видов искусства составляют так называемые гуманитарные науки: философия, психология, филология, социология и многие другие.

В историографии химии долгое время обсуждался принципиальный вопрос о непрерывности химических знаний. Многие исследователи склоняются к мнению, что «истинно» научная химия возникла лишь в конце XVIII в. Однако авторы данной книги считают такой подход излишне категоричным. Постановка вопроса о делении химии на научную и «ненаучную» разрушает культурные, исторически сложившиеся связи и прежде всего игнорирует тот факт, что человек стал использовать химические превращения веществ с той поры, как он стал *homo sapiens* – человеком разумным. Во все исторические эпохи человек стремился осуществить химические превращения веществ. Все дело лишь в том, что отдельные периоды эволюции химии различались глубиной понимания законов этих превращений.

Еще на заре цивилизации использование химических процессов в ремесленном производстве способствовало расширению ассортимента производимых изделий. Поэтому благодаря первому естественному разделению труда произошло возникновение торгового обмена. В дальнейшем, принимая все более регулярные формы, торговля расширялась, сначала при участии соседних племен, а затем и народов различных частей света. Всемирное расширение торговли стимулировало потребность людей в новых, более качественных, товарах и в конечном итоге привело к возникновению всеобщего эквивалента – денег. Можно предположить,

\* См.: Философский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983.

\*\* См.: Гулыга А. В. Гердер. – М.: Мир, 1975.

\*\*\* См.: Кукушкин Ю. Н., Дремов А. В. Введение в химическую специальность. – СПб.: Химиздат, 1999.

что совершенствование химических ремесел внесло свой весомый вклад в расширение сферы общения различных племен и народностей, а посредством производства и торговли папирусом, пергаментом и бумагой способствовало культурному обмену, развитию языка и письменности, расцвету поэзии и искусства.

Необходимо признать, что разделение культуры на две составляющие не отражает всей сложности их переплетения в истории человечества. В процессе научных изысканий увлеченный исследователь зачастую находится в таком же состоянии эмоционального подъема, как и человек под впечатлением от произведений искусства. Процесс познания гармонии и красоты Природы имеет право развиваться в важнейшую потребность духовной жизни человека. К сожалению, способность эмоционального восприятия красоты науки, так же как и отдельных видов искусства, дана далеко не всем\*. Однако в любом случае стремление к возвышенному и прекрасному должно быть свойственно человеку, поэтому любовь к процессу познания можно воспитывать и развивать, ибо процесс научного познания мира совершенствует не только разум, но и душу.

Великие научные открытия Николая Коперника, Исаака Ньютона, Чарльза Дарвина, Луи Пастера, Константина Циолковского, Альберта Эйнштейна влияли на человеческое мировоззрение, приводя к скачкообразным изменениям всей культуры в целом. Мировопонимание людей теснейшим образом связано с наукой, но оно не отделимо от других видов деятельности человека, и прежде всего от искусства. Достижения науки оказывают влияние на развитие языка как средства общения людей. Большую роль в проникновении научных терминов в литературный язык играет научно-популярная литература. В заключение можно сказать, что только отражение окружающего мира средствами научного познания совместно с различными формами духовного творчества позволяют сформировать адекватное мировоззрение человека. Работа ученых и деятелей искусства объединяет людей в сообщество, которое мы и называем человечеством.

### 1.3. Зарождение и становление истории химии

Становление химии как самостоятельной отрасли естествознания вызвало интерес к пониманию путей ее исторического развития. Появление самых первых признаков целостности системы химических знаний породили *химическую историографию*. В дальнейшем анализ эволюции химической науки стал предметом специальной дисциплины – *истории химии*. Первая попытка исторического обзора процесса поступательного развития химических знаний была предпринята Р. Валленсиусом еще в XVI в. В следующем столетии появляется уже несколько книг, посвященных истории химии, самой известной из которых стала монография немецкого алхимика Иоганна Кункеля. Автор первой химической теории *флогистона* Георг Э. Шталь (см. гл. 6, п. 6.3) также интересовался вопросами истории химии, критически относясь к воззрениям своих предшественников. В XVIII в. наиболее глубоким анализом отличались труды

\* См.: Кукушкин Ю. Н., Дремов А. В. Указ. соч.



шведского ученого Торберна Улафа Бергмана «О происхождении химии» и «История химии в средние, или темные, века от середины VII в. до середины XVII в.». По всей видимости, эти книги были первыми печатными источниками, автор которых уделял большое внимание предмету истории химии и подчеркивал пользу его изучения. В конце того же столетия вышла книга немецкого ученого Иоганна Виглеба «Историко-критическое исследование алхимии...» (1777), которая завершила начальный период создания историографии химии. В 1790–1791 гг. И. Виглеб первым опубликовал данные об «открытиях нового периода» в хронологическом порядке с 1651 по 1790 гг. Эта работа послужила началом создания подлинно научной историографии химии. На рубеже XVIII–XIX вв. немецкий ученый Иоганн Фридрих Гмелин опубликовал трехтомный труд «История химии со времен становления науки до конца восемнадцатого столетия». Несмотря на то что это издание представляло собой преимущественно аннотированную хронологию событий, в нем обсуждались некоторые методологические проблемы истории химии, в частности влияние других отраслей науки, таких как философия и медицина, на процессы накопления и систематизации химических знаний. Трехтомник И. Ф. Гмелина послужил важным источником фактических сведений для будущих исследователей истории химии.

В XIX в. многие выдающиеся ученые, имена которых вписаны в анналы мировой науки, на определенном этапе своей творческой деятельности проявляли интерес к истории химии. Прежде всего необходимо выделить написанные с заметным эмоциональным звучанием работы немецкого ученого Юстуса Либиха (см. гл. 9, п. 9.3), а также исследования по истории химии на ее самом первоначальном этапе, выполненные на основе расшифровки материальных памятников Древнего Египта одним из классиков органического синтеза Пьером Эженом Марселем Бертло (см. гл. 9, п. 9.2). Несмотря на достаточное количество книг, написанных различными авторами в XIX в., центральной фигурой среди специалистов того времени по праву следует считать Германа Франца Морица Коппа, посвятившего изучению историко-химических проблем около полувека своей жизни. Едва ли будет преувеличением сказать, что Г. Копп является классиком современной научной истории химии. И до настоящего времени все работы немецкого ученого не утратили своей актуальности.

В России первым изданием по истории химии стала книга Николая Александровича Меншуткина «Очерк развития химических воззрений» (1883), посвященная, в основном, проблемам становления теоретической химии.

В XX в. объем химических знаний неизмеримо возрос, поэтому объектом исследования все чаще становились либо отдельные периоды эволюции химических знаний, либо развитие определенных отраслей с момента их возникновения. Одному автору становилось уже не под силу провести детальное исследование возникновения и прогресса химической науки за весь период ее существования. Единственной попыткой подобного всеобъемлющего анализа можно считать монументальный 4-томный труд английского ученого Джеймса Риддика Партингтона

«История химии»\*, общим объемом около трех тысяч страниц. К сожалению, это ценнейшее исследование до настоящего времени не переведено на русский язык. По мнению известного отечественного специалиста в области истории химии С. А. Погодина, книги Дж. Партингтона представляют собой уникальный справочник по эволюции химической науки, содержащий огромное количество интереснейших фактов и сведений. Единственное, что осталось вне поля зрения британского ученого, – влияние социально-экономических факторов на процесс становления и развития химических знаний.



Джеймс Риддик Партингтон  
(1886–1965)

### 1.4. Периодизация истории химии

Единый, целостный подход к истории химии с самых отдаленных времен до современной эпохи окажется более плодотворным, если прибегнуть к подразделению ее на периоды. Такая периодизация имеет как мнемонический, так и дидактический смысл, и поэтому ее целесообразность принята всеми историками науки.

В первых работах по историографии химии весь процесс эволюции химических знаний и теорий делили на два основных периода: *эмпирический* и *теоретический*. Такой подход кажется вполне оправданным, поскольку на рубеже XVIII–XIX вв. химия пережила процесс глубоких и, можно сказать, революционных преобразований. До этого решающую роль в процессе познания играл эксперимент, в подавляющем большинстве случаев не одухотворенный никакой научной теорией\*\*. В XVIII в. все большее внимание ученые стали уделять осмыслению полученных опытных данных, попыткам объяснить их при помощи единой умозрительной концепции.

По мнению многих историографов, только с развитием теоретических представлений химия стала наукой. Происходило это в течение двухсотлетнего периода – с середины XVI в. и до середины XVIII в. Зарождение научной химии некоторые специалисты связывают с работами Парацельса и Агриколы (см. гл. 5, пп. 5.1, 5.2). Созданная в начале XVIII в. теория флогистона являлась вершиной развития

\* См.: Partington J. R. A History of Chemistry. – London; McMillan, 1961–1970.

\*\* Химической революцией обычно считают эпоху перехода от в значительной мере умозрительных представлений о составе и химических свойствах веществ к созданию научной химии. Начало химической революции совпадает в основном с деятельностью А. Л. Лавуазье, а ее продолжение связывают с появлением атомистической теории Дж. Дальтона и открытием стехиометрических законов.

теоретических знаний в химии до тех пор, пока А. Л. Лавуазье не разработал свою кислородную теорию процессов горения и окисления (см. гл. 6, пп. 6.5.1, 6.5.2). Если Г. Э. Шталю для объяснения горения нужен был мифический флогистон, то французский химик смог объяснить процессы окисления и восстановления как результат взаимного превращения элементов, реально участвующих в этих реакциях. С этого момента многие ученые критерием правильности химических теорий стали признавать не только *качественное*, но прежде всего *количественное* экспериментальное доказательство. Лишь убедившись в необходимости представления точных доказательств в подтверждение теоретических воззрений, химия превратилась в современную науку.

Однако об ограниченности такого упрощенного подхода к периодизации истории химии свидетельствует тот факт, что даже в эпоху преимущественного развития теории эксперимент по-прежнему сохранил свое особое значение. Только в сочетании с экспериментальными методами исследования теория приобрела решающее значение для развития всех областей химической науки.

Целесообразность более подробной периодизации истории химии отстаивал Джеймс Р. Партингтон. В соответствии с классификацией, принятой большей частью историков химии, различают следующие эпохи:

1. **Период предалхимический** (от начала цивилизации до IV в. н.э.). По мнению некоторых специалистов, предалхимический период завершился гораздо раньше, поскольку алхимия зародилась примерно в IV в. до н.э., однако данная точка зрения основана лишь на анализе мифов и преданий, так как письменные источники, восходящие к этому периоду, были написаны (или переписаны?) гораздо позднее.

К сожалению, в настоящее время ученые не располагают материальными историческими памятниками или документами, прямо подтверждающими, что возникновение греко-египетской алхимии можно отнести к эпохе проникновения эллинской культуры на Ближний Восток и в Северную Африку.

Для предалхимического периода характерно отсутствие понятий, обобщающих приобретенные практические знания, передававшиеся по традиции из поколения в поколение кастами жрецов или ремесленниками.

2. **Период алхимический** (IV в. н.э. (или IV в. до н.э.) – конец XVII в.).

Отличительными признаками данного этапа в истории химии являются:

- вера в магическую силу *философского камня*, способного осуществить процесс трансмутации неблагородных металлов в золото или серебро;
- поиски *эликсира долголетия*, *алкагеста* или универсального растворителя;
- создание и распространение большого количества *мифов*.

Алхимический период, в свою очередь, можно разделить на подпериоды, которые обозначаются именами народов, практиковавших «превращение» неблагородных металлов в золото или серебро. Различают алхимию египетскую, греческую, арабскую, раннего и позднего Средневековья, натуральной магии и т.д.

3. **Период объединения химии** охватывает XVI, XVII и XVIII вв. и состоит из четырех подпериодов: *ятрохимии*, *пневматической химии* (химии газов), *теории флогистона* и *антифлогистической системы* А. Л. Лавуазье.

*Подпериод ятрохимии*, заканчивающийся во второй половине XVIII в., ознаменован трудами Парацельса и идеями присоединения химии к «великой матери» – медицине, на которую смотрели как на универсальную науку. В течение этого подпериода родилась настоящая прикладная химия, которую можно рассматривать как начало современной промышленной химии, поскольку в это время развились металлургия, производство стекла и фарфора, искусство перегонки и т.п.

*Подпериод пневматической химии* характеризуется исследованием газов и открытием газообразных простых веществ и соединений. Кроме Р. Бойля, установившего известный закон зависимости объема газа от давления, с пневматологией связаны имена Дж. Блэка, Г. Кавендиша, Дж. Пристли, К. В. Шееле и других ученых. Все эти великие химики (за исключением Бойля, которого в известной степени можно считать предвестником последующего периода) были приверженцами теории флогистона.

*Подпериод теории флогистона* по времени почти совпадает с периодом пневматической химии. Он характеризуется широким распространением теории флогистона, созданной на рубеже XVII и XVIII вв. Г. Э. Шталем для объяснения явлений горения и обжигания металлов. Представление о флогистоне быстро распространилась и почти в течение века господствовало при объяснении химических явлений. Люди выдающегося ума – Дж. Пристли и К. В. Шееле – были настолько захвачены идеей флогистона, что так и не осознали роли полученного и исследованного ими кислорода в явлениях горения и обжигания.

*Подпериод антифлогистической системы* характеризуется новаторскими трудами А. Л. Лавуазье, который, изучая горение и обжигание, не только выяснил и сделал очевидной для других роль кислорода в этих явлениях, разрушив тем самым основу теории флогистона, но также внес четкость в понятие химического элемента и доказал экспериментально закон сохранения массы вещества.

*Период объединения химии, охватывающий эти четыре подпериода, очень важен потому, что с ним связано зарождение и упрочение химии как науки, не зависимой от других естественных наук.*

**4. Период количественных законов** охватывает первые шестьдесят лет XIX в. и характеризуется возникновением и развитием атомистического учения Дж. Дальтона, молекулярной теории А. Авогадро, экспериментальными исследованиями по определению атомных масс, установлением и обоснованием правильных атомных масс, разработкой С. Канниццаро реформы атомно-молекулярного учения с его точными формулировками основных понятий химии: *атом, молекула, эквивалент*.

**5. Современный период** длится с 60-х гг. XIX в. до наших дней. Это наиболее насыщенный событиями период химии, потому что в течение без малого ста пятидесяти лет ученые совершили открытия, которые составили фундаментальную основу для дальнейшего развития науки. Были разработаны периодическая классификация элементов, учение о сложном строении атома, представления о валентности и химической связи, теория ароматических соединений и стереохимия. Углубились методы исследования строения вещества, были достигнуты огромные

успехи в синтетической органической химии, подготовлено уничтожение всяких преград между живой и неживой материей, а также многое другое.

Объем химических исследований в современный период значительно возрос, так что отдельные ветви химии – неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, техническая химия, фармацевтическая химия, химия пищевых продуктов, агрохимия, геохимия, биохимия, ядерная химия и др. – приобрели признаки независимых наук.

Следует признать, что разделение процесса эволюции химических знаний на периоды является, до определенной степени, условным. Его не следует переоценивать по двум основным причинам. Во-первых, потому, что науку нельзя расчленять в ее историческом развитии, поскольку этот процесс является *единым и непрерывным*. Во-вторых, потому, что строгую хронологию в таком разделении проследить удастся далеко не всегда: отдельные периоды перекрываются либо предыдущими, либо последующими, а иногда сосуществуют и с теми, и с другими одновременно.

### 1.5. Краткие биографические данные ученых

**ОППЕНГЕЙМЕР (Oppenheimer) Роберт** (1904–1967), американский физик. Учился в Гарвардском, Кембриджском и Геттингенском университетах. В 1928–1929 гг. работал в Лейдене и Цюрихе. С 1929 г. профессор Калифорнийского университета и Калифорнийского технологического института. С 1947 г. директор института фундаментальных исследований в Принстоне. Совместно с М. Борном разработал теорию строения двухатомных молекул (1927). Объяснил природу мягкой компоненты космического излучения и предложил теорию образования ливней в космических лучах (1936–1939). В годы Второй мировой войны (1939–1945) возглавлял работы по созданию атомной бомбы; в 1943–1945 гг. был директором Лос-Аламосской лаборатории, а в 1947–1953 гг. – председателем генерального консультативного комитета Комиссии по атомной энергии США. В 1954 г. был снят со всех постов, связанных с проведением секретных работ и обвинен в «нелояльности»; главной причиной этого была оппозиция Оппенгеймера созданию водородной бомбы, а также выступление за использование атомной энергии только в мирных целях.

**ВАРДЕН, Ван-дер-Варден (van der Waerden) Бартел Лендерт** (р. 1903, Амстердам), математик. По национальности голландец. Профессор университетов в Гронингене (с 1928), Лейпциге (1931–1945), Амстердаме (с 1948) и Цюрихе (с 1951). Основные работы – в области алгебры и алгебраической геометрии. Его книга «Современная алгебра» (1930–1931; русский перевод: ч. 1–2, 1934–1937; 2-е изд., ч. 1–2, 1947) завершила период создания современной «общей» алгебры. Занимался также вопросами истории математики и астрономии в Древнем Египте и Древнем Вавилоне.

**БЕРНАЛ (Bernal) Джон Десмонд** (1901–1971), английский физик и общественный деятель, иностранный член АН СССР (1958), член Лондонского королевского общества (1937). В 1922 г. окончил Кембриджский университет. В 1923–1927 гг. работал в лаборатории Дэви–Фарадея в Лондоне. В 1927–1937 гг. преподавал в Кембриджском университете. С 1937 г. профессор Лондонского университета. В 1939–1942 гг. работал в области противовоздушной защиты, в 1942–1945 гг. научный советник штаба объединенных операций. Основные научные труды в области кристаллографии. Исследовал структуры графита, металлов, воды, стиролов, гормонов, витаминов, белков, вирусов, цементов. В 1933 г. дал

так называемую берналовскую модель льда, которая позволяет объяснить поведение воды во всех соединениях. Ему принадлежат также работы по теории жидкого состояния. Автор трудов о роли и месте науки в жизни общества, в которых он осветил философское значение науки, взаимосвязь науки, техники и социальных условий; влияние науки на общественное развитие с позиций диалектического материализма; показал особенности развития науки при капитализме и социализме. Книга Бернала «Социальная функция науки» (1938) (в русском переводе «Наука в истории общества») положила начало новой области знания – науковедению. Активный борец за мир, президент-исполнитель Президиума Всемирного Совета Мира (1959–1965), вице-председатель Всемирной федерации научных работников, президент Международного союза кристаллографов (1963–1966). Иностраный член АН СССР (1958) и многих др. академий наук мира. Лауреат Международной Ленинской премии «За укрепление мира между народами» (1953).

**ОСТВАЛЬД (Ostwald) Вильгельм Фридрих** (1853–1932), немецкий физико-химик и философ-идеалист. Окончил в 1875 г. Дерптский (Тартуский) университет. Профессор Рижского политехнического училища (1882–1887), Лейпцигского университета (1887–1906). Член-корреспондент Петербургской АН (1895). Основные научные работы посвящены развитию теории электролитической диссоциации. Обнаружил связь электропроводности растворов кислот со степенью их электролитической диссоциации (1884); дал способ определения основности кислот по электропроводности их растворов; установил закон разбавления, названный его именем (1888); предложил рассматривать реакции аналитической химии как взаимодействия между ионами (1894). Изучал также вопросы химической кинетики и катализа; разработал основы каталитического окисления аммиака. В 1887 г. совместно с Я. Вант-Гоффом основал «Журнал физической химии» («*Zeitschrift für physikalische Chemie*»), а в 1889 г. осуществил издание «Классики точных наук» («*Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften*»). Автор «энергетической» теории в философии, одной из разновидностей «физического» идеализма: считал единственной реальностью энергию, рассматривал материю как форму проявления энергии. Нобелевская премия по химии (1909).

**ГЕРДЕР (Herder) Иоганн Готфрид** (1744–1803), немецкий философ, критик, эстетик. В 1764–1769 гг. пастор в Риге, с 1776 г. – в Веймаре. Теоретик движения «Бури и натиска», друг И. В. Гете. Проповедовал национальную самобытность искусства, утверждал историческое своеобразие и равноценность различных эпох культуры и поэзии. Трактат о происхождении языка, сочинения по философии, истории, которая, по Гердеру, есть осуществление «гуманности». Собирал и переводил народные песни. Оказал влияние на немецкий романтизм.

**КУНКЕЛЬ Иоганн** (1630 или 1638–1703), немецкий алхимик. Изучал аптечное дело и химию металлов. Основная его деятельность – аптекарь и алхимик при дворах герцогов и кюрфюрстов. С 1688 г. – придворный алхимик шведского короля Карла XI. Профессор Виттенбергского университета. Был сторонником теории Т. Парацельса о трех началах, а также учения Я. Ван Гельмонта. Провел исследования по получению стекла. Предложил рецепт красного рубинового стекла. Описал конструкцию и практическое применение пальной трубки.

**БЕРГМАН (Bergman) Торнберн Улаф** (1735–1784), шведский химик и минералог, член Королевской АН с 1764 г. Родился в Катаринберге. Окончил Упсальский университет в 1758 г. Вначале занимался изучением права, но проявлял большой интерес к биологии, медицине, математике и химии. В 1767 г. получил кафедру химии в университете г. Упсала. Основные исследования посвящены анализу неорганических веществ и минералов. Разработал ряд методов

качественного анализа. В течение последующих 16 лет Бергман написал большое количество статей, которые в 1779–1788 гг. были изданы в виде собрания сочинений в пяти томах под названием «Небольшие работы по физике и химии». Его работы были переведены на немецкий и французский языки. Составил таблицы химического сродства, которыми пользовались до начала XIX в. Бергман был прекрасным исследователем и педагогом и принадлежал к числу химиков, приобретших международную известность. Он оказывал поддержку К. В. Шееле, которого очень ценил и как человека, и как тонкого экспериментатора.

**ГМЕЛИН Иоганн Фридрих** (1748–1804), немецкий химик и врач. Окончил Тюбингенский университет. Работал там же (с 1775 – профессор), с 1780 г. – профессор Геттингенского университета. Работы посвящены систематизации химических знаний. Широко известен как автор ряда руководств по химии, химической технологии и истории химии. Был одним из первых естествоиспытателей, которые сочетали в своих трудах проблемы теоретической химии и истории химии, которая в его изложении служила средством возбуждения интереса к ее изучению. Иностраннный почетный член Петербургской АН (с 1770).

**КОПП (Корр) Герман Франц Мориц** (1817–1892), немецкий химик и историк химии. Профессор Гисенского (с 1843) и Гейдельбергского (с 1864) университетов. Ученик Ю. Либиха. Изучая связь физических свойств органических соединений с их составом, установил постоянство разности температур кипения соответствующих производных метана, этана и др. (1842). Подобную же зависимость обнаружил (1864) для молекулярных теплоемкостей органических соединений (правило Коппа – Неймана). Установленные Коппом закономерности имеют приближенный характер. Автор трудов «История химии» (Т. 1–4, 1843–1847), «Развитие химии в новое время» (1871–1874), «Материалы к истории химии» (Т. 1–3, 1869–1875). Президент Немецкого химического общества (с 1880).

**МЕНШУТКИН Николай Александрович** (1842–1907), русский химик. Окончил Петербургский университет (1862). Профессор Петербургского университета (1869–1902) и Петербургского политехнического института (1902–1907). Основное направление работ – исследование скорости химических превращений органических соединений. Изучая разложение третичного амилацетата при нагревании, нашел, что один из продуктов реакции (уксусная кислота) ускоряет ее; это был классический пример автокатализа. Открыл влияние растворителя на скорость химической реакции (1887–1890), а также влияние разбавления и химического строения на скорость химического взаимодействия. За работы по химической кинетике был удостоен Ломоносовской премии (1904). Автор книг: «Аналитическая химия» (1871; 16 изд., 1931), «Лекции по органической химии» (1884; 4 изд., 1901). Его работа «Очерк развития химических воззрений» (1888) – первый в России оригинальный труд по истории химии. Был одним из основателей Русского химического общества и редактором его «Журнала...» (с 1869 по 1900). Под его руководством были построены и оборудованы химические лаборатории Петербургского университета (1890–1894) и политехнического института (1901–1902).

**ПАРТИНГТОН (Partington) Джеймс Риддик** (1886–1965), английский химик и историк химии. Член Международной академии истории науки. Окончил Манчестерский университет. В 1911–1913 гг. совершенствовал свое образование под руководством В. Нернста. С 1913 г. работал в Манчестерском университете. В 1919–1951 гг. профессор Лондонского университета. Известен в основном работами по истории химии. Главные среди них – «История химии» (Т. 1–4, 1961–1970). Занимался также химической термодинамикой; определял удельную теплоту газа. Автор пятитомного труда «Расширенный курс физической химии» (1949–1954).



## ГЛАВА 2

# НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ В ДОИСТОРИЧЕСКИЕ ВРЕМЕНА

*...Однако, по крайней мере, доисторические времена делятся на периоды на основании естественнонаучных, а не так называемых исторических изысканий, по материалу орудий труда и оружия: каменный век, бронзовый век, железный век.*

*Карл Маркс*

### 2.1. Источники знаний о химических навыках древнего человека

Проследить возникновение химии на заре цивилизации представляется весьма нелегкой задачей. Древняя история любой науки сводится к сумме обособленных сведений, ссылкам на достигнутый в те времена технический прогресс и не может являть собой целостного изложения. Систематизация фактов, относящихся к истории химии, возможна лишь тогда, когда существенную роль начинает играть общая теория, оказывающая влияние на последующую эволюцию химических знаний. Для химии тех далеких времен однозначно еще не решен вопрос: была ли она *искусством* или *наукой*.

Сотни тысяч лет назад в эпоху *палеолита* человек впервые создал искусственные орудия труда. Сначала он использовал только те материалы, которые находил в природе – камни, дерево, кости, шкуры животных. Он научился их обрабатывать, придавать нужную форму. Однако после такой механической обработки камень все еще оставался камнем, а дерево – деревом\*.

Прежде чем приступить к рассмотрению уровня химических знаний древнего человека, целесообразно сопоставить важнейшие источники, содержащие сведения о химических ремеслах до нашей эры. Одним из основных источников наших представлений об укладе жизни доисторических людей являются материальные памятники, найденные во время археологических раскопок. На основании научного анализа обнаруженных ими при раскопках предметов ученые воссоздали довольно подробную картину образа жизни и характера труда древних племен и народов. Изучение инструментов, оружия, керамических и стеклянных сосудов, украшений, остатков каменных стен, фрагментов их росписи, отдельных кусков мозаики 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, необходимых для жизни людей.

\* См.: Азимов А. Краткая история химии. – СПб.: Амфора, 2002. – С. 9.

В 1872 г. неподалеку от египетского города Фивы был найден папирус, возраст которого составил, по мнению ученых, тридцать шесть 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*». Его содержание также составляют фармацевтические и медицинские рецепты.

Чрезвычайно важными письменными источниками сведений о состоянии химических ремесел в древнем мире стали еще 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 об известных в древности веществах, способах их получения и выделения. Эти манускрипты являются менее древними, чем папирусы Эберса и Бругша: они датируются началом нашей эры. Тем не менее, анализ их содержания позволяет предположить, что приведенные в них рецепты были созданы на основе тысячелетней традиции развития химических ремесел. Такой вывод можно сделать с учетом общеисторического подхода к процессу развития ремесленного и промышленного производства.



Фрагмент Лейденского папируса

В древние времена существовала многовековая традиция сохранения тайны «производственных секретов», согласно которой многие практические навыки передавали из поколения в поколение, тщательно скрывая их от посторонних и непосвященных. Эти правила были нарушены лишь

в XVIII в. и особенно в XIX–XX вв., что, в первую очередь, было обусловлено началом технической революции и возникновением научного естествознания.

Весьма интересную информацию можно почерпнуть из сочинений великих врачей Древнего Египта и античности:

– «папируса Эдвина Смита», фундаментального медицинского исследования, которое хотя и относится к 1700–1550 гг. до н.э., но основано на материалах, известных с Древнего или даже Раннего царства;

– Эмпедокла (V в. до н.э.; его труды сохранились лишь в виде фрагментов);

– Гиппократ (III в. до н.э.);

– Галена (II в. н.э.).

В этих манускриптах обсуждались, главным образом, вопросы медицины и фармации. Неудивительно, что при этом рассматривались и тесно связанные с медицинской практикой достижения химиков-практиков (аптекарей), занимавшихся приготовлением лекарственных и косметических препаратов. Развитие 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 знаменитые целители и аптекари одновременно были и выдающимися химиками.

Необходимо упомянуть некоторые другие важные письменные источники, донесшие до нашего времени главным образом сведения о теоретических представлениях в древности. Безусловно, это Библия, «Илиада» и «Одиссея» Гомера, а также некоторые фрагменты сочинений древнегреческих философов. Среди наследия античной философии особо следует выделить сохранившиеся отрывки из диалога Платона «Тимей», сочинения Аристотеля «О небе» и «О возникновении и уничтожении», а также книгу Теофраста «О минералах».

Из древнеримского периода до нашего времени уцелели два труда – «Естественная история» знаменитого ученого Плиния Старшего и трактат Диоскорида «О лекарственных средствах», в которых подробно и очень интересно (хотя и не без ошибок) изложены не только представления античных философов о составе и свойствах веществ, но и многочисленные рецепты получения различных соединений и препаратов.



Плиний Старший (23–79 гг. н.э.)

## 2.2. Покорение огня

Возможность осуществлять *химические превращения* некоторых веществ первобытные люди получили лишь тогда, когда научились *разводить и поддерживать огонь*. Следовательно, процесс *горения* явился *первым химическим превращением*, сознательно и целенаправленно используемым человеком в повседневной практике. Для первобытных людей огонь стал универсальным средством защиты от хищных зверей, холода и темноты и, что особенно важно, оказался необходимым *средством труда*. Согласно замечательному определению Карла Маркса, средство труда 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. «Укротить» огонь удалось лишь после того, как человек научился самостоятельно его добывать. Остроумные приспособления, предназначенные для сохранения и получения огня, накапливались и усовершенствовались в течение нескольких тысячелетий. Этот процесс продолжался вплоть до второй половины XIX столетия, до изобретения спичек и первой зажигалки, и был направлен на достижение одной цели – сделать существование человека менее зависимым от господства природных стихий, превратить огонь во всеобщее средство труда. Таким образом, горение стало тем первым природным процессом, овладение которым оказало решающее влияние на всю последующую историю цивилизации, и по меткому выражению Ф. Энгельса, «окончательно отделило человека от животного царства».

Зависимость от огня самого человеческого существования древними народами ощущалась настолько, что у многих племен наблюдался его культ: либо сам огонь почитали как божество (огнепоклонники древней Персии, Сварог – бог огня славян-язычников), либо возникали легенды о даровании огня людям богами или эпическими героями (древнегреческий миф о Прометее).

Человечество еще находилось в каменном веке, когда – около 8000 лет до н.э. – произошла так называемая *неолитическая революция*, связанная с коренным изменением в способе добывания пищи. Сначала человек стал разводить животных, а несколько позднее – выращивать растения. Создание нового, принципиально иного способа хозяйствования было длительным и сложным процессом, который проходил самостоятельно и независимо только в нескольких точках земного шара. Одним из древнейших центров возникновения земледелия и скотоводства являлся регион «Плодородного полумесяца» (Ближний Восток). «Плодородный полумесяц», бассейн Средиземного и Черного морей, некоторые районы современной Турции в различные периоды данного временного отрезка предоставляли наилучшие условия для эволюции людей. Именно в этих регионах человек осуществил самостоятельно, без всякого влияния извне, переход к новому экономическому укладу и новому образу жизни в течение IX–VII тыс. до н.э. Распространение земледелия заставило человека перейти от кочевого образа жизни к оседлому; возникли постоянные поселения и первые города.

По мере накопления знаний о свойствах огня в различных районах земного шара первобытные люди усмотрели новые возможности его использования, осознали его важнейшее значение для совершенствования техники и условий жизни.

Уместно привести хотя бы неполный список химических ремесел, известных с глубокой древности, для которых было необходимо использование огня, главным образом, как источника энергии. Прежде всего, это – крашение, мыловарение, получение клея, скипидара, выделение древесной смолы и масел из семян различных масличных растений. Не менее важную роль огонь играл в процессе изготовления пива, получения сажи (важнейшего компонента красок и чернил) и других красителей, а также некоторых лекарственных препаратов. Например, знаменитую синюю египетскую краску готовили сплавлением в глиняных сосудах песка, соды и медных стружек. Таким образом, огонь, оказавшись в руках человека, породил немало разнообразных ремесел, многие из которых явились по существу первым опытом химического производства\*.

Древние племена стали использовать огонь для получения важнейших предметов обихода, в первую очередь, посуды. Зарождение гончарного производства стимулировало широкое применение первобытным человеком еще одного природного сырья – различных сортов глины. Первые глиняные фигурки датируются временами палеолита (около 27 тыс. лет до н.э.). Несколько позднее появляются глиняные сосуды для хранения воды и продуктов питания. Примерно в это же время возникает новая отрасль техники того времени – *обжиг*, создается гончарное производство, способное удовлетворить потребности первобытных людей в керамических сосудах и иных изделиях, предназначенных для сбора, хранения и перевозки воды и продуктов питания. Сосуды из древесины и кожи, применявшиеся до керамических, нельзя было подвергать нагреванию, поэтому использование сосудов из обожженной глины оказало огромное влияние на эволюцию человечества в целом, существенным образом раздвинув границы применения огня в технике и повседневной жизни.

Керамические изделия эпохи неолита, созданные в разных частях Земли, очень похожи. Они еще достаточно несовершенные, большей частью открытых форм, с толстыми стенками, сохранившие следы пальцев древних ваятелей. В позднем палеолите появляются сосуды с плоским дном, их начинают украшать вылепленным орнаментом; керамика, произведенная в разных местах, обретает самобытность форм и орнаментов.



*Тонкостенный глазурованный  
сосуд из высококачественной  
белой глины – каолина. Китай.  
Середина II тыс. до н.э.*

\* Штрубе В. Пути развития химии : В 2 т. – Т. 1. – М.: Мир, 1984. – С. 26.

В VI тыс. до н.э. в ряде регионов (Средняя Месопотамия, побережье Эгейского моря) ремесленники переходят к производству расписной керамики. Появляется лощеная керамика прекрасного качества (коричневых и красных или строго черных тонов). В этот же период при помощи обжига начинают производить не только посуду, но и кирпичи – ценный строительный материал. Человек получил возможность создавать прочное долговременное жилье даже в безлесных районах, причем эти дома были в гораздо меньшей степени подвержены опасности возникновения пожаров.

Обожженная керамика использовалась также для отделки зданий. Прекрасным примером подобного рода прикладного искусства можно считать ворота Иштар в Вавилоне (см. цветную вклейку). В городах Хараппской цивилизации (долина реки Инд) кирпичные плитки использовали для мощения полов. В Вавилоне примерно в VI в. до н.э. искусство обжига кирпича достигло очень высокого уровня – в берлинском музее «Пергамон» хранятся образцы покрытий мостовых Вавилона, которые поражают воображение посетителей не только прочностью материала и качеством обработки, но и цветовой гаммой глазури\*.

Глина стала одним из первых природных материалов, с помощью которых человек реализовывал свои художественные замыслы. Древние скульпторы совершенствовали свое мастерство в изготовлении фигурок животных и человека. Керамические статуэтки девушек-кор, относящиеся к крито-микенской культуре\*\*, пленяют своим изяществом.

В бронзовом веке в государствах Междуречья и Египта ремесленники изобрели *гончарный круг*; после его внедрения изготовление керамики становится наследственной профессией. Примерно в тот же период происходит еще одно существенное усовершенствование в технологии гончарного производства: древние мастера начинают использовать *глазурь* (бесцветную или окрашенную) – стекловидное защитно-декоративное покрытие на керамике, которое закрепляется обжигом. Благодаря глазури пористые сосуды становились водонепроницаемыми, а разнообразные цвета и украшения превращали керамические изделия в подлинные произведения искусства. В Китае, благодаря использованию качественной белой глины – каолина, уже во II–I тыс. до н.э. производили тонкостенную глазурованную посуду. В Древнем Египте во II тыс. до н.э. появляется *фаянс*.

Использование устойчивых к нагреванию сосудов позволяло не только готовить более вкусную пищу, но и консервировать ее путем упаривания. Применение различных методов термического воздействия на пищевые продукты помогло уже в древности сделать ценные наблюдения и важные практические открытия. Особо следует отметить *выделение жира, получение травяных настоев и отв*

\* Штрубе В. Указ. соч. – С. 34.

\*\* Крито-микенская культура – условный термин для обозначения культуры Древней Греции эпохи бронзы (около 2800–1100 гг. до н.э.). Выделяются географические варианты эгейской культуры: на Крите – минойская, в материковой Греции – элладская, на островах Эгейского моря – кикладская культура.

ров, упаривание растворов, экстракцию целебных и ядовитых веществ из соков растений. В результате использования химических реакций с участием продуктов, выделяемых из веществ растительного и животного происхождения, была усовершенствована технология выделки шкур животных, появилась возможность придавать им мягкость и эластичность, предотвращать гниение.

Наблюдения за изменением свойств жиров и масел при нагревании оказали большое влияние на развитие способов освещения. Открытое пламя костра и горящую лучину сменили факелы и масляные светильники. Только после этого стала возможна постоянная работа в темных закрытых помещениях, например, в шахтах и штольнях, пробитых в горах для добычи полезных ископаемых. На протяжении нескольких тысячелетий вплоть до второй половины XIX в. сжигание растительных масел и животных жиров оставалось основой разнообразных осветительных устройств.

Все приведенные факты подтверждают, что *естественнонаучная деятельность человека* зародилась не в момент появления первых теорий, а в гораздо более раннем периоде. Зачатки научных знаний возникли уже тогда, когда первобытные люди стали *осмысленно и целенаправленно применять химические и технологические процессы, которые могли изменять свойства веществ, с целью получения продуктов, необходимых для их жизнедеятельности*. Овладение огнем позволило перейти от использования материалов, предоставляемых средой обитания, к первым попыткам осознанного выделения и синтеза веществ, и поставило качество жизни древнего человека на совершенно другой уровень, послужило мощным стимулом для последующего развития не только сфер науки и материального производства, но и всей человеческой цивилизации.

## 2.3. Эра металлов

### 2.3.1. Медь и бронза

Накопление и систематизация наблюдений за процессами обжига привели к совершенствованию конструкций печей, что способствовало развитию методов регулировки силы пламени и достижению более высоких температур. Последние обстоятельства повлекли за собой чрезвычайно важные последствия – они позволили совершить еще один революционный скачок в эволюции человечества – перейти к использованию нового вида минерального сырья – *металлов*. Чтобы обозначить важность этого этапа в истории человечества, его выделяют в особый период, который называется *энеолитом, халколитом* или каменно-медным веком. Для него характерно появление первых медных изделий на фоне преобладающего использования каменных орудий труда.

Первыми металлами, которые в различных целях стали применять древние люди, были самородные медь и золото. Знакомство древнего человека с металлами произошло, по всей видимости, случайно в процессе поиска минералов, подходящих для изготовления каменных орудий. В первую очередь люди натолкнулись



на медные самородки, которые более распространены в природе по сравнению с золотыми или серебряными\*. Сначала эти металлы применяли для создания украшений, то что медь и золото обладают пластичностью и ковкостью, скорее всего, было обнаружено совершенно случайно. Поэтому самой ранней формой обработки самородных металлов, которая, по мнению некоторых историков, возникла уже в IX–VIII тыс. до н.э. (т.е., в самом начале процесса перехода к оседлости), закономерно стала *холоднаяковка*. Древнейшими из металлических изделий (приблизительно 8500 лет до н.э.) считают медные подвески, найденные на территории северного Ирака. Для сравнения: самые древние золотые украшения, относящиеся лишь к VII тыс. до н.э., были обнаружены в Болгарии (Варненский некрополь и поселение Дуранкулак). Археологические раскопки последних лет доказывают, что изделиями из самородной меди 8 тыс. лет назад пользовались обитатели древнего города Чатал-Гюк (Западная Анатолия, Турция)\*\*.

Однако металлы еще не могли получить сколько-нибудь заметного практического применения: самородки были малы, а сковать их вместе без разогрева было невозможно. Как свидетельствуют археологи, первым металлом, который стали *выплавлять* древние люди, оказался *свинец*. При раскопках в Чатал-Гюке были найдены свинцовые бусины, датируемые примерно VI тыс. до н.э. Фактически начало веку меди положило освоение людьми техники *горячейковки* и *литья*, которому во многом способствовало распространение и усовершенствование гончарного производства: печи и керамические формы для отливки дали возможность взяться за опыты с медью уже всерьез. Произошло это на Ближнем Востоке примерно в VII–VI тыс. до н.э., а в Европе и Китае лишь 3000 лет спустя. Самым древним изделием из литой меди (VI тыс. до н.э.) считается верхняя часть жезла или булавы, найденная в поселении Кан-Хасан (Турция).

Литье в высшей степени упрощало процесс получения готового изделия, а медный топор только за счет своей большей массы ускорял процесс рубки дерева втрое. Однако распространению медных орудий на данном этапе еще препятствовали как трудность отыскания самородков, так и крайняя мягкость меди, значительно ограничивающая ее применение при обработке других материалов. Некоторые историки считают, что металлургия меди не повлекла за собой коренных изменений в образе жизни людей, так как медные орудия не только никогда не вытесняли полностью каменных, но и уступали им во многих отношениях, имея решительное преимущество лишь в технологичности. Более того, запасы самородной меди стремительно истощались.

Следующий этап развития технологий наступил на рубеже VII–VI тыс. до н.э., когда была открыта возможность получения металлов из руды. О том, как человек от использования самородной меди перешел к ее выплавке, до сих пор не существует единого мнения. Возможность получения меди из руды около 6000 лет до н.э.

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. Всеобщая история химии / Под. ред. Ю. И. Соловьева. – М.: Наука, 1980. – С. 35.

\*\* См.: Матюшин Г. Н. Археологический словарь. – М.: Просвещение, 1996.

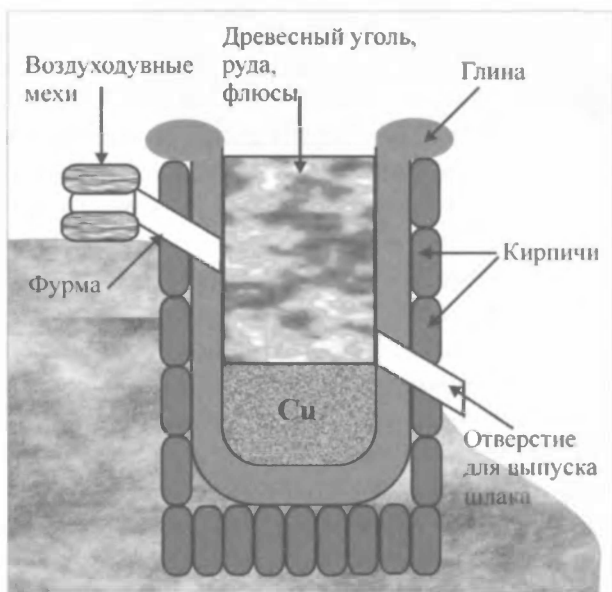
к настоящему времени доказана результатами находок археологов при раскопках в Чатал-Гуюке, на Синайском полуострове и в горных областях Шумера (современный Ирак). Ранняя технология получения меди была основана на использовании таких ее соединений, как малахит и азурит.

Ранее высказывалось мнение, что впервые медь из руды получили случайно при помощи обычного костра. Более поздние исследования опровергают эту гипотезу. Как показали эксперименты, выплавить медь из азурита или малахита можно только в *печах*, поскольку в этом случае удастся достичь температуры, необходимой для восстановительной плавки руды\*.

Наблюдая за горением древесины в печах различных типов, древние металлурги разработали метод получения древесного угля. Его использование позволило осуществлять нагрев до высоких температур, при которых плавилась медь и даже железо. Однако применение древесного угля стало плодотворным лишь после осознания роли воздуха в процессе горения и достижения высокого уровня развития техники обжига. В результате многовекового опыта работы с печами для обжига человек научился подбирать и использовать горючие и огнеупорные материалы, а также создал устройства для принудительной подачи воздуха. Использование древесного угля и кузнечных мехов позволили уже в те далекие времена создать основы металлургической техники, которая вплоть до середины XVIII в. изменялась очень незначительно, за исключением постоянно возрастающих объемов производства.

В горизонтах многослойного поселения Чатал-Гуюк, датированных 6400–5700 гг. до н.э., были найдены различные мелкие металлические украшения: медные бусины, трубочки, колечки, а также мелкие изделия из свинца\*\*.

Несмотря на существующие различия во мнениях, достаточно большое число историков склоняются к утверждению, что колыбелью цветной металлургии следует считать древние поселения в Западной Анатолии (современная Турция)\*\*\*.



Принципиальная схема печей древних металлургов, использовавшихся для выплавки меди и бронзы

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 37.

\*\* Там же. – С. 39.

\*\*\* Там же.

Горы в этой части Малой Азии обладали богатыми залежами меди и олова\*. Медь также добывали на Кипре, Крите, в Египте, в пустыне Негев (Израиль), Иране и по побережью Персидского залива. Добыча медной руды всегда была весьма трудоемким процессом. В определенном смысле это обусловлено условиями залегания медных руд. С одной стороны, выходы меднорудных жил на поверхность холмов способствовали первому знакомству человека с этими минералами. Под действием потоков воды естественным образом обнажались залежи медьсодержащих минералов, которые было не трудно заметить, поэтому древние медные рудники устраивали на склонах: сбегавшие с вершин холмов после дождя ручьи размывали пустую породу, что облегчало добычу медной руды (см. цветную вклейку).



*Основные центры возникновения технологии выплавки меди*

Сухопутными и морскими торговыми путями драгоценную медь ввозили на территорию древнейших государств Египта и Месопотамии. С этого времени медь стала вполне доступным материалом для изготовления оружия, орудий труда и предметов домашнего обихода: медная сковорода, найденная в древнеегипетском захоронении, датируется 3200 г. до н.э.\*\*

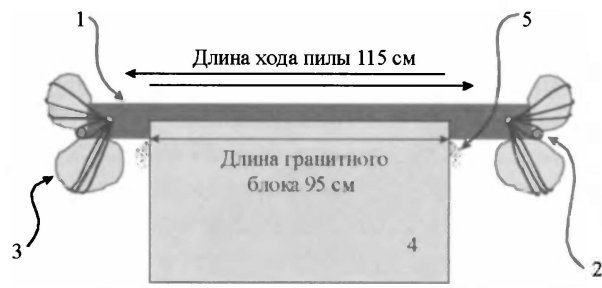
Вполне обоснованным следует считать мнение некоторых историков о том, что использование медных орудий труда не слишком заметно повлияло на общий уровень развития цивилизации, в его пользу свидетельствуют результаты экспериментов по реконструкции некоторых технологических приемов древних ремесленников.

Как известно, величественные египетские пирамиды считаются одним из семи чудес света. Создание подобных грандиозных архитектурных памятников в эпоху достаточно примитивных технологий порой порождает домыслы о вмешательстве инопланетного разума. Самую большую из египетских пирамид – пирамиду Хеопса (Хуфу) египтяне возвели в XXVII в. до н.э., когда медь еще только начинала уступать свои позиции бронзе. В 2001 г. группа американских ученых поставила эксперимент, целью которого было доказать, что египтяне, вооруженные только медными орудиями для обработки камня, действительно были способны построить эти гигантские сооружения. Была предпринята попытка реконструкции технических приемов, которые могли применять египтяне, чтобы выпиливать каменные блоки для строительства пирамид. Для обработки

\* См.: Mellart J. Çatal Hüyük: A Neolithic Town of Anatolia. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1967. – P. 60ff.

\*\* См.: Джуа М. История химии. – М.: Наука, 1975. – С. 23.

природного розового гранита применяли четырнадцатикилограммовые медные пилы длиной 1,8 м, шириной 15 см и толщиной 6 мм. В качестве абразивного материала использовали сухой и влажный кварцевый песок. Результаты экспериментов показали, что скорость стачивания гранита была в четыре раза выше, чем скорость деградации медных пил. При этом распил имел клиновидный профиль, по форме и размерам очень похожий на следы, которые видны на гранитных блоках саркофага фараона Дждедефра (IX Династия), хранящегося в Каирском Музее.



*Схема, иллюстрирующая эксперимент по реконструкции условий обработки каменных блоков с помощью медных орудий труда: 1 – гранитные пилы распиливали медными пилами с ходом 115 см с использованием песка в качестве абразивного материала; 2 – деревянные ручки для двух рабочих, по одному с каждой стороны; 3 – каменные гири, прикрепленные к пиле с каждой стороны (общей массой до 32 кг); 4 – блок розового гранита длиной 95 см; 5 – порошок из мелких частичек меди, гранита и песка*

Приведенный пример еще раз красноречиво свидетельствует о том, что наши представления об уровне развития ремесленного производства и общем объеме естественнонаучных знаний в эпоху Древнего мира весьма фрагментарны, нуждаются в постоянном пополнении и уточнении.

Примерно в середине IV тыс. до н.э. человечество вступило в новую продолжительную эпоху – **бронзовый век**. Именно к этому периоду относят появление первых бронзовых изделий, найденные при раскопках поселений, относящихся к так называемой майкопской культуре (Северный Кавказ, Россия). Как



*Получение металлов из руды и древесного угля в яме.*

*Воздух вдувается кузнечными мехами.*

*Древнеегипетское изображение*

считают некоторые специалисты по истории Древнего мира, именно отсюда технология бронзы быстро распространилась по всему Ближнему Востоку, а несколько позднее достигла поселений, расположенных в долине Инда. В древнем Китае первые бронзовые изделия появились при-

мерно 4100 лет назад. Несмотря на то что хронология весьма приблизительная, бронзовый век обычно делят на три периода: ранний (3500–2000 лет до н.э.), средний (2000–1500 лет до н.э.) и поздний (1500–1200 лет до н.э.).

Открытие технологии выплавки бронзы, несомненно, было случайным событием, поскольку металлургия чистых металлов (мышьяк и олово), используемых в качестве добавок к меди, древним людям не была известна. Подтверждением данного постулата служит и тот факт, что первые бронзовые изделия были выполнены из сплава меди и мышьяка с содержанием последнего до 7 % по массе. Археологические раскопки показали, что медная руда, используемая в тот период, была в значительной мере обогащена соединениями мышьяка, поэтому мышьяковистую бронзу можно было легко получить непосредственным сплавлением природного сырья. В Альпах, на границе Австрии и Швейцарии, в леднике были найдены хорошо сохранившиеся останки мужчины (Oetzi the Iceman); при нем был найден топор, изготовленный из меди чистотой 99,7 %. Повышенное содержание мышьяка в волосах этого древнего человека позволяет предположить, что он был причастен к процессу выплавки меди. Случайно или в результате осмысленных наблюдений древние металлурги пришли к заключению, что добавка к меди другого металла приводит к повышению твердости сплава, снижает температуру плавления (приблизительно на 100 градусов) и облегчает разливку расплава в заготовленные изложницы вследствие снижения его вязкости.

Период использования мышьяковистой бронзы оказался сравнительно коротким. По всей видимости, древние металлурги убедились, что пары, образующиеся в процессе изготовления этого сплава, являются смертельно ядовитыми. К началу III тыс. до н.э. наблюдается повсеместное вытеснение сплавов меди и мышьяка оловянной бронзой. Производители убедились, что добавление олова в количестве 10 % по массе является практически идеальным вариантом при изготовлении сплавов на основе меди. Наиболее древние изделия из оловянной бронзы были обнаружены в гробнице египетского фараона Итети, который правил в XXX в. до н.э.\* В качестве основной руды, содержащей олово, использовали касситерит. Оловянная бронза обладала рядом существенных достоинств по сравнению с мышьяковистой:

- она была более твердой, но при этом менее хрупкой;
- ее можно было закалять при охлаждении;
- при последующей ковке ее механические свойства заметно улучшались;
- при отливке изделий снизилась вероятность образования раковин;
- технология изготовления стала относительно безопасной.

В более поздний период в Средиземноморье возникает технология еще одного сплава на основе меди – *латуни*. Благодаря своему красивому золотистому цвету этот сплав получил достаточно широкое распространение в Древней Греции и Риме.

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 25.



*Бронзовые изделия, найденные во время археологических раскопок на территории Румынии*



*Лошадка. Поздний бронзовый век (около XIV в. до н.э.). Найдена при раскопках в г. Мцхета (Грузия)*

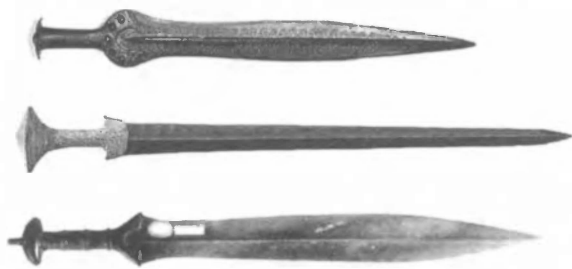
Обработка меди и бронзы прошла эволюцию от холоднойковки металла до литья в двустворчатых каменных формах. Бронза стала основным материалом для изготовления орудий труда, оружия и предметов обихода. Использование бронзы привело к появлению новых видов орудий труда и оружия: впервые появились прямые длинные мечи. Причем в Ки-

тае, где бронза стоила дешево, изготовление оружия из нее продолжалось даже во II в. н.э., – т.е. уже в эпоху широкого распространения железных орудий. Бронзовый клинок был легче и острее железного, хотя из-за меньшей, чем у стали, твердости рубящей кромки не годился для поражения железных доспехов и фехтования против железного меча.

Широкое использование бронзы выявило множество преимуществ, среди которых наиболее весомыми были возможность многократного использования металла, а также быстрота и легкость его обработки (см. цветную вклейку). Наступление бронзового века, сменившего энеолит, привело к заметному росту производительности труда. Этот период в истории человечества ознаменовался распадом первобытнообщинного строя и возникновением в некоторых районах Земли рабовладельческих государств. По мнению некоторых историков, одним из наиболее известных событий бронзового века, подробно описанных в мировой литературе, следует считать многолетнюю осаду и гибель Трои\*.

\* См.: Pernicka E., Wagner G. A. et al. Early Bronze Age Metallurgy in the Northeast Aegean // Troia and The Troad: Scientific Approaches. – Berlin; London: Springer, 2003. – P. 143–172.

Основной причиной, по которой бронза так и не смогла полностью вытеснить из употребления каменные орудия и оружие была прежде всего высокая себестоимость ее производства: необходимые для изготовления бронзы медные руды встречаются несравненно реже железных, а олово было остродефицитным материалом еще в глубокой древности – финикийцы плавали за ним к берегам туманного Альбиона. Результаты анализа некоторых бронзовых изделий, найденных при раскопках в бассейне Средиземного моря, однозначно свидетельствуют, что находящееся в этих образцах олово по изотопному составу идентично оловянной руде, добываемой в Великобритании.



*Разновидности прямых бронзовых мечей.  
Поздний бронзовый век*

Как уже говорилось выше, первоначально древние металлурги эксплуатировали только выходы рудных пластов на поверхность главным образом на склонах гор. Но жила уходила вглубь, и, чтобы добраться до нее, возникала необходимость строить глубокие колодцы. Рудокопам приходилось решать задачи по укреплению сводов деревом, созданию искусственного освещения, подъему добытой руды на поверхность. В горном деле стали использоваться первые механизмы – «журавли» и ворота. Ранние рудники колодезного типа возникли кое-где еще в эпоху варварства. Создавались и обслуживались они небольшими артелями земледельцев, работавших в них в свободное время. С возникновением государств появились и огромные (по тем временам, естественно) карьеры, разработки в которых осуществлялись силами тысяч рабов. Но даже такое количество работников ничего не могли сделать, когда жила уходила в землю на десятки метров. В I тыс. до н.э. в наиболее развитых государствах для добычи медной руды появились уже настоящие шахты: со стволами, уровнями, вагонетками и водоподъемными механизмами.

Дефицит медной и, главным образом, оловянной руд в итоге приводил к тому, что бронзовая индустрия развивалась только у цивилизованных народов. Сырье, необходимое для получения бронзы в количестве, достаточном для изготовления орудий труда и массового вооружения армии, можно было добыть только в рудниках, либо получить в результате обмена. Бесперебойное производство бронзы способствовало развитию товарообмена между различными государствами. При этом отмечается существенный прогресс в кораблестроении и мореходстве, поскольку основные торговые пути пролегали через Средиземное море. Более того, некоторые племена и народы, например, финикийцы или жители острова Крит в эпоху кносской культуры, сделали резкий рывок в своем развитии исключительно за счет торговли. Считается, что бронзовая культура

критян возвысилась за счет экспорта медной руды и древесного угля, а позднее еще и обеспечивала безопасность торговых путей. Создав большой флот, критяне подчинили себе ряд островов Эгейского моря. Широкие торговые и дипломатические связи с Египтом и государствами Передней Азии обеспечили Криту первенство в Эгейском бассейне. Морское владычество (талассократия) критян этого времени сохранялось в памяти греков много веков спустя.

Рекордный по тем временам показатель производства бронзы на душу населения, около 300 граммов в год, ученые отмечают в Вавилоне (притом, что в самом Междуречье не было существенных запасов ни оловянных, ни медных руд). В Египте же производство этого металла составляло всего порядка 50 граммов в год на одного жителя. Племена, находившиеся на более низких ступенях развития, редко могли располагать бронзой в достаточном количестве, за исключением тех случаев, когда территория их обитания была богата всеми необходимыми для производства этого сплава ресурсами, как это имело место в Скандинавии. Либо, как в случае скифов, племена поддерживали постоянные экономические контакты с греческими поселениями на побережье Черного моря. Историки считают, что пребывание какого-либо народа в эпохе бронзы подразумевает наличие среди археологических находок бронзовых изделий культового назначения или оружия (см. карту на цветной вклейке). Даже строительство хорошо оснащенных шахт не снимало проблему дефицита бронзы, поскольку у народов, располагающих такими возможностями, и потребности в металле были очень высокие. Удовлетворить их могло только в 15 раз более распространенное, чем медь, железо. Быстрое истощение доступных запасов меди и олова ускоряло переход к новому этапу металлургии.

Закату бронзового века способствовало и еще одно обстоятельство. Многие высокоразвитые культуры в этот период оказались стерты с лица Земли либо в результате грандиозных стихийных катастроф, либо под ударами более воинственных и менее цивилизованных соседних племен – «народов моря»\*. Около 1470 г. до н.э. тектоническая катастрофа на острове Фера повлекла за собой череду губительных землетрясений на Крите. Разрушение городов и деревень, гибель населения и флота – все эти обстоятельства определили запустение острова и гибель кносской культуры острова Крит. Началом переселения, ставшего важнейшим рубежом в истории Южной Европы и Ближнего Востока, послужила экспансия индоевропейцев, населявших бассейн Верхнего и Среднего Дуная. В первой половине XIII в. до н.э. по неизвестным причинам они внезапно двинулись на юго-запад в направлении Балканского, Апеннинского и Пиреней-

\* «Народы моря» – условное обозначение племен или народов, первоначально обитавших, возможно, на Балканском полуострове или в Малой Азии. Упомянуты в египетских источниках XIII–XII вв. до н.э. как враждебные племена, нападавшие на границы Египта с моря (иногда в союзе с ливийцами), а позже – через Сирию, Финикию, Палестину. Им приписывалось уничтожение Хеттского царства и других государств. Отождествлены из них лишь некоторые (ликийцы, филистимляне, возможно, данайцы – ахейцы). Полагают, что Троянская война была частично связана с передвижениями «народов моря».



ского полуостровов, вызывая «по цепочке» новые и новые перемещения племен. Одним из последствий такого переселения народов явился заметный упадок экономики и культуры. В цветущих и преуспевающих городах Восточного Средиземноморья практически в течение нескольких десятилетий воцарились хаос и разрушения. Все это привело к тому, что в налаженной системе торговых отношений, обеспечивающих бесперебойную поставку сырья для производства бронзы, выпали звенья, которые играли весьма существенную роль\*. Цивилизации, зависящие главным образом от привозного сырья, были поставлены перед проблемой прекращения производства этих сплавов. Древние металлурги вынуждены были озаботиться поиском новых материалов и технологий для производства оружия и орудий труда.

### 2.3.2. Железо и сталь

Еще один скачкообразный рывок в развитии цивилизации связан с открытием технологии получения *железа*. Термин «железный век» был введен в науку около середины XIX в. датским археологом К. Ю. Томсенom. Этот металл был известен человеку с древнейших времен. Археологические раскопки выявляют изделия из железа, датируемые примерно IV тыс. до н.э. и относящиеся к древнеегипетской и древнешумерской цивилизациям. Поделки из железа того времени представляют собой главным образом наконечники для стрел и украшения. В них использовалось метеоритное железо, а точнее – сплав железа и никеля, из которого состоят эти небесные тела. Упоминание о неземном происхождении железа осталось во многих языках. Например, древнеегипетское название «бени-пет» означает «небесное железо», а древнегреческое слово «sideros» связывают с латинским «sidus» (родительный падеж sideris) – «звезда, небесное тело». Хеттские тексты XIV в. до н.э. упоминают о железе как о металле, упавшем с неба. В хеттском захоронении, относящемся приблизительно к XXV в. до н.э., был найден железный кинжал с бронзовым эфесом. Недавно было подсчитано, что на территории Древнего Ближнего Востока могло находиться до 1 млн тонн железных метеоритов\*\*.

Самым древним из известных образцов железа, полученных *восстановлением из оксидов*, можно считать маленький слиток, найденный при раскопках на Синайском полуострове, поблизости от печей для выплавки меди. Его возраст – около 5000 лет. Оксиды железа использовали в качестве флюса при выплавке меди и бронзы. Возможно, что подобные слитки могли образоваться как побочные продукты. В начале II тыс. до н.э. в Месопотамии, Анатолии и Египте появляются первые предметы, изготовленные из переплавленного железа, что можно констатировать по отсутствию никеля в составе сплава. Тем не менее, железо использовалось в основном в культовых предметах. Вероятно, железо в

\* См.: *Drews R. The End of the Bronze Age: Changes in Warfare and the Catastrophe ca. 1200 B.C. – Princeton: Princeton University Press, 1995.*

\*\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 63.

те времена было очень дорогим – более дорогим, чем золото. Можно сослаться на древние тексты, в которых указывается, что хетты, поставляя железо ассирийцам, обменивали его на серебро в соотношении один к сорока по массе. В Древней Греции оружие было в основном бронзовым, однако в 23-й песне «Илиады» рассказывается, что Ахилл наградил диском из железной крицы победителя в соревновании по метанию диска.

Большинство историков склоняются к мнению, что секрет плавки железа был открыт примерно в 1600–1500 гг. до н.э. в Малой Азии. Согласно одному из наиболее вероятных предположений, сыродутный процесс получения железа был впервые применен племенами хатти, жившими в горах Армении (Антитавр) в XX–XV вв. до н.э. Народность хатти находилась в зависимости от более могучих и многочисленных племен хеттов. Широко использовать железо первыми стали именно хетты, проживавшие на территории древнего государства Урарту (Армения) и позднее расселившиеся вплоть до современной Сирии. Еще древнегреческий географ и историк Страбон в своих трудах писал, что в Канеше – колонии Ассирии – производство железа было налажено в середине II тыс. до н.э. Двести лет хетты хранили секрет изготовления железа, но, тем не менее, между 1600 и 1200 гг. до н.э. производство этого металла достаточно широко распространилось на Ближнем Востоке. В этот период железо все еще значительно уступало по распространению бронзе, несмотря на то, что исходное сырье для его производства было значительно доступнее.

Только после XI в. до н.э. началось массовое изготовление железного оружия и орудий труда в Палестине, Сирии, Малой Азии, Закавказье, Индии. Ассирийское войско в IX–VIII вв. до н.э. считается первой в истории армией, полностью оснащенной железным оружием и доспехами. В это же время железо становится известным на юге Европы. В XI–X вв. до н.э. отдельные железные предметы проникают в область, лежащую к северу от Альп, а также на Европейскую часть современной территории России. Однако преобладание железных орудий в этих областях отмечают только начиная с VIII–VII вв. до н.э. В VIII в. до н.э. железные изделия широко распространяются в Месопотамии, Иране, а несколько позднее – в Средней Азии. Первые известия о железе в Китае относятся к VIII в. до н.э., но распространяется оно только с V в. до н.э.\*

В отличие от сравнительно редких месторождений меди и олова, железные руды, правда, чаще всего низкосортные (бурые железняки), встречаются почти повсюду, но получить железо из руды гораздо труднее, чем медь. Чтобы реализовать на практике восстановление руды с целью получения железа, пригодного для дальнейшей переработки, необходимо было выполнить три условия:

1. Введение оксидов железа в зону нагревания в условиях восстановления;
2. Достижение температуры, при которой получается металл, пригодный для механической переработки;

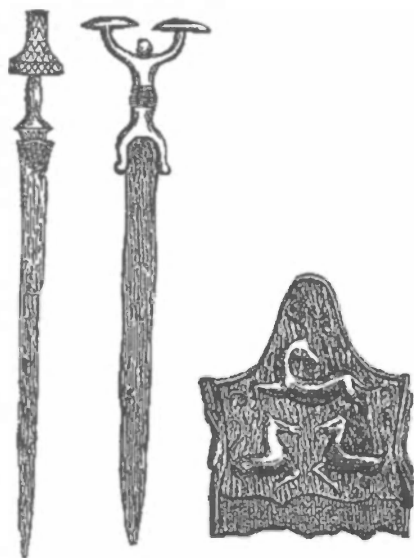
\* См.: Tylecote R. F. A History of Metallurgy // Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington. – Cambridge, 1992.

3. Открытие действия *флюсов* – добавок, облегчающих отделение примесей в виде шлаков. Использование шлаков облегчало получение ковкого металла при температурах, ниже точки плавления железа\*.

Сначала для получения железа использовали костры, а затем специальные плавильные ямы – сыродутные горны. В горн, выложенный из камня, загружали легковосстановимую руду и древесный уголь. Дутье, необходимое для горения угля, подавалось в горн снизу (первое время естественной тягой, а впоследствии при помощи мехов). Образующийся угарный газ восстанавливал оксиды железа. Металл получали в тестообразном состоянии за счет восстановления железной руды при температуре около 900–1350° С. Относительно низкая температура процесса и большое количество железистого шлака препятствовали *науглероживанию* металла и позволяли получать железо только с низким содержанием углерода. На дне печи образовывалась крица – комок пористого или губчатого железа весом 1–5 кг, которую необходимо было проковывать для уплотнения, а также удаления из нее шлака. Процесс был малопроизводительным и обеспечивал извлечение из руды лишь около половины содержащегося в ней железа. К тому же сыродутное железо по качеству значительно уступало бронзе. Вот почему металлургия железа развивалась медленнее, чем металлургия меди и сплавов на ее основе. Это объясняется и тем,

что при достижимых в то время температурах металлургических процессов бронза получалась в расплавленном состоянии, а железо – в виде тестообразной массы с многочисленными включениями шлака и несгоревшего древесного угля. В связи с низким содержанием углерода сыродутное железо было мягким. Изготовленные из него оружие и орудия труда быстро затуплялись, гнулись, не подвергались закалке, поэтому по функциональным свойствам, и прежде всего по долговечности, они пока еще не выдерживали конкуренции с бронзовыми изделиями.

Для перехода к более широкому производству и применению железа необходимо было усовершенствовать примитивный сыродутный процесс, а главное – овладеть процессами науглероживания железа и его последующей закалки, т.е. создать технологию получения *стали*. Лишь примерно в начале I тыс. до н.э. в Индии, Месопота-



*Прямые железные мечи  
и железный фрагмент орнамента  
на кожаных ножнах.*

*Западная Европа. VI–V вв. до н.э.*

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 61.

мии, Армении и Египте были разработаны методы получения железа, оказавшие определяющее влияние на развитие металлургии последующих веков.

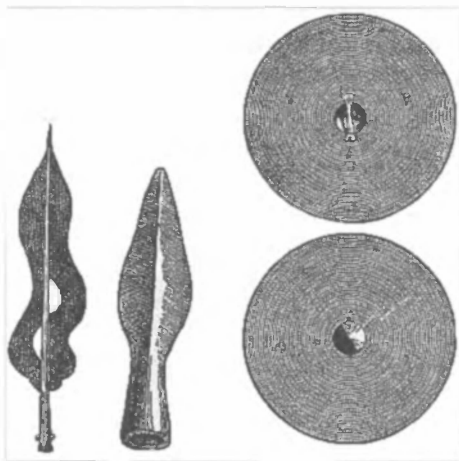
По мере усовершенствования способов дутья и увеличения высоты горна температура процесса повышалась, поэтому определенная часть железа в большей степени насыщалась углеродом, т.е. получался *чугун* или, точнее, *передельный чугун*. Этот сравнительно хрупкий продукт считали отходом производства. Отсюда название чугуна – «чушка», «свинское железо» (англ. – *pig iron*). Первые сведения о чугуне относятся к VI в. до н.э. В Китае из высокофосфористых железных руд получали чугун, содержащий до 7 % фосфора, с низкой температурой плавления, из которого отливали различные изделия. С VI–V вв. до н.э. этот материал получали уже и ремесленники Древней Греции и Рима.

Решающее усовершенствование технологии получения железа заключалось в повторном прокаливании железного слитка в присутствии угля. При этом поверхностный слой металла слегка насыщался углеродом и упрочнялся. Изделия, полученные таким способом, уже были заметно более надежными, чем бронзовые. После повторного нагревания железа в печи с древесным углем оно превращалось в ковку *сталь* (англ. – *wrought iron*). В I тыс. до н.э. такие усовершенствования обеспечили железу главенствующее положение среди материалов, используемых человеком. Также было замечено, что при повторном прожигании в горне в условиях сильного дутья и чугун превращается в железо хорошего качества; более того, практика показала, что такой двустадийный процесс является более выгодным, чем сыродутный. Примерно в это же время древние металлурги обнаружили еще несколько важных закономерностей:

- чем длительнее выдержка сыродутного железа при повторном нагревании в смеси с древесным углем, тем качественнее изделие;

- быстрое охлаждение железа от температуры красного каления (закалка) приводит к улучшению механических характеристик (повышается твердость).

На завершающей стадии совершенствование механических свойств стальных изделий (повышение твердости при сохранении пластичности) уже практически полностью зависело от мастерства кузнеца, вот почему эта профессия долгие годы была весьма почитаемой у разных народов (недаром практически у всех европейских наций аналоги русской фамилии «Кузнецов» являются одними из самых распространенных: в Великобритании – Смит, в Германии – Шмидт и др.). Мастерство кузнеца позволяло выковать меч или топор, у которых режущая кром-



Наконечники копья,  
дротика и щиты из железа.  
Западная Европа. VI–V вв. до н.э.

ка была значительно тверже, чем остальная часть. Это давало существенные преимущества – такие клинки были довольно пластичными, поэтому сломать их в бою было достаточно трудно.

Все усовершенствования технологии получения ковкой стали привели к тому, что к началу новой эры металлургия железа была почти повсеместно распространена в Европе и Азии. Этому способствовали преимущественно два обстоятельства: 1) достаточно низкая себестоимость процесса, обусловленная главным образом доступностью исходного сырья; 2) отсутствие необходимости вовлечения в технологический процесс большого числа людей. Именно эти факторы оказались решающими в распространении технологии железа даже среди народностей и племен, которые находились в условиях общинно-родового строя.

В то же время, нельзя не учитывать мнения влиятельной группы историков, которые связывают переход к технологии железа исключительно с природными катаклизмами и массовой миграцией менее цивилизованных народов, происходящими в XII–XI вв. до н.э. Эти специалисты считают, что все названные процессы привели к разрушению отлаженной системы доставки сырья, необходимого для производства бронзы. Аргументом выступает тот факт, что в Древнем Египте, который не был вовлечен в эти разрушительные процессы, доминирование производства бронзы сохранялось вплоть до завоевания его ассирийцами в 663 г. до н.э.

Получение стали явилось поворотным моментом в истории развития металлургии и всей истории развития человечества. Железо стало символом новой силы и мощи, иного военного и политического порядка. Человечество получило доступ к орудиям труда и оружию высокого качества. Технический переворот, вызванный распространением железа и стали, намного расширил власть человека над природой. Стала возможной расчистка под посевы больших лесных площадей, расширение и совершенствование оросительных и мелиоративных сооружений, в целом улучшилась обработка пахотных земель. Ускорилось развитие различных ремесел, особенно кузнечного и оружейного. Усовершенствовалась обработка дерева для строительства, производства транспортных средств (судов, колесниц и т.п.), изготовления разнообразной утвари. Ремесленники, начиная с сапожников, каменщиков и кончая рудокопами, получили в свое распоряжение более совершенные инструменты. К началу нашей эры все основные виды ремесленных и сельскохозяйственных ручных орудий (кроме винтов и шарнирных ножниц), употреблявшихся в Средние века, а частично и в новое время, были уже в ходу. Облегчилось сооружение дорог, усовершенствовалась военная техника, расширился обмен, распространилась металлическая монета как средство обращения.

Тем не менее необходимо отметить, что использование железа не вытеснило полностью использование бронзы. Переход от каменного века к бронзовому, а затем и к железному для разных народов проходил крайне неравномерно. При археологических раскопках на месте Марафонской битвы были обнаружены не только стальные и бронзовые мечи, но и каменные наконечники стрел. И в более поздние периоды бронза сохраняла некоторое значение, так как превосходила железо в технологичности: если железному изделию можно было придавать форму только

ковкой (поэтому даже старинные гвозди имели квадратное сечение), то бронзовые орудия можно было изготовить, используя *процесс литья*. Изделие сложной формы проще было именно отлить, чем выковать. Что же касается прочности, то бронза однозначно была тверже сыродутного железа и не такой хрупкой, как сталь. Бронзовые доспехи, в том числе цельнолитые кирасы, вплоть до начала нашей эры использовались в Риме (см. цветную вклейку). Вплоть до XIX в. в Европе и шлемы делали преимущественно из бронзы.

Дополнительным достоинством бронзы было ее удобство при массовом производстве. Так, китайцы, например, уже в первом тысячелетии новой эры отливали из бронзы детали к арбалетным замкам, наконечники и ушки для арбалетных болтов и многое другое. Бронзовый наконечник, конечно, не обладал пробивной способностью стального. Однако каждый стальной наконечник надо было выковывать и закалять персонально, а их бронзовые собратья отливались в специальном станке по 100–200 штук разом, причем обладали *стандартистностью* – качеством, недостижимым для железных изделий того времени.

### 2.3.3. Технология получения других металлов

Параллельно с развитием технологии черной металлургии совершенствовались и методы получения других металлов. Всего древним народам было известно семь металлов: *железо, золото, медь, олово, серебро, свинец и ртуть (жидкое серебро)*.

Золото и серебро с глубокой древности использовали для изготовления украшений и драгоценностей. Ювелирное искусство Древнего Египта, отличающееся любовью к ярким полихромным эффектам, находилось на высокой стадии развития. Материалами служили преимущественно золото, лазурит, аметист, бронза, яшма, обсидиан и изумруды. При этом использовали чеканку, гравировку и так называемую холодную эмаль (включение кубиков стеклянной пасты и цветных камней между золотыми перегородками). Пристрастие к яркой полихромии, частое использование лазурита и техники холодной эмали характерно также и для ювелирных изделий Междуречья.

Ювелирные изделия стран Эгейской культуры, обнаруженные главным образом при раскопках в Микенах (Крит) и Трое, представляют собой посмертные золотые маски, украшения со сканью и зернью, золотые сосуды с изображениями быков, каракатиц, морских звезд и отмечены



*Пектораль (нагрудное украшение) фараона Тутанхамона (покровительницей царской власти считали богиню Нехбет, священным животным которой был гриф). Золото, инкрустация. Древний Египет. XIV в. до н.э. Каир. Египетский национальный музей*



*Серебряная амфора древнегреческой работы из Чертомлыкского кургана (Днепропетровская область, Украина). IV в. до н.э. Санкт-Петербург. Эрмитаж*

нет, к этим металлам добавляли медь. В ювелирном деле широко использовали сплав, состоящий из трех частей золота и одной части серебра. Такой сплав греки называли *электром* и считали его индивидуальным металлом.

Свинец, например, применяли для отливки ядер для пращей и стенобитных машин, изготовления досок для письма, грузил, монет и т.п. В Древнем Риме свинцовые трубы использовали при создании систем водоснабжения и канализации. Кроме того, большие количества свинца расходовали в процессах приготовления красок, таких, как свинцовые белила или сурик. Уже в те времена было известно, что эти краски надежно защищают различные поверхности от разрушаю-

большой сдержанностью цветовых решений. В классическом древнегреческом ювелирном искусстве (V–IV вв. до н.э.) важнейшим средством художественных эффектов являлся матовый блеск золота. Особую известность среди ювелирных изделий эллинистического периода получили художественные изделия из серебра (см. цветную вклейку).

Естественные свойства золота – однородность, делимость, устойчивость к воздействию химически агрессивных сред, портативность (большая стоимость при небольшом объеме и массе) – делали его на протяжении длительных исторических периодов наиболее подходящим материалом для роли всеобщего эквивалента, т.е. денег. В качестве денег золото употреблялось еще за 1500 лет до н.э. в Китае, Индии, Египте и Месопотамии. Первоначально золото обращалось в форме слитков, а в I тыс. до н.э. в нескольких государствах Древнего мира стали чеканить монеты (см. цветную вклейку).

Помимо бронзы и латуни, были известны и другие сплавы. Например, хорошо была изучена технология получения сплавов золота и серебра. Для того чтобы золото и серебро стали более твердыми, например при чеканке мо-



*Шлем знатного аккадца Мескаламдуга. Изготовлен из электра – сплава золота с серебром. Царское захоронение в Уре. Около 2550 г. до н.э. Багдад. Иракский музей*

щего воздействия влаги. Еще во времена Геродота древние греки красили корпуса своих кораблей суриком\*.

По свидетельству Плиния, ртуть очищали, продавливая ее через кожу. В трудах Диоскорида есть упоминания о том, что ртуть можно очистить путем перегонки. В те времена была известна не только металлическая ртуть, но и некоторые ее соединения, например киноварь  $\text{HgS}$ . Ее употребляли как пигмент при получении некоторых красителей, а также как сырье для получения самой ртути. В отличие от золота, серебра или меди, ртуть не служила материалом для получения изделий, а применялась лишь для амальгамирования. На этом методе был основан один из древнейших способов извлечения золота и серебра из руды.

Таким образом, возникновение металлургии позволило человечеству на практике овладеть важнейшими химическими процессами: обжигом – окислением металла и обратным превращением – восстановлением оксида в металл. Известный химик Пауль Вальден, занимавшийся историей науки, писал: «Так эмпирически было открыто 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 века».

## 2.4. Общий уровень развития прикладной химии древних цивилизаций

### 2.4.1. Химические технологии,

#### *связанные с использованием высоких температур*

Древние цивилизации накопили большой объем знаний по прикладной химии не только в области металлургии. В понимании человека огонь из грозной непобедимой стихии все больше и больше превращался в незаменимого и искусного помощника. Осознавая, какие безграничные возможности скрываются в умелом использовании этого мощного средства труда, ремесленники старались расширить область его практического применения. Наблюдая за изменениями свойств и взаимным превращением веществ под воздействием высоких температур, древние мастера постоянно не только совершенствовали уже известные объекты и методы прикладной химии, но и старались овладеть новыми материалами и технологиями.

Античные жители Средиземноморья в совершенстве овладели гончарным искусством. Для покрытия керамических изделий разноцветной глазурью была разработана особая техника. Выдающихся достижений в этом направлении добились древние греки и римляне. Расписанные художниками античные амфоры и пифосы и по сей день вызывают восхищение.

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 39.





*Амфора с росписью  
геометрического стиля.*

*VIII в. до н.э. Афины.*

*Национальный музей*

Народам древности также была известна технология изготовления стекла. Большинство историков считают, что зарождение технологии производства этого материала произошло в Древнем Египте примерно 4000 лет до н.э., хотя при раскопках в Месопотамии находят фрагменты стеклянных изделий, которые старше более чем на 500 лет. Древние стеклянные изделия археологи находят в культурных слоях, относящихся к эпохе зарождения цивилизации в Китае. Зарождение технологии стекла обычно связывают с развитием гончарного производства. На поверхность изделия из глины могла попасть смесь соды и песка, в результате чего появлялась стекловидная пленка-глазурь.

Развитию стекольного дела в Египте способствовали большие природные запасы соды. Первое стекло было непрозрачным и мутным. Позднее стали уменьшать содержание соды и вводить оксиды свинца и олова. За две тысячи лет до н.э. в Египте стекло варили в глиняных горшочках – тиглях емкостью около 0,25 л. Такое непрозрачное стекло изготавливалось путем прессования в открытых глиняных формах или путем навивания стеклянной массы на палочку. Однако позднее ремесленники научились окрашивать стекло в голу-

бой, зеленый и красный цвет (см. цветную вклейку). Для окрашивания в состав стекла стали добавлять соединения марганца и кобальта. Плиний Старший указывал на возможность получения окрашенных стекол, имитирующих драгоценные камни.

Коренные изменения в технологии стеклоделия произошли на рубеже нашей эры, когда были решены две важнейшие проблемы – изготовление прозрачного бесцветного стекла и формование изделий выдуванием. Получение прозрачного стекла стало возможным в результате усовершенствования стекловаренных печей, что позволило повысить температуру варки и надежно воспроизводить условия хорошего осветления расплавленной массы. Стеклодувная трубка, изобретенная за несколько веков до н.э., оказалась универсальным инструментом, с помощью которого ста-



*В VI веке до н.э. в Древней Греции сложился чернофигурный (чернолаковый) стиль, при котором силуэтные изображения наносились черным лаком на желтую или красную глину, детали одежды, орнамента выполнялись белой и пурпуровой красками*

ло возможным создавать простые, доступные всем предметы обихода, например посуду. Была разработана стеклодувная техника, которая мало изменилась вплоть до начала XX столетия.

Именно в Египте, где изготавливались чаши, небольшие вазы, блюда, бусы, серьги, браслеты, печати, амулеты в основном зелено-бирюзовой гаммы, стеклоделие древнего мира развивалось наиболее динамично. В течение долгого времени Фивы славилась искусными мастерами, создававшими художественные украшения из стекла. Из стеклянной пасты делали вставки в изделия из золота и бронзы. Египетское стекло было предметом активного экспорта; а бусы, видимо, играли роль своего рода «международной валюты»: их находят даже на местах расселения славян. После завоевания Египта фалангами Александра Македонского в эпоху царствования династии Птолемеев (IV–I вв. до н.э.) искусство египетских мастеров стекольного дела достигло своего наивысшего расцвета.

Помимо египтян производство стекла было известно и другим народам Древнего мира. Так, в Финикии из стекла делали украшения и стеклянные скульптурные маски; древнегреческие мастера нашли способ свободного выдувания стекла с помощью трубки. Греческие стеклянные сосуды известны в основном во фрагментах. Редчайшие находки из Таврии (Крыма) хранятся в Эрмитаже.

Римляне уже производили сложные изделия с наlepным и инкрустированным декором, так называемое стекло-камея. Образцом такого сосуда является знаменитая Портлендская ваза из синего непрозрачного стекла с белым рельефным узором на тему мифа о Пелее и Фетиде. Эта ваза (I в. н.э.), хранящаяся в Британском музее, в XVIII в. породила волну подражаний, как в стекле, так и в керамике. Одним из примеров такого подражания является, в частности, знаменитая копия Дж. Веджвуда (см. гл. 7, п. 7.1.3). Римлянам удалось освоить изготовление сложных изогнутых форм, к сосудам они научились приделывать ручки (см. цветную вклейку). Позднее римляне овладели технологией производства хрусталя (стекла с солями свинца). К сожалению, после падения Римской империи под ударами племен варваров Западная Европа практически на шесть веков погрузилась в «темные времена» раннего Средневековья. Многие материалы и технологии их изготовления, известные античным ремесленникам, оказались утраченными. Подобная история случилась и с изготовлением хрусталя: его производство впоследствии заново было открыто европейцами только в XVIII в.



*Портлендская ваза. Стекло-камея.  
Древний Рим. I в. н.э. Лондон.  
Британский музей*

Древние зодчие применяли высокотемпературные процессы не только в производстве кирпичей и черепицы, но также при изготовлении строительных растворов. При возведении зданий широко использовали строительные растворы на основе гашеной извести. Поэтому повсеместно развивалась технология обжига мела и известняка, которую использовали для получения негашеной извести. Полученную в результате обработки водой гашеную известь применяли и в других целях. В «Естественной истории» Плиния можно найти описание процесса приготовления мыла путем обработки жиров известью, золой и щелочами естественного происхождения. Очевидно, что огонь был необходим и при выделении древесной смолы, различных масел, при получении сажи и изготовлении некоторых красок, например, знаменитой синей египетской, чернил и лекарственных препаратов.

#### 2.4.2. Процессы брожения

После того как древние люди стали заниматься скотоводством, одним из основных продуктов питания животного происхождения стало молоко и молочные продукты. Уже в глубокой древности человек осознал, что в результате быстро протекающих в молоке превращений образуется немало других продуктов – кислое молоко, сыворотка, творог, сыр. Люди научились получать разнообразные молочные продукты, базовый ассортимент которых мало изменился до настоящего времени.

До зарождения земледелия и скотоводства, первобытные люди добывали себе пищу только охотой и собирательством. Уже в этот период они заметили, что спелые плоды со временем меняют свой вкус, т.е. процессы брожения сладких фруктовых соков, приводящие к получению спирта, известны людям с давних времен. Накопленные наблюдения позволили перейти к целенаправленному возделыванию таких сельскохозяйственных культур, как виноград, финики, плодово-ягодную продукцию которых можно было непосредственно употреблять в пищу и использовать для приготовления вина. Историки считают, что в Средиземноморье выращивать пшеницу и виноград стали практически в одно и то же время. Земледельцы Древней Греции и Рима возделывали различные сорта винограда, а полученное из них вино реализовывалось на внутреннем рынке и экспортировалось в другие страны.

Древние виноделы 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. Его применяли в ремесленной практике, например при изготовлении свинцовых белил. Для получения всех этих веществ использовали вымачивание, измельчение, продавливание через отверстия, процеживание, сушку (в том числе на нагретых солнцем камнях) и целый ряд других операций\*.

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 36.

### 2.4.3. Изготовление красок и косметических средств

Как известно, первым материалом для изготовления одежды были шкуры животных. Производство и выделка кож были бы невозможны без умения обрабатывать шкуры животных, в том числе и химическим путем. При этом широко использовались хорошо известные к тому времени природные соединения: поваренная соль, квасцы и дубильные вещества растительного происхождения, которые добывали из коры сосны, ольхи и дуба. Со временем возникла необходимость окраски кожаных изделий, поэтому стала развиваться и совершенствоваться технология производства различных красителей. Например, в черный цвет кожу окрашивали, обрабатывая медным купоросом, который, 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 были, как правило, растительного (пигменты, добываемые из лотоса или марены) или животного происхождения. Например, красную краску кармин добывали из кошенили – насекомых подотряда кокцидовых.

С переходом к скотоводству и оседлому земледелию у древних людей произошли изменения и в способе изготовления одежды. Кожаную одежду постепенно начинают вытеснять изделия из различных тканей. Ткачество, как и прядение, возникло в эпоху неолита и широко распространилось при первобытнообщинном строе. Ручной ткацкий станок с вертикальным расположением основы появился примерно в VI–V тыс. до н.э. Ф. Энгельс считал изобретение ткацкого станка одним из важнейших достижений человека на первой ступени его развития\*. В этот период изготавливали ткани из натуральных волокон животного и растительного происхождения: шерсти, шелка, хлопка и джута. Шелководство известно в Китае с III тыс. до н.э. Родиной хлопководства считают Индию, где в долине Инда уже 5000 лет назад в период хараппской цивилизации выращивали эту культуру и изготавливали пряжу из его волокна. Сведения о возделывании хлопка в Египте относятся к гораздо более позднему периоду – примерно II в. до н.э. Кустарное производство шерстяных тканей имело место еще в городах Древнего Междуречья.

При изготовлении текстильных изделий природные волокна подвергались химической обработке под действием разнообразных веществ – красителей, протрав, моющих средств. Заметим, что краски человек стал впервые использовать еще в каменном веке – для настенной живописи. Постепенно предназначение красящих веществ и их спектр значительно расширились. Качество красок для живописи, изготавливаемых из охры, оксидов железа и меди, сурика и др., было таково, что они тысячелетиями сохраняли свой цвет.

Красители для тканей получали преимущественно из веществ растительного и животного происхождения, а также из минеральных солей. Список растений, наиболее широко использовавшихся для крашения тканей, достаточно внушителен:

\* См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2 изд. – Т. 21. – С. 161.

сафлор, хна, индиго, марена, шафран, резеда, вайда (синильник), дуб, дрок, орех, а также черника\*. Очень высоко ценился пурпур, который добывали из желез морских брюхоногих моллюсков семейства иглянок (пурпурных улиток). В качестве протравы применяли квасцы, известь, мочевины, смесь оксидов железа с уксусом, медный и железный купорос, экстракт чернильных орешков. Для отмывки тканей использовали растворы соды и аммиака (который добывали из мочи).

В косметологии черную краску приготавливали 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 изготавливали 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 из оливок, миндаля, орехов (фундука и грецких), плодов кунжута. Эфирные масла извлекали из цветов при обычной или повышенной 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\*\*.

Одним из веществ, используемых с самой глубокой древности, является *поваренная соль*. С незапамятных времен она нашла разнообразное применение в жизни человека, стала важнейшим средством для консервирования продуктов питания. Сначала первобытные люди использовали каменную соль, затем научились получать ее выпариванием морской воды и воды минеральных источников. Особую роль поваренная соль играла в Древнем Египте: она входила в состав смесей, используемых для мумификации.

#### 2.4.4. Лекарства и яды

Как свидетельствуют письменные источники, сохранившиеся до наших дней (см. гл. 2, п. 2.1), древние египтяне уже в III–II тыс. до н.э. для лечения многих болезней использовали различные химические вещества минерального и органического происхождения. Как писал римский историк Плиний, в его время было известно большое количество медицинских препаратов, действующих на человеческий организм как расслабляющие, успокаивающие, возбуждающие и болеутоляющие лекарства. Например, железный купорос с древности использовался как рвотное средство, растворы квасцов – для компрессов и полосканий горла, экстракт из семян мака – как снотворное и т.д. Разнообразие лекарственных и косметических препаратов, применявшихся в эпоху античности, свидетельствует о довольно высоком уровне знаний химических и фармакологических свойств многих веществ.

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 37.

\*\* Там же. – С. 38.

Были известны также различные виды минеральных вод и их целебное действие на организм человека. 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: кремы, благовония, средства ухода за волосами, составы для грима – от палочек для подкрашивания губ до теней для век.

Хотя в то время еще не была понятна химическая сущность веществ, пагубное действие некоторых из них на живые организмы было хорошо известно\*. Так, не имея еще представления о том, что монооксид углерода – индивидуальное газообразное вещество, люди знали, что при неполном сгорании древесного угля получается «дым», который при добавлении к воздуху даже в довольно незначительных концентрациях приводит к смерти людей и животных. Довольно рано состоялось знакомство первобытных людей и с ядами животного и растительного происхождения. Древние охотники, рыболовы и собиратели знали, какие животные и растения представляют собой смертельную опасность. Со временем человек научился извлекать ядовитые выделения животных и соки растений. Яды издавна широко использовались при охоте на крупных животных; во время сражений ими смазывали наконечники стрел и копий. В ходе 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 II, армия которого во время Пунических войн сражалась на стороне римлян.

Как гласит предание, великий философ Сократ отравился соком цикуты во исполнение смертного приговора, вынесенного ему афинским судом. Яды в древности были и одним из наиболее распространенных средств, используемых для сведения личных счетов, знатные сановники зачастую прибегали к их помощи в борьбе со своими противниками. Это было настолько распространенным явлением, что многие из них имели даже специальных слуг, которые опробовали напитки и кушанья. История знает немало примеров, когда на пути к власти и богатству нежелательных соперников или политических конкурентов устраняли с помощью ядов. Злоумышленное отравление в то время не было связано с риском разоблачения, поскольку было трудно установить, что смерть наступала именно в результате действия яда. Предполагают, что Агриппина (мать одного из самых жестоких правителей Рима – Нерона) в 54 г. н.э. отравила своего мужа императора Клавдия, вероятно, соком аконита. Древнеримский сатирик Ювенал писал: пусть не страшится сока аконита тот, кто пьет из глиняных кружек, пусть его боится только тот, кто пьет из драгоценных кубков.

Существовало поверье, что человеческий организм можно обезопасить от действия ядов несколькими способами: имея священные амулеты, используя определенные вещества, которым приписывали способность обнаруживать яды в напитках и кушаньях, а также постоянно принимая микроскопические дозы ядо-

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 38.

витых веществ. Использование ядов в политических интригах продолжалось и в Средние века. Неувядаемой дурной славой на этом поприще покрыли себя члены семьи римского папы Александра VI Борджиа и французская королева Екатерина Медичи. Число преступлений подобного рода резко сократилось лишь в XIX в., когда были открыты химические реакции, позволяющие обнаружить в организме отравляющие вещества.

Однако далеко не всегда ядовитые вещества применяли исключительно из злого умысла. Очень часто их применяли для борьбы с вредными насекомыми. Так, например, сосуды для приготовления и хранения вина предварительно «окуривали» серой; дымом от сгорания 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 соединения мышьяка для борьбы с насекомыми, а также применяли специальные вещества для обработки семян перед посевом.

Уже в древности люди знали и широко использовали многочисленные вещества, обладающие опьяняющим либо успокаивающим действием (в том числе наркотические средства, притупляющие сознание). В качестве наркотиков часто применялись экстракты из семян белены или корня мандрагоры, в которых содержатся алкалоиды (особенно скополамин)\*.

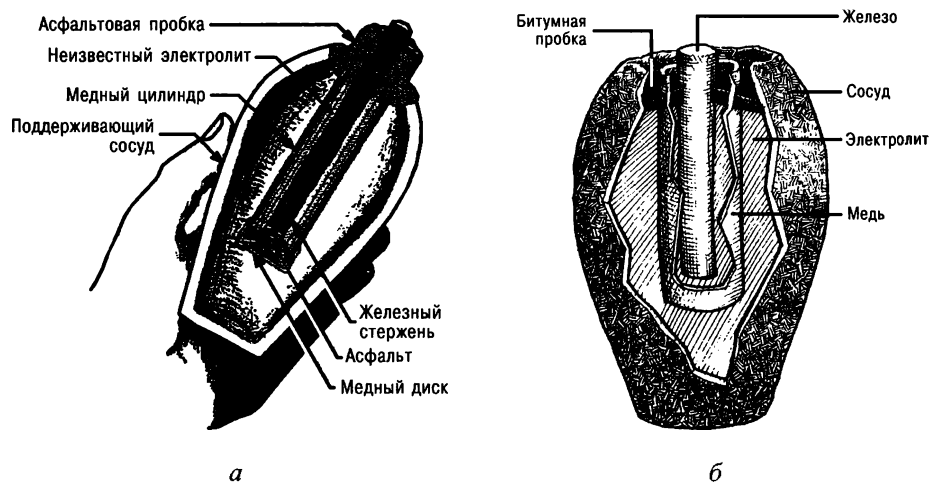
Следует признать, что наши знания об уровне развития прикладной химии в те далекие времена никак нельзя назвать исчерпывающими. К сожалению, сохранилось слишком мало исторических источников, которые помогли бы представить объем химических знаний того периода. Вероятно, многие из них по тем или иным причинам утеряны безвозвратно. Хотя не прекращающиеся изыскания археологов постоянно поставляют все новые и новые артефакты.

Например, 14 июня 1936 г. при раскопках древней столицы Парфянского царства Ктесифона неподалеку от Багдада (Ирак) немецкий археолог Вильгельм Кениг отыскал небольшой керамический сосуд, содержащий медный цилиндр и железный стержень\*\*. Верхняя часть горлышка глиняного сосуда была намеренно удалена, а на круглом отверстии заметны следы асфальта или битума. В. Кениг задался вопросом: не было ли прежде аналогичных находок в культурных слоях, относящихся к эпохе Парфянского царства (250 г. до н.э. – 250 г. н.э.)? Детальный анализ показал, что подобные артефакты были обнаружены поблизости от иракской столицы группой археологов Мичиганского университета в начале 30-х гг. XX в.

Группой ученых было высказано предположение, что это устройство – названное «парфянской батареей» – может представлять собой древнейший

\* См.: Karger-Decker B. Gifte, Hexensablen, Liebesgetränke. – Leipzig: VEB Duetcher verlag für grundstoffindustrie. – 1966. – S. 54ff.

\*\* См.: Канани Н. Парфянская батарея. Электрический ток 2000 лет назад? – М.: Техносфера, 2006.



«Парфянская батарея»: а – модель, изготовленная У. Ф. М. Греем в 1940 г. для выставки в Беркширском музее (в разрезе); б – схема батареи, представленная Х. Брошем в 1992 г. (в разрезе) (из книги Н. Канани «Парфянская батарея. Электрический ток 2000 лет назад?»)

гальванический аппарат. Начиная с 1940 г. различными учеными предпринимались попытки разгадать его истинное предназначение. Например, инженер-электрик из США У. Ф. М. Грей создал первую действующую реконструкцию «парфянской батареи». В 1957 г. М. Швальб опубликовал статью, в которой предположил, что загадочное устройство древние мастера могли использовать для нанесения на металлические предметы тонких золотых покрытий гальваническим способом. Известный американский физик российского происхождения Г. Гамов в своей книге «Рождение и смерть Солнца» поддержал идею о том, что «парфянская батарея» предназначалась для получения слабого электрического тока.

В последующие годы, вплоть до начала XXI в. специалистами в области электрохимии было проведено немало экспериментов на приборах, представляющих собой реконструкции «парфянских батарей». В результате было установлено, что, используя доступные в те времена электролиты (уксусная и лимонная кислоты), можно получить значение э.д.с. порядка 0,5 В и тока в 1 мА. В этот период была высказана еще одна гипотеза по поводу возможного применения данных приборов: вполне вероятно, что их использовали в медицинской практике для обезболивания или других видов электротерапии.

Однако до настоящего времени вопрос о предназначении удивительных находок не нашел окончательного решения. Нельзя не считаться и с мнением ряда ученых, которые отвергают все предположения о связи этих приборов с электричеством, считая, что загадочные сосуды использовали для хранения сакральных текстов, написанных на материалах с органической основой.



В этой научной дискуссии еще рано ставить точку. «Неужели древние шумеры имели какое-либо представление об электролизе? Откуда же они получали тогда электрический ток? Может быть, с помощью этих загадочных глиняных сосудов? ... Из электролитов шумерам были известны только разбавленные лимонная и уксусная кислоты. Для того чтобы между медным цилиндром и железным бруском, помещенными в раствор какого-либо из этих электролитов, возникла достаточная разность потенциалов, необходимо последовательно соединить несколько сосудов. Неужели, несмотря на всю сложность получения золотых покрытий электролитическим путем, этот способ был известен в древности?»\*. Вот лишь некоторые из вопросов, возникающих в связи с «парфянской батареей», и в настоящее время их существует гораздо больше, чем ответов.

К сожалению, ученые еще не в состоянии окончательно ответить на вопрос, с каких времен человек стал использовать электрохимию. Если будут найдены изделия двухтысячелетней давности с хорошо сохранившейся гальванической позолотой, либо удастся отыскать письменные источники, свидетельствующие, что парфянские мастера умели наносить на бронзовые или медные изделия тонкие слои серебра или золота, гипотеза об электрохимическом использовании «парфянской батареи» получит объективное материальное подтверждение, но до тех пор ее истинная природа останется загадкой.

Современное представление об уровне развития химических ремесел в Древнем мире было бы весьма ограниченным, если бы опиралось только на материальные памятники археологических раскопок. Весьма важные сведения о химических знаниях той эпохи были получены при расшифровке древнейших письменных источников (см. гл. 2, п. 2.1). Однако многие ученые считают, что в те времена далеко не все секреты химических превращений люди доверяли папирусу или пергаменту – передача знаний (в том числе и химических) происходила в значительной мере «из уст в уста». Зачастую ремесленники тщательно хранили тайну известных им способов превращений веществ, а обучение секретам химического ремесла было сопряжено с обязанностью обучающихся не разглашать полученные знания. Того, кто пренебрегал этой традицией, ждало презрение коллег по химическому «цеху» и даже смерть. Меры повышенной секретности позволяли ремесленникам обеспечить себе монополию на производимую продукцию. Такой способ передачи навыков потерял свое значение только в XIX–XX вв., когда научное познание природы превращений веществ позволило раскрыть тщательно охраняемые «секреты». Однако, приходится признать, что наши знания о химических методах и веществах, использовавшихся ремесленниками и жрецами древних цивилизаций, весьма приблизительны. В табл. 2.1 представлен общий анализ уровня развития химических знаний и ремесел разных народов Древнего мира.

\* Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Современная электрохимия / Под ред. А. Н. Фрумкина. – М.: Наука, 1965. – С. 5–6.

Т а б л и ц а 2.1

*Общий анализ уровня развития прикладной химии в предалхимический период*

Высокотемпературные процессы	Огонь – более 100 тыс. лет до н.э.
	Глиняные изделия – десятки тыс. лет до н.э.
	Обжиг известняка ( $>1100^{\circ}\text{C}$ ) – примерно 4500 лет до н.э., Египет
Металлургия. Позже (алхимики): Золото Au – Солнце, Серебро Ag – Луна, Медь Cu – Венера, Железо Fe – Марс, Ртуть Hg – Меркурий, Олово Sn – Юпитер, Свинец Pb – Сатурн	Cu, Au (самородные) – IX тыс. до н.э.; Выплавка меди из руды – около 6000 лет до н.э., Малая Азия, Синайский полуостров, Ближний Восток
	Бронза: сначала (Cu+As), позднее (Cu+Sn) – около 3500 лет до н.э., Северный Кавказ, Малая Азия, Египет, Месопотамия
	Pb: VI тысячелетие до н.э., Ag: 4000 – 3500 лет до н.э.
	Fe: метеоритное – с V–IV тысячелетий до н.э., Fe: получение из руды – 1500 лет до н.э., ковкая сталь – 1100 лет до н.э., Южный Кавказ, Малая Азия
	Hg: IV – III вв. до н.э.
	Sb (сурьму плохо отличали от свинца)
Стекло	Египет: IV–III тыс. до н.э., Китай: III–II тыс. до н.э.
Фармация, парфюмерия, бальзамирование	Папирус Эдвина Смита – XVIII в. до н.э., папирусы Эберса и Бругша – примерно XVI в. до н.э.
Красители и протравы	Начиная с VII тыс. до н.э.
Папирус и пергамент	Папирус: IV тыс. до н.э., Пергамент: середина II в. до н.э.
Строительные материалы	Гипс (около 2000 лет до н.э.), асфальт, битум, известняк, известковые растворы
Биохимические процессы (брожение) Пищевые продукты Кулинария	Более 10 тыс. лет до н.э.

## 2.5. Рост потребностей и накопление химических знаний

Анализируя лишь важнейшие достижения ремесленной химической практики в древности, приходится признать, что даже в те далекие времена химия проникала практически во все сферы человеческой деятельности и особенно – материального производства. Изучение истории древних рабовладельческих государств подтверждает сформулированное ранее положение: вещества по-разному внедряются в практику: одни позволяют по-иному удовлетворять возникшие ранее потребности, другие способствуют появлению у людей новых запросов. Этот процесс, который можно назвать законом роста потребностей, и по сей день играет значительную роль в развитии человеческого общества\*.

Развитие химической ремесленной практики предоставило человеку неограниченные возможности. С одной стороны, были получены вещества, на основе которых возникли новые отрасли материального производства, с другой – разработка новых способов получения различных веществ позволила изменить выбор важнейшего сырья, используемого для производства орудий труда и предметов повседневного обихода. Й. Б. Троммсдорф писал: «Лишь после того, как человек сумел осознать потребность в чем-либо, он должен был приложить усилия для ее удовлетворения»\*\*. Иоганн Виглеб в труде «Историко-критическое исследование алхимии» (см. гл. 1, п. 1.3) 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»\*\*\*.

Закон роста потребностей достаточно многогранен. Его применение в каждом конкретном случае зависит, во-первых, от уже существующего уровня развития потребностей, а во-вторых, от уровня развития производства, позволяющего удовлетворять лишь определенные потребности на конкретном этапе развития общества. Уместно также напомнить, что в законе роста потребностей отражается органичное переплетение всех направлений человеческой деятель-

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 40.

\*\* Tromsdorf J. F. Versuch einer allgemeinen Geschichte der Chemie, 1803–1805 // Taschenbuch für Ärzte, Chemiker und Apotheker, 1806 gesondert als Buch. Nachgedruckt im Zentralantiquariat der DDR mit der Druck von 1806 fehlender Teilen und einer Vorbemerkung von W. Strube. – Leipzig, 1965. – S. 123.

\*\*\* Wiegleb J. C. Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie, Weimar, 1777. Nachdruck des Zentralantiquariat der DDR mit der Druck von 1806 fehlender Teilen und einer Vorbemerkung von W. Strube. – Leipzig, 1965. – S. 2.

ности: взаимосвязь материальной и духовной культуры, так, возникновение письменности в Древнем Междуречье и Египте способствовало появлению и усовершенствованию технологий изготовления папируса и пергамента, которые стали достижимы лишь на определенном уровне развития химических ремесел.

Человеческие потребности, складывающиеся в процессе функционирования того или иного общества, В. Штрубе детерминирует по их значению. По его мнению, следует отделять простейшие потребности, необходимые для каждого человека (пища, жилье, одежда, средства передвижения), от значительно более сложных запросов, возникающих на определенном этапе развития общества (информация, торговый обмен, образование людей, удовлетворение их культурных запросов). Каждому времени соответствуют определенные требования 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.

Специфика каждого конкретного периода развития человечества нередко приводит к появлению неоправданных или даже амбициозных претензий не только отдельных личностей и сословий, но даже государства в целом. Следует подчеркнуть, что характер потребностей может иметь не только положительные, но и отрицательные последствия для человечества. К настоящему времени вполне очевидны примеры того, что неограниченное потребление природных ресурсов не всегда используется в созидательных целях. На протяжении последних десятилетий ученые-экологи настойчиво привлекают внимание общества к проблеме усиливающегося «парникового эффекта» на фоне непрерывно сокращающихся площадей вечнозеленых тропических лесов. Последствия такого эффекта, вызванного в том числе и увеличением содержания углекислого газа в атмосфере, могут послужить причиной глобального изменения климата на планете. Общеизвестно, что по потреблению энергоресурсов на душу населения практически единоличным лидером в мире являются Соединенные Штаты. Тем не менее, правительство США не торопится подписать Киотский протокол, регламентирующий выброс углекислого газа в атмосферу, поскольку считает, что подобное соглашение снизит уровень жизни граждан этой страны.

Хотелось бы надеяться, что человеческая цивилизация наконец достигнет такого уровня, когда в сознании подавляющего большинства жителей нашей планеты возникнет понимание необходимости радикальных перемен отношения к природе. Люди должны осознать, что дальнейшее развитие человеческого общества невозможно без достижения экологического равновесия с окружающей средой, и, вняв призывам античных философов, изменить направление вектора эволюции: от безудержной гонки за удовлетворением материальных потребностей – к достижению морально-этического совершенства.

## 2.6. Происхождение термина «химия»

Современная история химии пока еще не в состоянии дать однозначного ответа на вопрос о происхождении этого слова. Можно лишь с уверенностью проследить эволюцию термина в более поздний период. На разных европейских языках слово «химия» имеет сходное звучание: chemistry (английский), Chemie (немецкий), chimie (французский), chimica (итальянский), quimica (испанский и португальский), kemi (шведский и датский), kimya (турецкий). Такое сходство свидетельствует о том, что европейские языки обогатились этим термином практически в одно и то же время и из одного источника. Большинство специалистов абсолютно уверены, что таким источником было арабское слово «al-kimiya». Поэтому первоначально в Средневековой Европе появились слова «алхимия» и «алхимик».

По всей видимости, термин «химия» в более или менее современном произношении – «химейя» (χημεία) впервые употребил в IV в. н.э. греческий философ и естествоиспытатель, один из основателей алхимии *Зосима Панополитанский*. Затем это слово перешло в арабский язык, где получило новое звучание с учетом специфики языка – «al-kimiya».

К настоящему времени об истоках происхождения слова «химия» существует несколько гипотез. Согласно одной из версий, его родиной следует считать Древнюю Грецию. Термин «химия» созвучен древнегреческому слову χυμός – «химос» или «хюмос», которое означало «сок растения». Таким образом, χημεία может означать «искусство выделения соков из растений». Такая трактовка присутствует в древнегреческих сочинениях по медицине и фармакологии. Однако «сок», о котором идет речь, древние греки могли использовать и в переносном смысле – «расплавленный металл». Поэтому χημεία способно означать и «литье», «искусство металлургии», «искусство литья и плавления металлов»\*. Кроме того, в древнегреческом языке существовало и сходное по звучанию слово χυμεισμός – «химевсис», что, скорее всего, следует понимать как «смешивание» – необходимую операцию во многих химических процессах\*\*. Поэтому и это слово вполне могло стать предтечей современного термина «химия».

Другие исследователи считают, что родиной понятия «химия» все же следует считать Древний Египет. Слово χημεία могло означать «египетское искусство». Первые письменные источники, в которых упоминается этот термин, относятся к периоду эллинизма в истории Древнего Египта, который начался после завоевания Страны вечного Нила фалангами Александра Македонского. Поэтому древние греки, пораженные объемом химических знаний египтян, могли называть этим словом магическое искусство превращать обыкновенные металлы в золото и серебро. Название это, вероятнее всего, произошло

\* См.: *Джуа М.* Указ. соч. – С. 14.

\*\* См.: *Рабинович В. Л.* Алхимия как феномен средневековой культуры. – М.: Наука, 1979.

от древнего названия Египта (Khame, Khem или Chuma), что по одной из версий означает «черная земля». Сами египтяне называли свою страну «Черной землей». Плодородная илистая почва в дельте Нила контрастировала с цветом «Красной земли» – бесплодной пустыни, охватывавшей долину великой реки с запада и востока. Этой точки зрения придерживался знаменитый французский химик Марселен Бертло, который немало потрудился на ниве истории науки. Любопытно, что похожее слово «гумус» (humus) в латинском языке означает «почва». Согласно библейским текстам, один из сыновей Ноя – Хам поселился именно там, где впоследствии возникло Египетское государство. Поэтому в Библии Египет считали землей, где проживали потомки Хама. Сведения по истории египетской цивилизации указывают, что, по всей видимости, химическое ремесло возникло именно там.

Еще одна версия происхождения термина «химия» также связана с Древним Египтом. Согласно ей, химическими знаниями обладали боги Древнего Египта. Существует предание о письме богини и мифической властительницы Страны вечного Нила Изис своему сыну Гору, в котором она якобы открывает рецепт получения золота. В этом письме «Мудрый Химес» (или «Хемес») назван первым из простых смертных, кому удалось разгадать эту великую тайну. Поэтому наука и носит имя первого ученого. Очень часто этого ученого отождествляли с древнеегипетским богом Солнца Амоном-Ра и называли «величайшим, прославленным, известным всему миру Химесом»\*.

И, наконец, существует утверждение, что родиной термина «химия» был Древний Китай. Сторонники этой версии считают, что слово «химия» происходит от древнекитайского «ким» – «золото».

## 2.7. Краткие биографические данные ученых

**ЭБЕРС (Ebers) Георг** (1837–1898), немецкий египтолог и писатель. Его именем назван найденный и опубликованный им в 1875 г. древнеегипетский медицинский трактат («Палирус Эберса»). Автор исторических романов.

**ЭМПЕДОКЛ из Агригента** (ок. 490–430 гг. до н.э.), древнегреческий философ, поэт, врач, политический деятель. В гилозоистической натурфилософии Эмпедокла «корни» всего сущего – четыре вечных неизменных первоначала (земля, вода, воздух, огонь), а движущие силы – любовь (сила притяжения) и вражда (сила отталкивания), под действием которых космос то соединяется в единый бескачественный шар, то распадается. По Эмпедоклу, подобное познается подобным. Образ Эмпедокла получил отражение в мировой литературе (Ф. Гельдерлин).

**ГИППОКРАТ** (лат. Hippocrates, греч. Иппократис), (ок. 460–377 гг. до н.э.), древнегреческий врач, естествоиспытатель, философ, реформатор античной медицины. В трудах Гиппократов, ставших основой дальнейшего развития клинической медицины, отражены: представление о целостности организма; индивидуальный подход к больному и его лечению; понятие об анамнезе; учения об этиологии, прогнозе, температурах. С именем Гиппократов связано представление о высоком моральном облике

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 90.

и образце этического поведения врача. Гиппократу приписывается текст этического кодекса древнегреческих врачей («Клятва Гиппократа»), который стал основой обязательств, принимавшихся впоследствии врачами во многих странах.

**ГАЛЕН (Galenus)** (ок. 130 – 200 гг. н.э.), древнеримский врач. В классическом труде «О частях человеческого тела» дал первое анатомо-физиологическое описание целостного организма. Ввел в медицину вивисекционные эксперименты на животных. Показал, что анатомия и физиология – основа научной диагностики, лечения и профилактики. Обобщил представления античной медицины в виде единого учения, оказавшего большое влияние на развитие естествознания вплоть до XV–XVI вв. Учение Галена канонизировано церковью и господствовало в медицине в течение многих веков.

**ГАМОВ (Gamow) Георгий Антонович** (1904–1968), американский физик-теоретик, член-корреспондент АН СССР (1932). Родился в России (г. Одесса), выпускник Ленинградского университета (1926; некоторое время он учился вместе с А. А. Фридманом). Гамов рано обратил на себя внимание выдающимися способностями и по праву считается одним из наиболее перспективных молодых ученых своего поколения. В 1934 г. Гамов командировается вместе с Л. Д. Ландау на стажировку в «Мекку новейшей физики» – Институт теоретической физики Нильса Бора в Копенгагене. В том же году эмигрировал в США. Круг научных интересов Гамова был необычайно широк и охватывал квантовую механику, атомную и ядерную физику, астрофизику, космологию и биологию. Разработал теорию альфа-распада. Высказал предположения о существовании туннельного эффекта. Выдвинул гипотезу о «горячей Вселенной» и реликтовом излучении. Сделал первый расчет генетического кода. Много сил отдал делу популяризации науки.

**ДИОСКОРИД (Dioscorides) Педаний** (I в. н.э.), древнеримский врач. По происхождению грек. В основном сочинении «О лекарственных средствах» систематически описал все известные медикаменты растительного, животного и минерального происхождения, сгруппировал свыше 500 растений по морфологическому принципу. Труды Диоскорида сыграли значительную роль в разработке систематики растений в XVI–XVII вв.

**МАРКС (Marx) Карл** (1818–1883), мыслитель и общественный деятель, основоположник марксизма. Родился в г. Трир (Германия) в семье адвоката. В 1835–1841 гг. учился на юридическом факультете Боннского, затем Берлинского университетов. С 1842 г. редактор демократической «Рейнской газеты». В 1843 г. переехал в Париж, где познакомился с представителями социалистического и демократического движения. В 1844 г. началась дружба Маркса с Ф. Энгельсом. В период революционных событий в Европе (1848–1849) активно участвовал в работе международной организации «Союз коммунистов» и вместе с Энгельсом написал ее программу «Манифест Коммунистической партии» (1848 г.). В июне 1848 г. – мае 1849 г. Маркс вместе с Ф. Энгельсом издавал в Кельне «Новую Рейнскую газету» и был ее главным редактором. После поражения революции Маркс в 1849 г. переехал в Лондон, где прожил до конца жизни. Теоретическую и общественную деятельность продолжал благодаря материальной помощи Ф. Энгельса. Маркс был организатором и лидером 1-го Интернационала (1864–1876). В 1867 г. вышел главный труд Маркса – «Капитал» (т. 1); работу над следующими томами Маркс не завершил (их подготовил к изданию Энгельс (т. 2, 1885; т. 3, 1894)). В последние годы жизни активно участвовал в формировании пролетарских партий; разработал принципы материалистического понимания истории (исторический материализм), теорию прибавочной стоимости, исследовал

развитие капитализма и выдвинул положение о неизбежности его гибели и перехода к коммунизму в результате пролетарской революции. Идеи Маркса оказали значительное влияние на социальную мысль и историю общества на рубеже XIX–XX вв.

**ЭНГЕЛЬС (Engels) Фридрих** (1820–1895), мыслитель и общественный деятель, один из основоположников марксизма. Родился в г. Бармен (ныне Вупперталь, Германия) в семье фабриканта. В 1841–1842 гг., отбывая воинскую повинность в Берлине, посещал университет. Встреча с Марксом в Париже в 1844 г. положила начало их дружбе. Энгельс активно участвовал в организации (1847) и деятельности «Союза коммунистов», вместе с Марксом написал программу Союза – «Манифест Коммунистической партии» (1848). В июне 1848 г. – мае 1849 г. вместе с Марксом издавал в Кельне «Новую Рейнскую газету». В 1849 г. участвовал в вооруженном восстании в Юго-Западной Германии. В ноябре 1849 г. переехал в Лондон, в ноябре 1850 г. – в Манчестер, где работал в торговой конторе, с 1870 г. жил в Лондоне. Вместе с Марксом руководил деятельностью Первого Интернационала. Стремился обобщить достижения современного ему естествознания и распространить диалектико-материалистический метод на познание природы. Основным результатом этих занятий была большая незавершенная рукопись «Диалектика природы» (написана в 1873–1883 гг., опубликована в 1925 г.). Согласно Энгельсу, «единство мира состоит в его материальности», а движение есть способ существования материи. Существуют пять форм ее движения – механическая, физическая, химическая, биологическая и социальная. Пространство и время являются формами существования материи. Критиковал естественные науки и естествоиспытателей за преимущественно позитивистскую ориентацию мышления с характерными для него господством эмпиризма и забвением теоретических и философских проблем. Резко возражал агностицизму во всех его проявлениях; разрабатывал диалектико-материалистическую методологическую альтернативу идеалистическим, спиритуалистическим, метафизическим и вульгарно-материалистическим парадигмам. Считал неизбежным трансформирование философии в науку о мышлении.

**ТЕОФРАСТ (Феофраст)** (наст. имя **Тиртам**) (372–287 гг. до н.э.), древнегреческий естествоиспытатель и философ, один из первых ботаников древности. Ученик и друг Аристотеля, после его смерти – глава перипатетической школы. Автор св. 200 трудов по естествознанию (физике, минералогии, физиологии и др.), философии и психологии. Создал классификацию растений, систематизировал накопленные наблюдения по морфологии, географии, применению растений в медицине.

**ПЛИНИЙ СТАРШИЙ (Plinius Maior)** (23 или 24–79 гг. н.э.), римский писатель и ученый. Единственный сохранившийся труд – «Естественная история» в 37 книгах – является энциклопедией естественнонаучных знаний античности, содержит сведения по истории искусства и быта Рима.

**СТРАБОН (Strabo)** (64/63 г. до н.э. – 23/24 г. н.э.), древнегреческий географ и историк. Много путешествовал. Автор «Географии» (17 книг), являющейся итогом географических знаний античности, и «Исторических записок» (не сохранились до нашего времени).

**ВАЛЬДЕН (Walden) Пауль (Павел Иванович)** (1863–1957), российский химик, академик Петербургской АН (с 1910); директор Рижского политехнического института, академик РАН (с 1917); академик АН СССР (с 1925); иностранный почетный член АН СССР (с 1927). По происхождению латыш. С 1919 г. – в Германии. Труды по электрохимии растворов, оптической изомерии (открыл так называемое вальденовское обращение), истории химии.



## ГЛАВА 3

# ПЕРВЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДРЕВНИХ О ПРИРОДЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

*Теоретическое естествознание, если оно хочет проследить историю возникновения и развития своих теоретических общих положений, вынуждено обращаться к грекам.*

Ф. Энгельс

### 3.1. Эволюция химии в древнейшие времена: опыт и знания

Выделяя основные тенденции процесса накопления химических знаний в древнейшие времена, целесообразно применять гибкий комплексный подход, который позволяет учитывать различные, порой достаточно противоречивые, явления. Было бы весьма продуктивно рассматривать процесс эволюции химических ремесел на фоне картины социально-экономических изменений в обществе. Эволюция общественных отношений в Древнем мире проходила неравномерно. Отдельные племена еще жили в условиях первобытно-общинного строя, а на других территориях уже существовали мощные рабовладельческие государства с развитой политической структурой. Рабство как источник дешевой рабочей силы в течение долгого времени обеспечивало рост производства в этих государствах Древнего мира. В этих странах развитие горного дела, металлургии, кораблестроения, красильного и гончарного ремесел, строительство жилищ, пирамид и храмов находились на довольно высоком уровне. Во многом это являлось результатом труда громадного числа рабов. Соответственно и накопление химических знаний в Древнем мире происходило медленно и неравномерно: одни народы уже владели многими химическими технологиями, в то время как большинство племен пребывало в каменном веке. Как известно, многие народы Африки и Азии оказались в железном веке значительно позже жителей Средиземноморья и Передней Азии.

Несомненно, появление и совершенствование химических ремесел в Древнем мире было сопряжено главным образом с тяжелым физическим трудом. На первый взгляд кажется, что в этом долгом процессе доля чисто умственных усилий слишком мала. Укреплению позиций такого подхода способствует достаточно распространенная точка зрения, что реализация таких социально-экономических условий, при которых могла появиться сколько-нибудь заметная группа людей, целиком посвятившая себя изучению устройства окружающего мира, осуществилась лишь на последней стадии истории Древнего мира. При этом необходимо заметить, что эта социальная группа не участвовала в материальном производстве, управлении государством или отправлении религиозных культов.

Среди некоторых профессиональных историков химии все еще распространено мнение, что анализу состояния химических знаний в Древнем мире не стоит уделять большого внимания, поскольку истинно научных знаний в эту эпоху еще попросту не существовало, а весь объем информации был получен лишь на основе случайных наблюдений. По их мнению, только для очень близких по характеру явлений использовались объяснения, основанные на *аналогии* с уже изученными процессами. Ряд исследователей эволюции науки придерживается подобной точки зрения, явно недооценивая достижения древних ремесленников в накоплении знаний о составе веществ и особенностях их превращений. Немецкий ученый Эрнст Мейер упрекал натурфилософов и химиков-практиков античности в «недостаточном количестве результатов наблюдений». Как отмечал ученый, «нежелание получить результаты наблюдений основано на известной нечувствительности природных процессов» к воздействию на них способами, имевшимися в то время. Все это Э. Мейер назвал «характерными признаками рассмотрения природы в древности»\*.

Герман М. Копп примерно сто пятьдесят лет назад гораздо осторожнее оценивал уровень развития химических знаний в античном мире. По его мнению, специалист, интересующийся историей 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. Между тем необходимо признать, что накопление знаний о протекании химических процессов у ремесленников античности представляет собой намного более высокую ступень познания, чем первые наблюдения отдельных химических свойств веществ, случайно оказавшихся в поле зрения первобытного человека. Несомненно, что наречие «случайно» означает несколько неожиданное и непредвиденное явление. Однако и при таком стечении обстоятельств тот, кто подготовлен к восприятию такого явления, вполне способен сделать открытие. Это суждение подтверждает вся современная практика развития науки и производства. В более поздние исторические эпохи аналогичное событие произошло и в эволюции химических знаний на фоне естественного исторического процесса разделения труда в обществе: химические знания распались на две основные компоненты: ремесленную и научную. Однако на этом основании еще нельзя делать вывод о том, что в отличие от талантливых ученых, работавших в лабораториях, среди ремесленников тех далеких времен не было поистине замечательных химиков.

Одним из критериев подлинно научного знания является его *системность*, т.е. *органическое единство* эмпирической, теоретической и философской составляющих\*\*. Пауль Вальден подчеркивал, что в химической практике древности были слиты воедино ремесло, эксперимент и теоретические представления. Деятельность античных химиков он охарактеризовал следующим образом: «Эти эмпирики

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 54.

\*\* Там же. – С. 56.

древности в высокой степени овладели искусством превращения веществ только путем систематических опытов и наблюдений, осмысленного «опробирования» и «обдумывания» результатов»\*.

Пожалуй, за редким исключением все использовавшиеся в химических ремеслах способы обработки веществ вошли в практику химических лабораторий и используются по сегодняшний день. Такими экспериментальными методами стали обжиг, плавление, кипячение, фильтрование, осветление, сушка, кристаллизация, перегонка, закалка, купелирование и цементация. Все вещества, которые ранее использовались ремесленниками в сугубо практических целях, нашли широкое применение и в научных химических лабораториях нового времени.

Одним из первых лабораторных методов, оказавших в последующем влияние на развитие химии, является *перегонка жидкостей*. Уже в глубокой древности люди знали, что влагу, образовавшуюся после конденсации паров кипящей морской воды, можно пить. 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. Только в результате систематического и целенаправленного использования метода перегонки жидкостей был получен терпинеол – очень важный растворитель, выделяющийся из кипящей древесной смолы.

Из дошедших до наших дней документов отчетливо видно, что уже на заре цивилизации ремесленники очень хорошо представляли себе, что различные добавки отдельных металлов существенным образом влияют на свойства сплавов. Такие знания могли быть получены только в результате осмысления многочисленных опытов по сплавлению разнообразных металлов. В упоминаемых ранее Лейденском и Стокгольмском папирусах, относящихся примерно к концу III в. н. э. (см. гл. 2, п. 2.1), описаны многочисленные химические методы обработки веществ, приведенные в 250 рецептах. Принимая во внимание довольно медленное развитие химических ремесел в то время, можно предположить, что описанные в этих папирусах способы были известны к тому времени уже сотни, если не тысячи лет. Например, многие египтологи считают, что первый медицинский трактат – «папирус Эдвина Смита» является копией, переписанной в XVI в. до н.э. Оригинал, по их мнению, был написан Имхотепом – ближайшим советником фараона Джосера – еще в XXVIII в. до н.э. Специалисты по Древнему Египту уверены, что Имхотепа можно считать *первым ученым* в истории человечества.

Подобно многим государствам древности, Египет испытал и закат своего могущества: начиная с VII в. до н.э. он практически утратил независимость и находился под властью чужеземных завоевателей: сначала ассирийцев, затем персов,

\* См.: Кравченко А. Ф. История и методология науки и техники. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – С. 18.

греков и римлян. Вовлечение Страны вечного Нила в орбиту эллинизма не повлекло за собой уничтожения памятников самобытной культуры и науки одной из древнейших на Земле цивилизаций. Более того, эллинистический период в истории Египта отмечен дальнейшим расцветом науки и ремесел, поскольку древние греки всегда с уважением относились к научным традициям египтян. Толерантно к культурным и религиозным памятникам покоренной страны поначалу отнеслись и римские завоеватели. Однако в III в н.э. отношение римских императоров к богатейшему научному наследию египетских и греческих мудрецов резко изменилось: в 272–273 гг. н.э. при императоре Аврелиане была ликвидирована знаменитая Александрийская библиотека; в 296 г. н.э. римский император Диоклетиан повелел найти и уничтожить все рукописные сочинения, в которых могли содержаться рецепты приготовления поддельных золота, серебра и драгоценных камней. Окончательно Александрийская «дочерняя библиотека» была уничтожена в эпоху христианского Рима в 391 г. при императоре Феодосии I Великом после выхода эдикта, направленного против языческих культов. К сожалению, уцелели лишь ничтожные крохи из тех знаний, которые хранились в священных храмах Древнего Египта. Остается лишь предположить, что, кроме обнаруженных папирусов, существовало еще очень много других рецептурных сборников, в которых были описаны и иные способы обработки веществ.

Бесспорно, люди использовали химические превращения еще в те времена, о которых не сохранилось письменных памятников. Некоторые ученые отстаивают позицию, что естествознание возникло уже в каменном веке, когда человек стал целенаправленно и осознанно *накапливать* и *передавать* другим знания об окружающем мире. Подобную точку зрения сформулировал Дж. Бернал в своей книге «Наука в истории общества». Он писал: «Так как основное свойство естествознания заключается в том, что оно имеет дело с действенными манипуляциями и преобразованиями материи, главный поток науки вытекает из практических, технических приемов первобытного человека» (см. гл. 1, п. 1.1).

Все сказанное выше свидетельствует, что зачатки научных знаний возникли уже тогда, когда первобытные люди стали целенаправленно применять химические и технологические процессы, которые могли изменять свойства веществ, с целью получения продуктов, необходимых для их жизнедеятельности. В те далекие времена отсутствие теоретических представлений о природе и сути технологических процессов практически не сказывалось на их использовании. Однако, с другой стороны, каждый новый факт о взаимосвязи природных явлений, который устанавливали даже при неосознанном применении химических реакций, способствовал становлению и закреплению естественнонаучных навыков и знаний.

Химические вещества как предметы натурального обмена имели большое значение для развития торговли между народами. Без преувеличения можно сказать, что расцвет разнообразных химических ремесел во многом способствовал появлению высокоразвитых цивилизаций древних государств – Вавилона, Египта, Китая, Индии, Греции и Рима – с их товарообменом, письменностью и замечательной самобытной культурой.

### 3.2. Античная натурфилософия

Краткий анализ основных положений античной натурфилософии является вполне уместным, поскольку именно воззрения античных мыслителей представляют собой первые попытки дать *научное объяснение* устройства окружающего мира.

Со временем признаки упадка рабовладельческого общества отчетливо проявились во всех крупных государствах древности. Едва ли можно установить все специфические черты эволюции каждого из наиболее известных государств Древнего мира, хотя некоторые важные обстоятельства достаточно очевидны. Имеет смысл сопоставить несколько основных факторов, определяющих условия становления и развития великих цивилизаций древности: государственное устройство, религия и система образования.

Все древние государства Ближнего Востока не знали тех форм демократии, которые были развиты в ряде государств Древней Греции и в античном республиканском Риме. Государственное устройство древних царств Междуречья, Египта, Ассирии, Вавилона можно считать абсолютной монархией. В практически безграничную власть верховного владыки – царя или фараона, зачастую почитавшегося наравне с богами, могли вмешиваться только жрецы. В Вавилоне и Египте существовали поддерживаемые светской и духовной властями бюрократические учреждения, которые привели к более быстрому упадку этих государств по сравнению с Древней Грецией и Римом.

Для всех государств Ближнего Востока характерно то, что правители и жрецы были прежде всего озабочены сохранением власти и своих несметных богатств. Было бы невозможно построить величественные храмы и пирамиды 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, а также папирусы с описанием тех или иных практических действий. Поэтому нет почти никаких свидетельств существования в Древнем Египте теоретических научных представлений о химических процессах и превращениях веществ.

Нельзя утверждать, как это позволяют себе некоторые историки, что в государствах Ближнего Востока светская и духовная власть не поощряла изучение явлений природы. Напротив, жрецы Древнего Египта и наиболее дальновидные из ближайших советников фараонов осознавали, что изучение законов окружающего мира, и в первую очередь *установление причин* разнообразных природных явлений, способствует укреплению господствующего положения власть имущих.

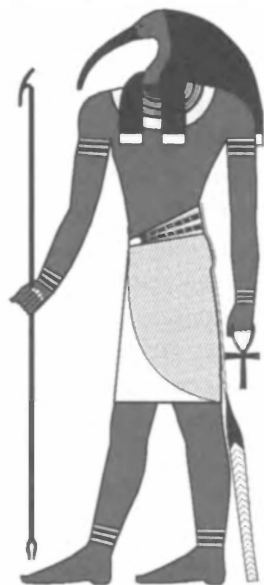
Как свидетельствуют найденные археологами глиняные таблички с клинописью Междуречья и египетские папирусы («папирус Ринда»), жрецы древних цивилизаций Ближнего Востока обладали обширными знаниями в области арифметики и геометрии. Они умели проводить действия не только с натуральными числами, но и с дробями; вычисляли площади треугольников, прямоугольников и трапеций, а также рассчитывали объемы некоторых геометрических тел. Очевид-

но, что без таких знаний в области математики египтяне и жители Междуречья не добились бы столь высокого уровня развития строительного искусства и земледелия (не стоит забывать, что после каждого разлива Нила земельные участки было необходимо разграничивать заново). Из достижений вавилонской математики в области геометрии, выходящих за пределы познаний египтян, следует отметить разработанное измерение углов и некоторые зачатки тригонометрии, связанные, очевидно, с развитием астрономии. Как считают многие ученые, вавилонянам уже была известна теорема Пифагора.

Жрецы в древних государствах Ближнего Востока интенсивно занимались и астрономическими исследованиями. Наблюдение за небом, звездами и планетами осуществлялось жрецами-астрономами из «домов жизни», учреждений при храмах, где жрецы получали и хранили знания. Практические астрономические наблюдения тесно переплетались с религиозными представлениями, связанными с почитанием многочисленных астральных богов. О высоком уровне развития математики и астрономии в древних государствах Ближнего Востока свидетельствует тот факт, что великие ученые античной Греции Фалес и Пифагор Самосский изучали эти науки у египетских и вавилонских жрецов.

Развитие медицины и химических 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. Не удивительно, что покровителем химических ремесел древние египтяне считали Тота\* – бога с телом человека и головой птицы – ибиса, который также покровительствовал магии и волшебству. Очевидно, что химические ремесла, связанные с превращением веществ, у жителей Страны вечного Нила практически отождествлялись с одной из разновидностей магии и были окутаны плотной завесой тайны.

Очень рано в древних государствах Ближнего Востока сформировалась самобытная письменность в виде иероглифики, ставшей отличительной особенностью всей культуры примерно с 3000 г. до н.э. Благодаря сохранившимся до настоящего времени многочисленным письменным источникам можно проследить, как развивался египетский язык. В Древнем Египте существовали три вида письма, древнейшим среди ко-



*Древнеегипетское изображение бога Тота*

\* *Тот* (греч.; егип. имя – Джехути) – древнеегипетский бог мудрости и Луны. Постоянный спутник и советник верховного бога Ра; создатель письменности и календаря. Известен с Древнего царства, центр почитания – г. Гермополь. Изображался в облике человека с головой ибиса, часто с папирусом и письменным прибором. Священные животные – ибис и павиан. Греки отождествляли Тота с богом Гермесом.

торых являлось иероглифическое. Иероглифическая графика предназначалась для официальных надписей на стенах храмов, гробниц, стелах и культовых предметах. Деловые документы, сказки и письма записывались скорописью – иератикой, практиковавшейся с конца Древнего царства по Новое царство включительно. Примерно в VII в. до н.э. появилась новая разновидность скорописи – демотическое письмо. Вся древнеегипетская литература, документы и письма писались на папирусе, который являлся основным писчим материалом древних египтян. В древнем Вавилоне записи вели на специально подготовленных глиняных табличках.

Однако грамотность была доступна весьма ограниченному слою людей, так как требовала длительного обучения и материальных затрат, поэтому должность писца считалась очень престижной и доходной. Сохранившиеся египетские школьные поучения призывают ученика быть писцом и восхваляют положение последнего в сравнении с другими профессиями: «Будь писцом! Это избавит тебя от грязной работы, защитит от труда непосильного. Не будут стоять над тобой многочисленные хозяева и бесчисленные надсмотрщики. Писец сам не делает ничего и лишь надзирает над всеми работами на земле Египта. Заметь себе это!»

Эволюцию общества в Древнем мире нельзя анализировать без учета религиозных культов. Основанная на мифологии религия служила главной опорой государства и была важнейшим средством сохранения власти привилегированных классов. Царствование фараонов в течение трех тысяч лет было одним из главнейших принципов древнеегипетской религии, так как именно фараон – божественный властитель считался гарантом порядка и гармонии в стране. Именно он был ответствен за благосостояние государства и за правильное отправление культов многочисленных грозных богов. Религия Древнего Египта за три тысячи лет существования претерпевала изменения – появлялись новые божества, изменялась их иерархия, однако, неизменной оставалась цель отправления культов различных богов – внушить подданным чувство покорности воле могущественных небесных и земных владык. Земное существование египтяне рассматривали как краткий миг подготовки к вечной загробной жизни, поэтому практика мумификации тел умерших существовала на протяжении всей древнеегипетской истории и была одной из главных особенностей культуры этого государства. Сохранение тела являлось необходимым условием воскресения в загробном мире и обретения вечной жизни.

Самобытность и замкнутость культуры и ремесел Древнего Египта обусловила его географическая изолированность. Нубийцы, ливийцы, азиаты и кочевники западной и восточной пустынь традиционно считались врагами и в символическом смысле являлись олицетворением хаоса, угрожавшего гармонии египетского государства. Особенности мировоззрения египтян, относившихся к чужеземцам с подозрением, также препятствовали распространению научных знаний (в том числе и химических) на сопредельные территории.

Рассуждая о науке Древнего Египта или Месопотамии, следует понимать, что это лишь первые шаги человечества в сторону науки, если можно так выразиться, только «протонаука». Как считают многие специалисты, это был неиз-

бежный и необходимый этап в развитии человеческого мышления, без которого не состоялась бы истинная наука с ее методами, абстракциями и проблемами\*.

Иную картину в государственном устройстве, религиозных верованиях и системе образования можно усмотреть в Древней Греции. В VIII–VI вв. до н.э. в Греции сформировались города-государства (полисы). Государственное устройство в них было более демократичным, нежели в Египте или Междуречье. В зависимости от результатов борьбы земледельцев и ремесленников с родовой знатью государственная власть в полисе была либо демократической (в Афинах), либо олигархической (в Спарте, на о. Крит). В экономически развитых полисах (Коринф, Афины и др.) широко распространилось рабство, однако в Спарте, Аргосе еще долго сохранялись пережитки родового строя. Период расцвета полисов приходится на V–IV вв. до н.э. Он был связан с возвышением Афин в результате победы греков в войнах с Персией. Время наивысшего могущества Афин, наибольшей демократизации политического строя и расцвета культуры пришлось на годы правления Перикла (443–429 гг. до н.э.).

Возникновение ранней греческой науки было одним из проявлений общего «культурного скачка», который пережила Эллада в VI–V вв. до н.э. и который зачастую именуют «греческим чудом». В течение очень короткого периода времени греки доказали свое культурное лидерство для всего Средиземноморья, оставив позади более древние цивилизации Вавилона и Египта\*\*.

Отсутствие жесткой автократии и явного политического гнета, равноправие свободных граждан перед законом, их участие в выполнении общественных функций в жизни древнегреческих полисов способствовало формированию особых человеческих качеств. Человек, обладающий чувством гражданской ответственности, критичностью мышления, умением убедительно защищать свое мнение, а также искусством красноречия, мог занять важную выборную государственную должность. Отсутствие в греческих полисах многочисленных сословий потомственных чиновников или жрецов сказывалось во всех сферах общественной жизни, прежде всего в системе образования. Ее целью было воспитание достойного гражданина. В VII–V вв. до н.э. для свободнорожденных мальчиков и юношей сложилась многоуровневая система так называемого «афинского воспитания». В Афинах с 7 до 16 лет дети и подростки обучались в *грамматической школе*, *школе кифариста* и *палестре*. Отпрыски наиболее состоятельных семей до 18 лет могли продолжать занятия в *гимнасии*. Воспитание юношей 18–20 лет завершалось в *эфебии*. Система «афинского воспитания» находилась под контролем государства и ставила задачу умственного, эстетического, нравственного и физического совершенствования юных граждан. Ученики получали литературное и музыкальное образование, знакомились с основами наук, изучали ораторское искусство, политику, этику и философию.

\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности // Библиотека всемирной истории естествознания / Под ред. С. Р. Микульского. – М.: Наука, 1982. – С. 121.

\*\* Там же. – С. 203.



Анализируя мифы и легенды древних греков, можно прийти к выводу, что их система религиозных верований сильно отличается от Египта или Месопотамии. Олимпийская мифология характеризуется ярко выраженным антропоморфизмом – боги и демоны в религиозных и мифологических представлениях древних греков обладают физическим телом, имеют самые обыкновенные человеческие качества, а иногда даже пороки и недостатки. Однако этот антропоморфизм, свидетельствующий о растущей власти человека над природой, характеризует только определенную, исторически преходящую ступень в развитии греческой мифологии.

Культовая практика древних греков сводилась к жертвоприношениям и молитвам, которые проходили, как правило, в храмах, посвященных тем или иным божествам. Историки античности считают, что духовная власть жрецов в Древней Греции была далеко не абсолютной. Жизнь человека, безусловно, зависела от воли Зевса, однако последнее слово всегда оставалось за самим человеком.

Образы греческой мифологии стали почвой для развития античного искусства. Она оказала воздействие на формирование древнеримской религии и мифологии. Как и вся греческая культура, она была широко использована идеологами Возрождения, играла значительную роль и в последующие эпохи, получая различную интерпретацию в науке и искусстве.

Примерно к началу VI в. до н.э. древние греки, научная мысль которых предвосхитила многие позднейшие научные открытия, обратили свое внимание на природу Вселенной и на структуру составляющих ее веществ. «Теоретическое естествознание, – писал Ф. Энгельс, – если оно хочет проследить историю возникновения и развития своих теоретических общих положений, вынуждено обращаться к грекам»\*. Первыми мыслителями древности, которые впервые попытались найти *научное* объяснение разнообразным явлениям природы, в том числе и химическим процессам, безусловно, были античные *натурфилософы*.

Занятия научными изысканиями не регламентировались в Древней Греции государственными или религиозными институтами – они были частным делом свободных граждан и поэтому не имели сугубо практической направленности, характерной для египетской или вавилонской науки. Античные мыслители стремились придать своим научным концепциям общезначимость, сделать их приемлемыми для всех людей, независимо от того, каким богам они поклоняются\*\*.

Философская система, созданная древнегреческими мыслителями, впоследствии получила название *натурфилософии*\*\*\* (от нем. Naturphilosophie).

\* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 369.

\*\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 204.

\*\*\* Интерес к природе в эпоху Возрождения вызвал новый расцвет натурфилософии (Дж. Бруно, Б. Телезио, Т. Кампанелла, Дж. Кардано, Парацельс, Ф. Патрици). В немецкой классической философии получила особенное развитие у Ф. В. Шеллинга и его последователей (Л. Окен, Х. Стеффенс, Г. Карус, Г. Шуберт, Д. М. Велланский и др.). Развитие экспериментального естествознания в новое время привело к вытеснению натурфилософии теориями природы, базирующимися на естественнонаучных данных.

Натурфилософию понимают как философию природы, умозрительное истолкование природы, рассматриваемой в ее целостности. Центральной проблемой натурфилософии оставался вопрос о *происхождении Вселенной* или вообще о природе вещей, поэтому даже психологию и этику стремились обосновывать с позиций *космологии*. Космологизм составлял специфическую особенность древнегреческой философии, отличавшую ее от средневековой и новоевропейской философии.

Греческую науку и философию (по крайней мере в классический период) характеризуют, если иметь в виду ее методологию, три основные черты:

а) *созерцательность*;

б) *противопоставление теории практике*, отразившее отношение к умственному и физическому труду в древнегреческом рабовладельческом обществе;

в) *принцип разумного миропонимания* или *рационального обоснования*, следуя которому, греческая философия, возникнув на почве древней мифологии, разрушила мифы и расчистила путь для подлинно научного исследования.

Древнегреческая философия была *созерцательна* как в том смысле, что мысль была направлена на мир в целом (причем картина мира должна была складываться на основе рационального миропонимания), так и в том – что познание понималось древними греками как теория – созерцание. Именно созерцание, чувственное или умственное, античные мыслители представляли главным средством и смыслом научного познания действительности\*, а не изучение способов получения вещей и методов их практического применения.

Другими словами, древнегреческие философы первыми занялись тем, что сегодня называется *теоретическим естествознанием*. Несомненно, проблема генезиса химической науки может быть правильно поставлена и продуктивно решена только в том случае, если она формулируется в рамках более широкой проблемы – генезиса теоретического мышления вообще\*\*. Поэтому, хотя и с определенными оговорками, можно вести речь о том, что *в работах натурфилософов присутствуют зачатки химической теории\*\*\**. Античных мыслителей прежде всего интересовала *суть* вещей и процессов. Отсюда можно сделать вывод, что древнегреческие натурфилософы нередко и природные явления рассматривали лишь *умозрительно*, пытаясь получить естественнонаучные знания на основе *наиболее общей системы взглядов*.

Вторая отличительная черта древнегреческой науки проявилась в одностороннем предпочтении теории практике. Об этом, в частности, свидетельствовал Аристотель в своей «Метафизике»: «Но все же знание и понимание мы приписываем скорее искусству, чем опыту, и ставим людей искусства выше по мудрости, чем людей опыта, ибо мудрости у каждого имеется больше в зависимости от знания: дело в том, что одни знают причину, а другие – нет»\*\*\*\*.

\* См.: Гриненко Г. В. История философии. – М.: Юрайт, 2006.

\*\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 74.

\*\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 55.

\*\*\*\* См.: Аристотель. Сочинения: В 3 т. – М.: Мысль, 1975–1981.

Главным устремлением античных натурфилософов, оказавших большое влияние на дальнейшее развитие естественнонаучных знаний, было постижение *общих закономерностей* устройства мира. Анализ частных интересовал их в гораздо меньшей степени. Более того, зачастую наука рассматривалась не как результат практической деятельности или вид человеческого труда, а как продукт досуга, т.е. времяпрепровождения, свободного от труда. Многие исследователи античной натурфилософии отмечают, что большинству греческих ученых была абсолютно чужда даже мысль о том, что научная деятельность может быть подчинена практическим интересам. Эрнст Мейер указывал: «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»\*. Повышенный интерес древнегреческие философы проявляли только к тем явлениям и предметам, изучение которых подтверждало правильность наиболее общих положений натурфилософии. И хотя отдельные примеры говорят о весьма точных и детальном познаниях древнегреческих натурфилософов, все же приоритетным для них было проникновение в тайны общих законов мироздания, а не изучение отдельных отраслей естествознания.

Положение химии как самостоятельной отрасли естествознания в этот период четко сформулировал один из первых исследователей истории данной науки Герман М. Копп: «Каким бы важным ни был подъем, 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»\*\*.

Что касается принципа *разумного обоснования*, означающего в вопросах знания отказ от всякого религиозного или исторического авторитета и замену его авторитетом человеческого разума, становящегося судьей в вопросах истины, то он заставил уже в VI в. до н.э. при решении космогонических и космологических проблем отказаться от мифа и искать объяснения явлений природы в ее строении. Тот же принцип разумного миропонимания господствует и в философских течениях V и IV вв. до н.э., начиная материалистической школой Левкиппа и Демокрита и кончая идеалистическим рационализмом Сократа и Платона.

Философские школы греков были свободными объединениями, в которых вокруг основателя того или иного течения собирались единомышленники и ученики. Первой из таких школ была *милетская* школа (VI в. до н.э.), основанная Фалесом,

\* См.: Meyer E. Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zu Gegenwart, 4. Aufl. – Leipzig, 1914. – S. 5.

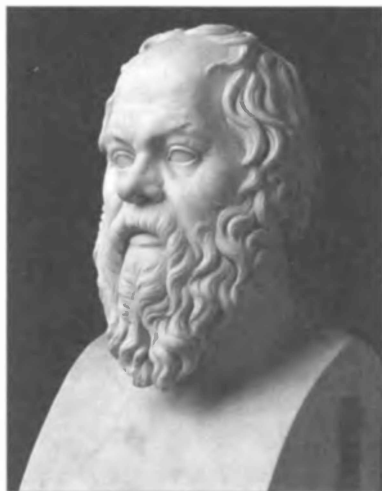
\*\* Штрубе В. Указ соч. – С. 54.

которую еще иначе называют *ионийской*. Другой ранней школой древнегреческой философии являлся *пифагореизм* (основан Пифагором в VI в. до н.э.). Пифагорейцы считали началом всего сущего число. Вначале вещи они отождествляли с числами, позже через числа стали осмысливать принципы и причины вещей. Согласно учению пифагорейцев, в числе осуществляется синтез единства и множества, и оно является основанием всякой меры, гармонии и пропорциональности. Наряду с бесконечностью пифагорейцы принимали предел, а Вселенная рассматривалась как гармоническое объединение противоположных начал через число.

Мысль о *едином неизменном начале всего* была оформлена философами *элейской школы* (VI–V вв. до н.э.) через учение о вечности истинно сущего бытия. Основателем элейской школы был поэт Ксенофан из Колофона. Законченную форму учение элеатов получило у Парменида, провозглашавшего истинно сущее как единое, вечно неизменное, неподвижное бытие, которое не может ни происходить из ничего, ни обращаться в ничто.

В V в. до н.э. философская мысль концентрировалась в Афинах, ставших после окончания персидских войн экономическим, политическим и культурным центром всей Эллады. В это время начался новый период древнегреческой философии, который неразрывно связан с именем Сократа. Этот античный мыслитель отказался от исследования космологии и перенес исследование в нравственную область, стремясь найти всеобщее и безусловное знание не в чем-то внешнем, а в себе самом. «Познай самого себя» – это изречение древнегреческого ученого стало своеобразным девизом всей его философской системы. В учении Сократа самопознание есть начало мудрости и истинной человеческой деятельности, теоретической и практической. Обличая мнимое знание, Сократ отыскивал универсальное начало разумного познания. Он утверждал нравственное достоинство человека как свободного и разумного существа, призванного осуществлять высшую правду.

Ранняя древнегреческая натурфилософия досократовского периода (милетская, элеатская школы и пифагореизм) явилась, по существу, *первой исторической формой* философии вообще. Ее расцвет в значительной мере был обусловлен не только очевидными успехами античных математиков, но и знаниями и умениями, накопленными ремесленниками в области прикладной химии. Как уже было отмечено выше, развитию оригинальных натурфилософских концепций безусловно способствовало более демократическое государственное устройство полисов Древней Греции по сравнению с Вавилоном или Египтом. Однако явное противопоставление идейного мира египтян и вавилонян, с одной стороны, и греков – с другой, не вполне оправданно. Принимая во внимание очевидные особенности



Сократ (ок. 470–399 гг. до н.э.).  
Мраморный бюст

уклада жизни, верований и социально-политического устройства в различных государствах Древнего мира, необходимо признавать, что их народы все же стояли на одной и той же ступени исторического развития, для их мировоззрения было характерно наличие гораздо большего числа общих черт, нежели различий. Этот факт ярко иллюстрирует процесс достаточно органичного смешения и взаимного проникновения культурных и научных традиций античной Греции и стран Ближнего Востока, наблюдавшийся после военных походов Александра Македонского. Греки не только распространили эллинизм на все покоренные территории, но и сами впитали многое из духовного наследия завоеванных народов.

При изучении достижений античной натурфилософии, а также ее влияния на последующее развитие всего естествознания следует учитывать историческую ситуацию: в умах подавляющего большинства людей, даже имеющих отношение к изучению природы в различных ее проявлениях, *теории* противопоставлялся *миф*, *познанию* – *вера*, *философии* – *религия*, а потому было особенно важно найти всеобщее объяснение законов материального мира. Для того чтобы в сознании древних греков сформировалось уважение к философии и ее творцам, не достаточно было объяснять лишь отдельные явления природы, необходимо было создать стройную, логически непротиворечивую систему представлений, которая помогла бы объяснить сущность многочисленных явлений без привлечения сверхъестественных сил и заменила бы религиозные учения.

Идеи античной натурфилософии продолжали влиять на научную мысль всех последующих периодов. В своей книге «Диалектика природы» Ф. Энгельс писал: «...В многообразных формах греческой философии уже имеются в зародыше, в процессе возникновения, почти все позднейшие типы мировоззрений».

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 *предметно-конкретным*.

Ф. Энгельс писал: «Люди стоят перед противоречием, 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»\*.

Несмотря на явный недостаток первоисточников, все же удастся проследить эволюцию главных особенностей свободного от религиозных канонов мышления первых античных натурфилософов. С нашей точки зрения, особый интерес вызывают их взгляды на протекание химических реакций, поскольку уже во время на-

\* См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 36.

чальной фазы накопления научных знаний представления о взаимном превращении веществ развивались в русле общего понимания природы материального мира.

### 3.3. Формирование абстрактных понятий

В рамках нашей темы особенно интересно рассмотреть развитие этого вида умственной деятельности людей по следующим направлениям: во-первых, узнать, на какой основе возникли абстрактные понятия. (При этом целесообразно учесть, какую роль при формировании абстрактных понятий играли наблюдения древних ремесленников за химическими процессами, которые они проводили.) 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 «хитроумием» ремесленников. Постепенно возможности людей поднимались на новый качественный уровень: человек отчасти научился управлять ранее противостоявшими ему силами природы, которым в тот исторический период еще продолжали приписывать божественное происхождение. Постепенно в сознании людей появились мысли о том, что могущество богов не безгранично, и они вынуждены раскрывать человеку свои тайны. Однако еще довольно долгое время люди продолжали оставаться в плену мифологических представлений и пытались объяснить природные явления и превращения веществ «божественным промыслом». Только благодаря многолетнему опыту проведения разнообразных производственных процессов были накоплены и систематизированы знания о превращениях веществ. Все современные естественные науки впоследствии возникли на основе осмысления этих первоначальных знаний и навыков.

*Первые теоретические взгляды* в эпоху античности базировались на следующих положениях\*:

- а) любые действия или поступки вызывают соответствующие ответные реакции;
- б) определенные природные процессы можно повторить в искусственных условиях, если разработать представления о специфике их протекания.

Знания, полученные из наблюдений, подготовили античных мыслителей к объяснению законов природы. Насколько известно, древнегреческие филосо-

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 58.

фы наблюдали превращения различных веществ и в природе, и в ремесленной практике. Однако по степени достоверности представлений о превращениях веществ их взгляды существенно различаются. Также достаточно разнообразными были и подходы к пониманию сущности процессов превращения одних веществ в другие.

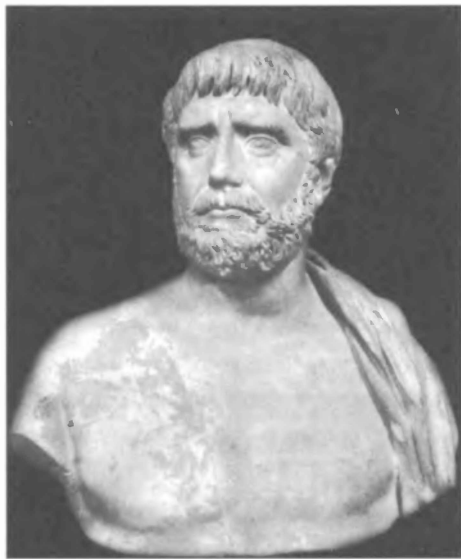
Определяющей стадией интеллектуального развития античного общества стало выдвижение первыми натурфилософами представлений о том, что «в основе вещей лежат лишь материальные первопричины»\*. Это положение о единстве происхождения мира, о первоматерии, первичном веществе – *элементе* или *субстанции* присутствовало практически во всех натурфилософских концепциях. Разница состояла лишь в том, как философы эту субстанцию называли, и считали ли ее единой или существующей в нескольких формах. В основе всех этих суждений лежала мысль о том, что не *божественное* или *духовное*, а *материальное* начало является 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 вопросы:

- а) материальность мира;
- б) невозможность появления «из ничего» новой материи и ее полного исчезновения (превращения в «ничто»);
- в) способность материи принимать различные формы, способные к взаимному превращению, при сохранении ее основной субстанции.

Наименование основных субстанций явилось второй проблемой античной натурфилософии, имеющей определенное значение, поскольку взгляды натурфилософов в этой сфере способствовали эволюции представлений о природе веществ. Как правило, первичной материей различные философы древности считали наиболее важные для жизни человека *вещества* или явления окружающего мира – *стихии*.

Появление зачатков «химической теории» можно связать с именами представителей ионийской философской школы (табл. 3.1), которые первыми среди мыслителей раннего досократовского периода античной натурфилософии стали задумываться над этой проблемой, и прежде всего с именем Фалеса.



Фалес из Милета

(ок. 640 г. до н.э. – ок. 546 г. до н.э.)

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 87.

По мнению многих ученых, Фалес является зачинателем методологии современного естествознания. Еще в VI в. до н.э. в поисках первоосновы всего сущего Фалес остановил свой выбор на *воде*. Однако существует мнение, что первые натурфилософские концепции основателей ионийской школы еще глубоко погружены в стихию мифа\*. Следовательно, учение об элементах-стихиях, развитое представителями ионийской школы, извлечено ими из размышления над мифическими началами, и поэтому развито в форме космогонических теорий. При таком подходе вода у Фалеса – деятельная, одушевленная и господствующая. Именно в таких качествах она издревле была представлена в основе многих древнейших космогонических мифов\*\*.

Т а б л и ц а 3.1

*Наиболее важные достижения  
античных греческих натурфилософов досократовского периода*

Ионийская школа		
Представители школы	Фалес (640–546 гг. до н.э.) Анаксимандр (610–547 гг. до н.э.) Анаксимен (585–525 гг. до н.э.) Гераклит (540–475 гг. до н.э.)	Вода «Апейрон» Воздух Огонь
Наиболее важные достижения	Начало отделения естествознания от религии (в отличие от Древнего Египта и Месопотамии) Все вещества – разновидности основной субстанции	
Анаксагор (500–428 гг. до н.э.)		
Наиболее важные достижения	Беспрельдно делимые материализованные совокупности качеств (гомеомерии)	
Эмпедокл (490–430 гг. до н.э.)		
Наиболее важные достижения	а) 4 стихии: огонь, воздух, вода, земля; б) 2 силы: любовь и вражда; в) химическое число: изменение пропорции элементов; г) теория пор	

Учение Фалеса о существовании *некоего первоначала* было воспринято и последующими философами. Однако на вопрос, является ли таковым именно в о д а, они отвечали по-разному: Анаксимен из Милета полагал, что первооснова Вселенной – в о з д у х; Гераклит и Гиппий из Элиды ставили на первое место о г о н ь (см. табл. 3.1). Весьма важными для развития философии и естествознания оказались попытки создания представлений о многообразии проявлений и функций ве-

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 74.

\*\* Там же. – С. 75.



шеств, возникших из определенной первичной субстанции: например, пифагорейцы считали действие огня и солнца похожими.

Автором наиболее общих натурфилософских представлений был ученик Фалеса – Анаксимандр (610–547 гг. 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. Характеризуя учение о начале вещей «тех, кто первыми занялись философией», Аристотель избирает в качестве корректного определения такого начала именно формулировку Анаксимандра (см. гл. 3, п. 3.5)\*. Заслуга Анаксимандра в истории науки состоит прежде всего в деантропоморфизации и демифологизации картины мироздания, хотя некоторые ее элементы могли быть заимствованы из космологических представлений народов Востока\*\*.



Анаксимен из Милета  
(585–525 гг. до н.э.)



Анаксимандр (610–547 гг.  
до н.э.). Барельеф

Для развития натурфилософской мысли не имело существенного значения, является ли первоматерия конкретным веществом (воздух, вода, земля) или неопределенным «принципом» (апейрон), важно, что впервые в умах людей родилась гипотеза о материальности мира, его единстве и многообразии.

Центральной проблемой античной натурфилософии был вопрос о том, как многообразие веществ могло возникнуть из одной или нескольких первичных субстанций. Анаксимандр пытался объяснить это с помощью понятия «*движение*», которое он считал свойством «апейрона». Одновременно философ использовал понятие «*противоположность*». Анаксимандр предполагал, что противоположность является силой, побуждающей развитие, т.е. причиной возникновения субстанций из их «первоосновы» и приобретения ими важнейших качеств. В своем представлении о вечной повторяемости мировых процессов Анаксимандр приближался к формулированию категории «*необходимость*». Эти мысли Анаксимандра имели очень большое значение для формирования новых понятий – философских *категорий*. Так слова, обозначающие абстрактные величины, становились орудиями философского исследования. Сформулированные Анаксимандром категории – *движение*, *противоположность*, *необходимость* – столь содержательны, что до сих пор являются важным инструментом научного познания.

\*\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 83.

\*\* Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 207.

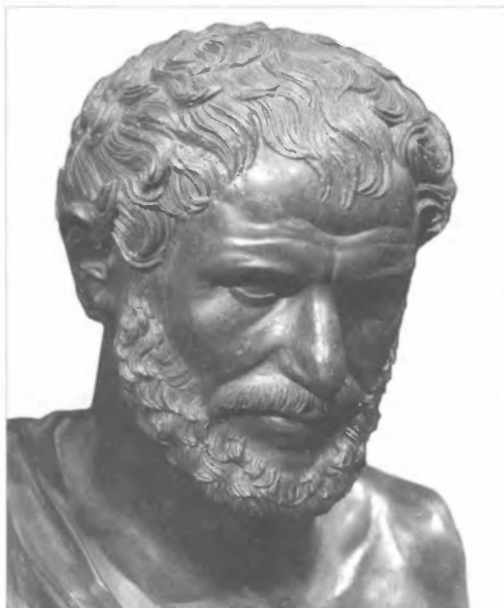
После Фалеса и Анаксимандра следующий значительный шаг вперед в развитии естественнонаучных взглядов сделали натурфилософы Анаксимен и Гиппий из Элиды, которые ввели понятия «сгущение» и «разрежение». Они привлекли данные категории, чтобы объяснить на основе наблюдений явлений природы возникновение веществ из одной первичной субстанции – «воздуха» или «огня», а также 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. На завершающей стадии происходило совершенствование знаний о процессах и одновременно более широкое обобщение термина и наконец его признание и широкое использование в научной деятельности.

Большая группа новых понятий была введена пифагорейцами, элеатами и последователями философии Гераклита. Особенно много было сделано этими натурфилософами для изучения количественных отношений свойств тел окружающего мира, которые в эпоху античности считались отражением их сущности. По представлениям пифагорейцев, число – основа всего существующего. Кроме чисел символами тел могут быть геометрические фигуры. Пифагорейцы рассматривали «противоположность» в тесной взаимосвязи с другими качествами тел. Таким образом, именно они положили начало диалектической трактовке этой категории.

Пифагорец Алкмеон Кротонский (ок. 500 г. до н.э.) выдвинул концепцию человеческого тела как микрокосма и сбалансированной системы противоположностей. Развивая эту мысль, он пришел к заключению, что заболевание есть нару-

шение «равновесия сил» в человеческом организме. В эпоху античности взгляды Алкмеона были с пониманием восприняты многими натурфилософами и врачами. Во времена Возрождения Парацельс, один из основателей ятрохимии, положил похожее представление в основу своих воззрений о функционировании человеческого организма (см. гл. 5, пп. 5.1, 5.2). Представления Алкмеона о *равновесии сил* использовались Гераклитом, Эмпедоклом, Демокритом в разработке учений об отношениях противоположностей (в попытках решить проблему взаимодействия веществ).

Гераклит в созданной им теории противоположностей более точно определил «равновесие сил» как результат единства противоположностей. Главный труд Гераклита – книга «О при-



Гераклит Эфесский (около 550 г. до н.э. – около 480 г. до н.э.)

роде» сохранилась в отрывках, но часто цитируется в работах более поздних античных философов: Платона, Аристотеля и др. Эта книга состояла из трех частей – о природе, о государстве и о Боге – и отличалась оригинальностью содержания, образностью и афористичностью языка. Вместе с тем, она была трудна для понимания, за что уже в античные времена Гераклит получил прозвище Скутинос (Темный).

Основная идея Гераклита заключается в том, что в природе нет ничего постоянного. Именно Гераклиту приписывалось знаменитое изречение «нельзя дважды войти в одну и ту же реку». Одно постоянно переходит в другое, меняя свое состояние. Символическим выражением всеобщего изменения для Гераклита является огонь. Огонь есть непрерывное самоуничтожение, он живет своей смертью. Гераклит также ввел новое философское понятие – *логос* (слово), подразумевая под этим принцип разумного единства мира, который упорядочивает его при помощи смешения противоположных начал. Человеческий разум и логос, по мнению мыслителя, имеют общую природу, но логос существует в вечности и управляет космосом, частицей которого является человек.

Противоположности представлялись Гераклиту движущей силой, которая вызывает превращения веществ и изменение их качеств. Противоположности находятся в вечной борьбе, порождая новые явления («раздор есть отец всего»). Для химии особенно важно представление о соединении друг с другом различных веществ. «Вещи соединяются, – считал Гераклит, – за счет существующих между ними отношений противоположностей»\*. Античный философ полагал, что взаимодействие противоположностей может определять не только гармонию, но и противоречия в мире. Мир как противоборство противоположного Гераклит передавал образом мира-схватки, мира-сражения («полемос»). Образ всеобщего сражения, которым охвачено все сущее в целом и в котором каждое сущее схвачено в том, что собственно оно есть, оказывается также и образом понимания всего и каждого. Таковым у Гераклита предстал всеобщий ум в отличие от частных недоразумений, единая и единственная мудрость, соответствующая складу самого сущего, тому, как множество сущего слагается в единство бытия.

Еще Аристотель обращал внимание на неопределенность высказываний Гераклита, вследствие чего практически каждое изречение можно трактовать по-разному. Гераклит попытался ответить на вопрос, как *все* есть *одно*, или что такое (одно) *бытие* (множественного) *сущего*? Самый известный ответ на этот вопрос состоит в тезисе «все течет, ничто не покоится». В существовании многого проистекает единое бытие. Быть – значит постоянно становиться, перетекать из формы в форму, обновляться, подобно тому, как та же самая река несет новые и новые воды. Другой метафорой бытия как постоянно происходящего оказывается у Гераклита огонь. Строй самодовлеющего мира («космос») есть «вечно живой огонь, мерно возгорающийся, мерно угасающий».

\* Цит. по: Штрубе В. Указ. соч. – С. 61.

Взгляды Гераклита способствовали развитию *диалектических представлений* о природе и закономерностях природных явлений. Его философская система в какой-то мере заложила основы *теории научного познания*. Например, она впервые четко разграничила *чувственное* восприятие мира от его познания с помощью разума. Чувственное восприятие, по мнению философа, – основа наблюдений за явлениями природы и их осмысления, но чувственный опыт сам по себе еще недостаточен для возникновения знаний, «разум должен использовать его как мерило истины»\*, иными словами, теория или *научное познание* должны использовать *практику* как критерий правильности выдвигаемых гипотез. Учение Гераклита оказало значительное влияние на натурфилософские теории эпохи Возрождения. Без особого преувеличения можно сказать, что развитие этих представлений Гераклита в дальнейшем составило один из центральных вопросов *диалектики познания*, заинтересованной в детальном изучении взаимосвязи практики и теории.

Определенный вклад в развитие натурфилософии внесли представители элейской философской школы, несмотря на то, что по многим проблемам они придерживались взглядов, противоположных воззрениям Гераклита. Например, диалектике Гераклита один из представителей элейской школы Парменид противопоставил *метафизику*. Он утверждал, что образование и превращения веществ существуют лишь в представлениях человека, что явления природы также на самом деле не существуют, доверяться чувственному опыту нельзя, а истинные знания можно получить лишь в результате умозаключений. Отрыв знания от чувственного восприятия и от практического опыта вообще привел представителей элейской школы к ложным умозаключениям: отрицанию реального существования вещей, попыткам доказательства невозможности движения. Зенон из Элеи подтверждал учение Парменида о единстве и неподвижности бытия диалектическими аргументами, показывая, что противоположные ему обычные представления о множественности и движении распадаются во внутренних противоречиях. Для обоснования невозможности движения, пространства и множественности вещей он высказал свои знаменитые парадоксы или апории – «Ахиллес и черепаха», «Стрела», «Дихотомия» и «Стадион»\*\*.

В то же время представители элейской философской школы впервые попытались 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). Хотя элеаты и подняли философскую мысль до уровня абстрактных обобщений, но свое самое пристальное внимание они сосредоточили на поисках «вечных истин», основ явлений и вещей, названных позже Платоном «идеями».

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 61.

\*\* См.: Асмус В. Ф. Античная философия. – М.: Высшая школа, 2005. – С. 31.

### 3.4. Учение Эмпедокла об элементах

Первая попытка объяснить устройство окружающего мира с позиций обобщенной теоретической системы принадлежит Эмпедоклу из Агригента на Сицилии. Как свидетельствуют историки, Эмпедокл был прославленным философом, большим знатоком ремесел и искусным врачом. Он слыл не только чрезвычайно тонким наблюдателем явлений живой и неживой природы, но и хорошим специалистом в ремесленной и фармацевтической практике. Существуют гипотезы, что Эмпедокл сам изготавливал лекарства. Ему были известны не только многочисленные вещества, но и способы их приготовления\*. Жизнь и даже смерть Эмпедокла овеяны множеством легенд, в которых он предстает как мудрец, врач и чудотворец сверхчеловеческой мощи\*\*. (Например, ему приписывают воскрешение женщины, находившейся до этого целый месяц без дыхания.) В историю греческой культуры он вошел как выдающийся философ, поэт, мастер ораторского искусства и основатель школы красноречия на Сицилии.



Эмпедокл из Агригента  
(ок. 490 – ок. 430 гг. до н.э.)

Эмпедокл старался диалектически осмыслить первые опыты предшествующих философов в познании природы на основе единой стройной системы; его представления ознаменовали наступление первого этапа наивысшего развития знаний античной эпохи, когда были диалектически осмыслены важнейшие понятия в их тесной взаимосвязи.

Анализ взглядов Эмпедокла целесообразно начать с наиболее разработанного им учения об элементах, в основе которого лежит представление о *четырёх* вечно существующих первичных субстанциях (первостихиях, первоэлементах): *огне, воде, воздухе, земле*. Сам Эмпедокл называл их «корнями всех вещей»\*\*\*. Выделение четырех элементов как основы материального мира стало первой в науке попыткой классификации веществ, исходя из общего принципа (выражаясь современным языком) *агрегатных состояний*. Важную роль играло описание специфики первоэлемента с помощью сочетаний *неизменных качеств* – сухости, влажности, тепла и холода. Во всяком случае, именно Эмпедокл первым попытался охарактеризовать неизменные качества первичных элементов, которые можно определить при помощи органов чувств человека. Согласно данному учению,

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 62.

\*\* См.: Асмус В. Ф. Указ. соч. – С. 35.

\*\*\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 216.

огонь – теплый и сухой, вода – влажная и холодная, воздух – влажный и теплый, земля – сухая и холодная.

Среди элементов Эмпедокла особую роль играл огонь – «огненное вещество», «растворенное» в воздухе. Эмпедокл попытался диалектически осмыслить протекание природных процессов. Поэтому он рассматривал особенности взаимодействия частиц в процессе их движения, в результате которого происходит не только образование, но и распад веществ, который также протекает «согласно природе вещей». Оригинально и другое умозаключение Эмпедокла: все сущее может быть одновременно *единым и многообразным*.

У Эмпедокла первоэлементы заполняют все пространство и находятся в постоянном движении, перемещаясь, смешиваясь и разъединяясь. Они неизменны и вечны. Все вещи как бы складываются из этих стихий, «вроде того, как стена сложена из кирпичей и камней». Эмпедокл отвергал мысль о рождении и смерти вещей и считал, что они образуются посредством смешения и соединения стихий в *определенных пропорциях*: например, кость, по его мнению, состоит из двух частей воды, двух частей земли и четырех частей огня.

Очень важным, с точки зрения химии, было также представление Эмпедокла о том, что из четырех элементов образуются мельчайшие «осколки»\*. Оно позволяет утверждать, что Эмпедокл первым связал многообразие качественно различных веществ с взаимодействием этих «осколков» между собой. 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 выдвинуть новые теории, объясняющие многообразие веществ. Это и сделал Эмпедокл, впервые применив понятия «*объединение*» и «*разъединение*». Воззрения Эмпедокла отличались оригинальностью и в самой постановке вопроса об особенностях протекания «соединения» и «разъединения» частиц элементов: источником движения, происходящего в природе, являются не сами «первостихии», так как они неизменны, а две противоположные силы – «любовь» (Φίλος) и «вражда» (Νείκος). Эти две силы обладают вполне определенными физическими качествами, так, «липкая любовь» имеет все свойства влаги, а «губительная вражда» – свойства огня. Таким образом, весь мир представляет собой процесс смешения и разделения смешанного. Если начинает господствовать «любовь», то образуется Сфайрос – шар, при котором «вражда» находится на периферии. Когда «вражда» проникает в Сфайрос, то происходит движение стихий, и они оказываются разделенными. Затем начинается обратный процесс, который заканчивается воссозданием Сфайроса – однородной неподвижной массы, имеющей шаровидную форму\*\*.

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 63.

\*\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 217.

Концепция Эмпедокла сводится к следующей схеме: в мире существует единство и множество, но не одновременно, как у Гераклита, а последовательно. В природе происходит циклический процесс, в котором сначала господствует «любовь», соединяющая все элементы – «корни всех вещей», а затем воцаряется «вражда» («ненависть»), разъединяющая эти элементы. Когда господствует «любовь», в мире воцаряется единство, а качественное своеобразие отдельных элементов пропадает; когда же побеждает «вражда» («ненависть»), проявляется своеобразие материальных элементов, т.е. множественность сущего. Господство «любви» и господство «вражды» разделяется переходными периодами, из этих повторяющихся циклов и состоит мировой процесс. В контексте всех происходящих изменений сами элементы не возникают и не уничтожаются, они вечны.

«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*». Философ считал, что многообразные вещества образуются в результате качественно различных объединений частиц первоэлементов. Таким образом, становилось понятным существование разнообразных форм материи и возможности ее превращений.

Учение Эмпедокла значительно расширило взгляды на природу взаимодействия веществ. Его представления о «*порах*», «*симметрии*», «*избирательном сродстве*» – теоретические модели предполагаемого элементарного строения различных веществ, отражающие их способность к соединению\*. Предположения, что частицы элементов различаются по структуре и имеют поры, через которые могут проникать друг в друга, было по своей сути механистическим. В то же время биоморфные гипотезы Эмпедокла о симметрии и избирательном сродстве, об объединении и разъединении, о «живущих» и «страдающих» частицах элементов способствовали развитию динамического направления в натурфилософии.

В своей философской концепции Эмпедокл высказывал много гениальных мыслей, которые в то время еще не могли быть подтверждены эмпирически. Так, он писал, что свету требуется определенное время для своего распространения. (Даже Аристотель в IV в. до н.э. считал это мнение ошибочным.) Столь же замечательной была идея Эмпедокла о выживаемости биологических видов, которые отличались целесообразностью. В этом высказывании можно заметить слабые зачатки теории естественного отбора.

Эмпедоклу принадлежит и ряд замечательных гипотез в области медицины: так, он полагал, что невозможно овладеть врачеванием, если не знать, не исследовать человека. В своей теории чувственного восприятия Эмпедокл выдвигал глубокую мысль, что этот процесс зависит от строения телесных органов. Он полагал, что подобное постигается подобным, поэтому органы чувств приспособа-

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 111.

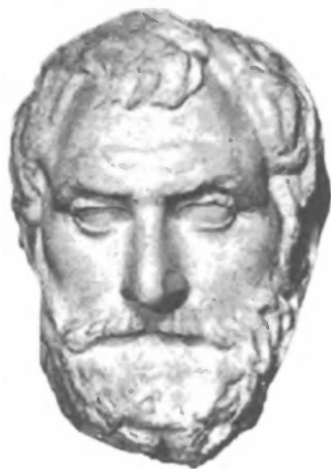
ливаются к ощущаемому. Если же орган чувств в силу своего строения не может приспособиться к воспринимаемому, то предмет не ощущается. Органы чувств имеют своеобразные поры, через которые проникают «истечения» от воспринимаемого объекта. Если поры узкие, то «истечения» не могут проникнуть, и восприятия не происходит. Теория ощущений Эмпедокла оказала большое влияние на последующую древнегреческую философскую мысль.

В дискуссиях ученых XVIII в. основные положения учения Эмпедокла играли важную роль. Они подготовили почву для формирования представлений о *сродстве* как причине *химического взаимодействия*\*. Представления Эмпедокла, переосмысленные и развитые в работах более поздних античных философов, оказали значительное влияние на развитие естествознания вплоть до XVIII в.

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.

Другой греческий мыслитель – Анаксагор был прямым продолжателем идей представителей милетской школы. Философские идеи Анаксагора, изложенные в книге «О природе», представляют собой пик развития греческой философии древнейшего периода.

В основе физического учения Анаксагора лежало представление о «*существующих вещах*», которые не могут ни возникнуть, ни уничтожиться, и из соединения которых рождаются более сложные образования\*\*. Другими словами, основой всего материального Анаксагор представлял количественное соотношение различных качественно-определенных элементарных частиц («семена вещей» или «*гомеомерии*», «подобочастные», как их позднее обозначил Аристотель). Возникновение и исчезновение вещей греческий философ трактовал как результат соединения или разделения делимых до бесконечности «*гомеомерий*» вещества. Следовательно, возникновения и уничтожения элементов-стихий нет, а есть только



Анаксагор (500–428 гг. до н.э.)

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 63.

\*\* См.: Рожанский И. Д. Анаксагор: у истоков античной науки. – М.: Наука, 1972.



изменение того, что уже всегда было, есть и будет. Анаксагор впервые ввел понятие о бесконечном множестве элементарных частиц. Оригинальной чертой его теории материи был принцип «все во всем» или «во всем есть часть всего»\*. Таким образом, в развитие естественнонаучных знаний Анаксагором был введен новый классификационный принцип: *различные вещества образуются соответственно из качественно неодинаковых частиц первоматерии*. Данный подход обусловил 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.

Причиной движения материи, ее изменения и относительного расположения Анаксагор считал «нус» (νοῦς – ум, разум) как объективную реальность. Анаксагор приписывал разуму роль основополагающего «принципа». В то же время многообразие веществ Анаксагор объяснял как возникающее «само по себе». По сути своих взглядов Анаксагор был материалистом. «Видимые вещи, – по его мнению, – являются основой для познания невидимых». Анаксагор считал, что в своей бесконечной делимости частицы веществ достигают размеров, которые выходят за пределы существования необычайно малых частиц первоматерии.

Анализ основных положений натурфилософских систем древнегреческих мыслителей досократовского периода позволяет усмотреть в них не только *зачатки химических теорий*, но также и *истоки научной методологии*.

### 3.5. Платон и Аристотель: учение об элементах-качествах

Наивысшего расцвета в теоретическом обосновании природы веществ линия элементаризма достигла в трудах философской школы, основателем которой является Платон. Он был мыслителем, болезненно ощущавшим кризис афинской демократии. Из 36 дошедших до наших дней сочинений, большая часть посвящена нравственным, эстетическим и другим чисто человеческим проблемам. В своих произведениях Платон искал абсолютные ценности, опору для морали, которая не зависела бы от человеческих установлений.

В Афинах Платон основал Академию – знаменитую философскую школу, над дверями которой, согласно преданию, было написано: «Несведущим в геометрии вход воспрещен». Философия Платона не изложена систематически: произведения представляются современному исследователю скорее обширной лабораторией мысли. В философской системе этого античного мыслителя обычно выделяют три онтологических субстанции: «единое», «ум – нус» и «мировую душу», к которой примыкает учение о «космосе».

Основой всякого бытия, по Платону, является «единое», которое само по себе лишено каких-либо признаков, не имеет частей (т.е. ни начала, ни конца),

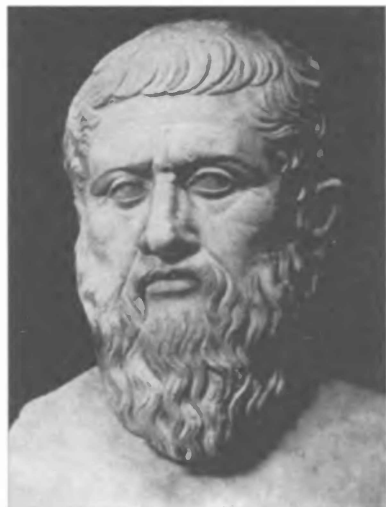
\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 217.

не занимает какого-либо пространства, не может двигаться, поскольку для движения необходимо изменение. К нему не применимы признаки тождества, различия, подобия и т.п. О нем вообще ничего нельзя сказать, оно выше всякого бытия, ощущения и мышления. В этом источнике скрываются не только «идеи», или «эйдосы», вещей (т.е. их субстанциальные духовные первообразы и принципы, которым Платон приписывает вневременную реальность), но и сами вещи.

В качестве второй субстанции Платон выделяет «ум» (нус), который является бытийно-световым порождением «единого» – «блага». Ум, который имеет чистую и не смешанную природу, Платон тщательно отграничивал от всего материального, вещественного. «Ум» интуитивен и своим предметом имеет сущность вещей, а не их становление. «Ум» есть мысленное родовое обобщение всех живых существ, живое существо или сама жизнь, данная в предельной обобщенности, упорядоченности, совершенстве и красоте. Платон полагал, что «ум» воплощен в «космосе», а именно в правильном и вечном движении неба.

Третья субстанция – «мировая душа» – объединяет у Платона «ум» и телесный мир. Получая от «ума» законы своего движения, «душа» отличается от него своей вечной подвижностью. «Мировая душа» – принцип самодвижения. «Ум» бестелесен и бессмертен, а «душа», будучи сама бессмертной, объединяет его с телесным миром. Индивидуальная душа есть образ и истечение «мировой души». Платон говорил о бессмертии или, вернее, о вечном возникновении тела вместе с «душой». Смерть тела всего лишь переход его в другое состояние.

Как указывают многие авторы, теория материи Платона, изложенная в «Тимее», обнаруживает определенное сходство с учением Эмпедокла. Платон признавал четыре первоосновы-стихии основными компонентами материального мира\*. В отличие от Эмпедокла он пытался не просто обозначить существование «элементов», но также изучить природу их невидимых частиц. Платон утверждал, что частицы четырех основных стихий имеют форму правильных многогранников (так называемых *платоновых тел*). Например, частицы земли имели форму куба, огня – тетраэдра, воздуха – октаэдра, воды – икосаэдра\*\*. Поверхность каждого из указанных многогранников можно представить как комбинацию некоторого числа прямоугольных треугольников – либо неравнобедренных (с углами при гипотенузе 30° и 60°) либо равнобедренных (с углами в 45°). Из треугольников первого



Платон (428 или 427 г. до н.э. – 348 или 347 г. до н.э.).

Скульптурный бюст

\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – М.: Наука, 1982. – С. 217.

\*\* См.: Платон. Соч.: В 3 т. – М.: Мысль, 1969–1972. – Т. 3. – С. 496.

типа можно построить частицы огня, воздуха и воды. Треугольники второго типа позволяют получить только кубы, из которых состоит земля.

Платон построил свою химию элементов на основе развитых структурных представлений\*. Согласно теории Платона, по этой причине 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:

1 частица воды (икосаэдр, 20 граней, 120 треугольников)  $\rightleftharpoons$  2 частицы воздуха (октаэдр, 8 граней, 48 треугольников) + 1 частица огня (тетраэдр, 4 грани, 24 треугольника).

Частица воздуха может превратиться в две частицы огня:

1 частица воздуха (октаэдр, 8 граней, 48 треугольников)  $\rightleftharpoons$  2 частица огня (тетраэдр, 4 грани, 24 треугольника).

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\*\*.

Для развития химических знаний большое значение имела разработанная Платоном теория *соединения* первоэлементов. Теория взаимодействия элементов носит у Платона силовой характер. Различные элементы борются друг с другом до тех пор, пока один из них не одолеет другой. Победа означает превращение побежденного элемента в более сильный.

Платон уточнил, что понятие «элемент» применимо лишь к элементам в чистом виде, которые встречаются довольно редко, в его учении элемент «вода» может существовать в различных «формах» с иными 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 греческий философ исходил из предположения, что первичные элементы в чистом виде могут существовать лишь как исключения, обычно они входят в состав различных соединений; большинство доступных чувственному восприятию вещей возникает, как правило, в результате смешения разных первичных элементов. (Например, металлы – это «труднотекущая» или «плавкая» форма воды с небольшим включением «земляных» элементов, которые постепенно выделяются в виде ржавчины.) Таким образом, понятие «химическое соединение» у Платона отсутствует – сложные тела образуются

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 132.

\*\* См.: Платон. Соч.: В 3 т. – Т. 3. – С. 499.

простым смешением элементов. Фактором, дифференцирующим вещества и их свойства, помимо размеров треугольников в его учении выступал количественный элементный состав тел. Платон довольствовался лишь качественной оценкой количественного элементного состава, которая устанавливалась соотношением «больше – меньше»\*.

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. «Идеи» – это предельное обобщение, смысл, смысловая сущность вещей и самый принцип их осмысления. Они обладают не только логической, но и определенной художественной структурой; им присуща собственная, идеальная материя, оформление которой и делает возможным понимать их эстетически. Прекрасное существует и в идеальном мире, это такое воплощение идеи, которое является пределом и смысловым предвосхищением всех возможных частичных ее воплощений; это своего рода организм идеи или, точнее, идея как организм. Дальнейшее диалектическое развитие первообраза приводит к уму, душе и телу «космоса», что впервые создает красоту в ее окончательном виде. «Космос», который в совершенстве воспроизводит вечный первообраз или образец («парадигму»), прекраснее всего. К этому примыкает платоновское учение о космических пропорциях.

Согласно учению Платона, идея не есть «нечто», существующее наряду с материей, она – 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».

Материя для Платона – лишь принцип частичного функционирования идеи, ее сокращенная, уменьшенная затемненная часть. Материя представлялась Платоном как «восприимница» и «кормилица» идей. Материя – это не сущее, сущее же – только идея. Подлинным бытием для Платона является идеальное бытие, которое существует само по себе, а в материи только «присутствует», материя же впервые получает свое существование оттого, что подражает ему, приобщается к нему или «участвует» в нем.

Познание мира идей для Платона являлось высшей формой познания и осуществлялось с помощью чистого умозрения, родственного теоретическому мышлению математика. Ему удалось 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\*\*.

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 134.

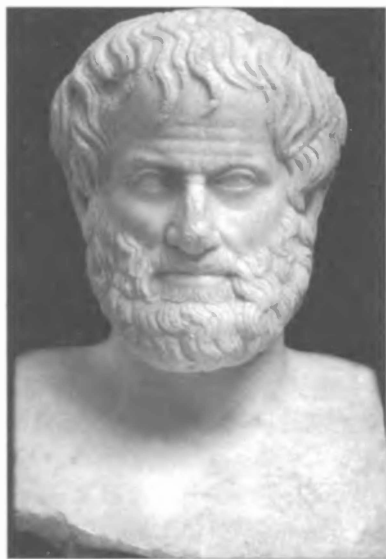
\*\* См.: Асмус В. Ф. Указ. соч. – С. 142–152.

Тем не менее Платон не отвергал и эмпирического знания, получаемого с помощью органов чувств, и придавал большое значение изучению явлений природы. В диалоге «Тимей» Платон описал множество глубоких наблюдений явлений природы, обнаружил недюжинные познания в различных ремеслах. Однако он считал, что эмпирическое знание дает информацию только о мире явлений и поэтому носит лишь приблизительный, вероятностный характер\*.

Изучение Платоном природных явлений сыграло необычайно важную роль для становления *методологии научного познания*. Многие умозаключения Платона долгие столетия оказывали влияние на развитие химических знаний. Теория Платона о возможности взаимопревращения трех из четырех основных «элементов» углубила представления мыслителей античности о структуре вещества. Так, вплоть до 1770 г. считалось, что вода может превращаться в землю, и лишь К. В. Шееле и А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, пп. 6.6, 6.7) опровергли это мнение при помощи количественных экспериментов.

Идеи Платона получили дальнейшее развитие в трудах его ученика и последователя – *Аристотеля*, чья философская система вплоть до XVIII в. играла чрезвычайно важную роль в развитии химических знаний.

Аристотель плодотворно переработал положения более ранних натурфилософских теорий и поднял естественнонаучное знание на качественно более высокую ступень. Вслед за своими предшественниками он занимался анализом значения практики для всего процесса познания. Физика и этика, естественнонаучные и гуманитарные устремления были приведены Аристотелем к гармоничному единству\*\*.



Аристотель (384–322 гг. до н.э.).

Скульптурный бюст

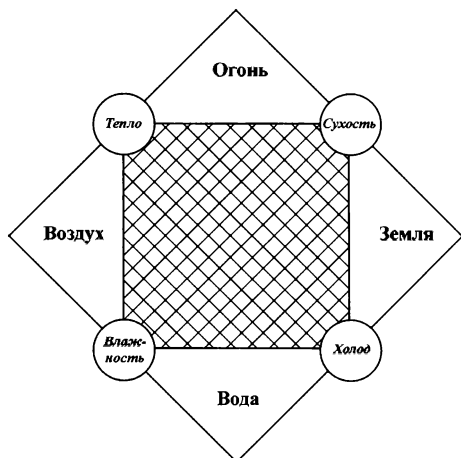
В основе естественнонаучных воззрений Аристотеля лежит его учение о *материи* и *форме*. Античный мыслитель считал, что истинным бытием обладает единичная вещь, которая представляет собой сочетание материи и формы. Понятия материи и формы, по Аристотелю, не абсолютны, но взаимобусловлены. Четыре *элемента-стихии* он считал не столько материальными субстанциями, сколько носителями определенных *качеств*, обнаруживаемых при помощи органов чувств – теплоты, холода, сухости и влажности. Эти четыре свойства материи представлялись ему четырьмя основными «принципами», которые могут включать в себя и различные иные противоположности. По Аристотелю, четыре

основных принципа образуют четыре комбинации качеств: теплое – сухое, теплое – влажное, холодное – сухое и холодное – влажное. Комбинации теплое – холодное и

\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – С. 235.

\*\* Там же. – С. 237.

сухое – влажное он исключал, так как они 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). Поскольку каждый из первичных элементов характеризовался сочетанием двух из этих свойств, Аристотель уже отчетливо представлял себе их «смешение» в виде процесса образования нового вещества со специфическими свойствами. По мнению Аристотеля, из огня и воды может образоваться даже земля, «если огонь потеряет свое тепло, а вода – влажность», а из соединения огня и воздуха возникает воздух, когда вода лишается холода, а огонь – сухости\*. Качества или *принципы* (сухой, холодный, влажный и теплый) являлись одновременно и потенциальными возможностями существования различных видов материи. Согласно Аристотелю, в основе каждого вида материи непременно лежала борьба между противоположными принципами (сухой – влажный, теплый – холодный). Таким образом, все многообразие вещественного мира возникло из четырех основных «элементов» в результате их смешения. Важнейшие качества каждого вещества определялись преобладающим в нем «элементом».



*Представления Эмпедокла, Платона и Аристотеля о строении веществ: все вещества построены из взятых в различных пропорциях четырех основных элементов-стихий (качеств): земли (камня), воздуха, огня и воды*

Сверх этих четырех стихий Аристотель ввел пятый элемент, (*quinta essentia*) – эфирной, или *духовной природы*. Из этого элемента, думал он, состоят небеса, поскольку они казались неизменными, Аристотель считал эфир совершенным, вечным, нетленным и принципиально отличным от четырех элементов Земли. (Характерно, что до сих пор, имея в виду чистейшую и наиболее концентрированную форму чего-либо, мы говорим «квинтэссенция», используя термин Аристотеля.)

Для развития естественнонаучных знаний плодотворным было дуалистическое представление Аристотеля о «сущем», которое является *единством формы и содержания (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. Согласно взглядам Аристотеля, форма есть проявление того, что в материи заложено лишь как *возможность*, и сущность любого явления содержится в материи в виде возможности.

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 78.

В своей философской системе Аристотель объединил положения учения Платона о первичных элементах и о противоположностях. Борьба противоположностей, по мнению Аристотеля, – самостоятельная движущая сила, определяющая природу материи. Аристотель обогатил представления о возникновении и превращении веществ диалектическими воззрениями о потенциальных возможностях и реальных качествах материи. Он оспаривал положение Платона о возможности образовать физическое тело с помощью операций с бескачественными математическими объектами (треугольниками). Общим итогом критики платоновской натурфилософии явился вывод о том, что физический, т.е. по самой своей сути качественный объект не может быть образован из треугольников, лишенных этих качеств. Аристотель подчеркивал, что причиной такой редукции качества является «недостаточность опыта»\*.

Философ различал три способа взаимного превращения всех *четырёх* (в отличие от Платона) элементов-качеств. Согласно Аристотелю, легко происходит последовательное превращение одного элемента в другой в их естественном (космографическом) порядке. Механизмом такого способа являлась конверсия одного из качеств в другое, противоположное исходному\*\*:

Огонь (теплое + сухое) → воздух (теплое + влажное) → вода (холодное + влажное) → земля (холодное + сухое) → огонь (теплое + сухое) ...

Превращения с одновременным изменением двух качеств протекает более трудно и за больший период времени.

Аристотелю удалось с единой точки зрения рассмотреть проблемы соединения веществ и приобретения ими новых *качеств*. 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 мыслители, допускавшие существование нескольких первичных элементов, могли объяснить возникновение и превращение веществ тем, что «разные первичные элементы соединяются и разъединяются»\*\*\*. Однако все эти теории не объясняли причины возникновения новых соединений с *качественно иными свойствами*.

Аристотель смог приблизиться к решению проблемы, на которую не обратили внимания или не смогли решить его предшественники. В труде «О возникновении и уничтожении»\*\*\*\* он выдвинул принципиально новое диалектическое положение: возникновение новых веществ сопровождается изменением их *качеств*, и тем самым значительно углубил представление о процессе соединения элементов, рассмотрев образование при этом качественно иных веществ. Именно этот вывод Аристотеля оказался очень важным для последующего периода развития естест-

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 136.

\*\* Там же. – С. 145.

\*\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 77.

\*\*\*\* См.: Аристотель. Сочинения: В 3 т. – Т. 3. – С. 379–441.

веннонаучных знаний. Высока заслуга Аристотеля и в разработке подхода к объяснению особенностей протекания химических превращений.

Теория Аристотеля о том, что смесь веществ образует *качественно* новую субстанцию – «миксис», стала базой для новых представлений о процессе взаимодействия веществ. С современной точки зрения, «миксис» у Аристотеля – это и *процесс* образования нового гомогенного соединения, которое при разложении возвращается к исходным веществам, и само *соединение*. Понятие *качественных изменений* Аристотель сделал краеугольным камнем своей теории, однако он практически игнорировал количественное рассмотрение превращений.

Для классификации свойств бытия Аристотель выделил десять предикатов (сущность, количество, качество, отношения, место, время, состояние, обладание, действие, страдание), которые всесторонне определяли субъект. Философ установил четыре начала (условия) бытия: *форма, материя, причина и цель*, причем главное значение отводилось *соотношению* формы и материи.

По Аристотелю, существует иерархия форм, отражаемая иерархией понятий. Наивысшей форме соответствует представление о Боге как «перводвигателе» Вселенной. Аристотель считал, что суть и особенности превращения веществ можно постичь разумом. В основе познания лежит чувственное восприятие, исходящее из опыта (эмпирии). Иными словами, на основе понимания явлений должно выработываться понятие о них.

В эпоху Аристотеля античная натурфилософия достигла высшей стадии развития. В трудах Аристотеля отразился весь научный и духовный опыт Древней Греции, а сам философ стал эталоном мудрости, оказав огромное влияние на ход развития человеческой мысли. Аристотель стал основоположником формальной логики, создателем силлогистики, учения о логической дедукции. Логика у Аристотеля – не самостоятельная наука, а методика суждений, применимая к любой науке. Его взгляды сказывались на развитии 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). Сравнивая взгляды Аристотеля с современным научным знанием, можно прийти к следующему выводу: *древнегреческие философы оказали громадное благотворное влияние на развитие творческого мышления людей, ибо способствовали становлению науки.*

Сильное влияние учения Аристотеля имело и свои отрицательные стороны: поскольку авторитет философа для ученых древности (и особенно Средневековья) был непререкаем, практически никто не решался выступить против его положений. Это оказывало тормозящее действие 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. К тому же в XIII в. система Аристотеля была принята и поддержана католической церковью, что привело к безудержному восхвалению



его взглядов и некритическому отношению к ним. Фома Аквинский (см. гл. 4, п. 4.3) основал направление в католической философии и теологии, соединившее христианские догматы с методом Аристотеля.

Засилие взглядов Аристотеля явилось причиной серьезных заблуждений, которые сказались на развитии науки особенно сильно и вызвали замедление ее развития на довольно длительное время – к примеру, представление о четырех элементах-качествах господствовало в умах естествоиспытателей практически 2000 лет. За это время при изучении явлений природы не было выдвинуто новых основополагающих представлений, в философских учениях лишь развивались мысли, высказанные Аристотелем. Безусловный авторитет античного мыслителя послужил причиной того, что практически до конца XVIII в. химические исследования были сконцентрированы главным образом на изучении *качественных изменений* при взаимодействии веществ. На протяжении всего длительного алхимического периода в истории химии умозаключения Аристотеля были теоретической основой учения о *трансмутации*, в котором нашла свое отражение мечта о превращении неблагородных металлов в золото и серебро при помощи химических реакций.

### 3.6. Античная атомистика

Сведения о возникновении атомистики носят противоречивый характер\*. По всей видимости, только в Индии физика и метафизика смогли получить самостоятельное развитие вне рамок религиозных догм. Именно здесь зачатки атомистики прослеживаются в различных философских системах, самой известной из которых является Санкхья. В этой системе эфир рассматривается как вещество, составляющее основу вещей.

Основателями древнегреческого атомизма по праву считают Левкиппа и Демокрита. В системе Демокрита *атом* (ατομοι, ατομοζ или ατομωζ) являлся мельчайшей однородной и неделимой частицей мироздания. Учение о том, что материя состоит из мельчайших частиц, и деление материи возможно лишь до определенного предела, получило название *атомистики* или *атомистической* теории. Античное атомистическое учение основывалось на четырех фундаментальных постулатах:

- а) существование пустоты;
- б) множественность всего сущего;
- в) возможность изменения;
- г) существование движения.

Для Демокрита все атомы подобны, неделимы, нежимаемы, не имеют начала и конца. Поскольку он считал реальным только то, что было доступно



Левкипп (V в. до н.э.)

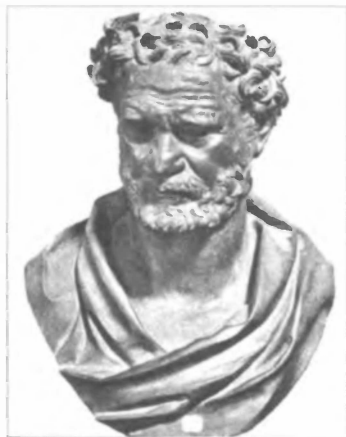
\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 23.

человеческим чувствам, понятие о бесчисленных атомах, положенных в основу конституции материи, должно было включать и различие между ними. Ему казалось, что атомы различного сорта могут отличаться по массе в соответствии со своей формой и величиной. Философ пытался обосновать атомистику с помощью аргументов, основанных на наблюдениях за реальными процессами, например, сжимаемостью различных тел.

Античная атомистическая теория не уходила от ответа на вопрос: каким образом из однородных первичных элементов могло возникнуть столько качественно неоднородных веществ? Левкипп и Демокрит отвечали следующим образом: во-первых, атомы могут быть различной формы и величины, и 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. Объяснение многообразия веществ их различной формой и величиной впоследствии сыграло важную роль в формировании «корпускулярной теории» Р. Бойля (см. гл. 6, п. 6.2). Это объяснение легло в основу механистических теорий химических реакций.

Одна из отличительных сторон атомистической системы Демокрита состоит в допущении существования *пустоты*. Как следствие этого – понятие о прерывности (*дискретности*) вещественной материи. Согласно представлениям Левкиппа и Демокрита, существование пустоты было основополагающим условием взаимодействия атомов с образованием различных веществ. Только в пустоте атомы могли встречаться и взаимодействовать, изменяя при этом порядок своего взаимного расположения в различных соединениях. 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 массы воздуха, его давления и введения понятия *вакуума* в XVI–XVII вв. использование атомистических представлений привело ученых к важным для практики выводам.

Античным 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? Аристотель оспаривал эту точку зрения, поскольку такое механистическое представление не позволяло объяснить качественный скачок при образовании новых веществ.



Демокрит  
(ок. 460–357 гг. до н.э.).  
Каноническое скульптурное  
изображение

Демокрит по-новому определил понятие об «элементах» как о простых «те-лах», составленных из более мелких частиц. 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. В то же время во взглядах Демокрита заметны и определенные противоречия. Нерешенным оставался вопрос о причине движения атомов: 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». Кроме того, Демокрит считал, что движение и взаимодействие частиц материи необходимы, а вещества образуются случайно. Однако до того, как этот раздел атомистики стал приносить важные для практики результаты, предстояло появиться еще многим теориям. Нужно было осуществить разнообразные эксперименты, в частности те, что привели к развитию учения об электричестве. Первые успехи в этом направлении были достигнуты в течение нескольких десятилетий XIX в., когда в химии господствовала дуалистическая теория Берцелиуса.

Одним из центральных положений античного атомизма была идея *необходимости*, определявшей все происходящее в мире. Однако это положение не следует понимать в духе механистического детерминизма Нового времени\*. Совершающимся по необходимости греки называли то, что происходит как под действием внешних воздействий, так и в силу внутренних причин, присущих самому процессу.

Атомистика стала областью естествознания, существенно обогатившей материалистическое мировоззрение. Начиная с эпохи 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*.

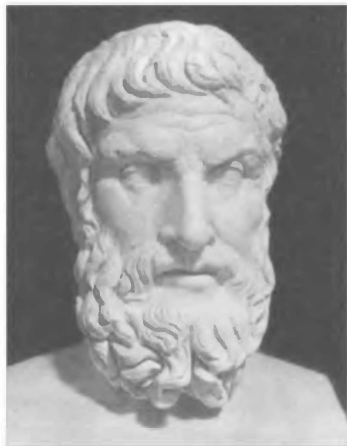
Материалистическая система античных атомистов послужила также и развитию философских знаний. Атомистические представления оказали влияние на развитие *диалектического* направления в философии. В первую очередь это относится к формулировке *закона о переходе количества в качество*. Весьма важной стороной учения Демокрита является утверждение о принципе *причинности*. С точки зрения сегодняшних знаний, многие высказывания античных атомистов звучат удивительно современно.

Тем не менее во взглядах Левкиппа и Демокрита было немало и методологических 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», хотя на самом деле между познанием и чувственным восприятием

\* См.: Очерки истории естественно-научных знаний древности. – 1982. – С. 224.

существует очень большое различие. Однако в трудах древнеримского врача Галена приведено высказывание Демокрита, которое, напротив, очень близко к естественнонаучным взглядам и уже содержит идею о важности опыта.

Главной причиной скорого забвения атомистического учения многие историки и философы считают исключительно теоретический подход к науке. Демокрит не ставил экспериментов, он искал истину в споре, исходя из созерцания «первопричин». Для большинства современников Демокрита (в том числе Аристотеля) понятие о материальной частице, которую нельзя расщепить на более мелкие составляющие, казалось чрезвычайно парадоксальным. Осознать и принять эту концепцию современники Демокрита не смогли.



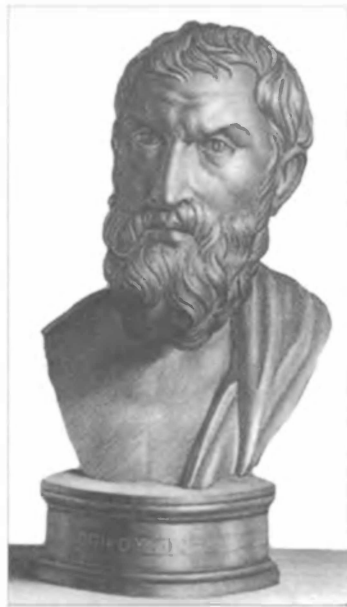
*Эпикур (341–270 гг. до н.э.).*

*Мраморный бюст*

Однако нельзя категорично утверждать, что атомистическая теория была полностью отвергнута. В своеобразной форме атомизм Демокрита существовал в эллинистическую эпоху в философской системе Эпикура. К сожалению, до настоящего времени сохранились лишь три его письма к ученикам и разрозненные фрагменты изречений, процитированных другими авторами\*.

Эпикурейцы имели немало приверженцев и в последующие века. Одним из них был древнеримский поэт и философ Тит Лукреций Кар. Ато-

мистическое учение Эпикура невозможно отделить от его изложения Лукрецием в знаменитой поэме «О природе вещей», по мнению многих, лучшей из когда-либо написанных дидактических поэм\*\*. В отличие от утраченных трудов Демокрита и Эпикура (известны лишь обрывки цитат), поэма Лукреция сохранилась полностью и донесла атомистическое учение до тех дней, когда появились новые научные методы, которые и привели атомизм к окончательной победе. В 1417 г. известный общественный деятель ранней эпохи Возрождения, секретарь Папы Римского Поджио Браччолини нашел рукопись поэмы Лукреция в отдаленном швейцарском монастыре. Благодаря стараниям Браччолини, книга римского поэта стала известна в Италии. Одна из рукописных



*Тит Лукреций Кар  
(ок. 95–55 гг. до н.э.)*

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 166.

\*\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 17.

копий была сделана в 1483 г. монахом-августинианцем Джироламо ди Маттео де Таурис специально для римского папы Сикста IV. В 1515 г. поэма Лукреция впервые была напечатана в Венеции.

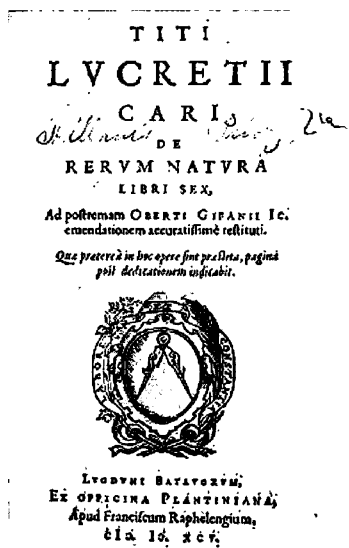
Атомистическое учение Левкиппа–Демокрита было переработано Эпикуром в соответствии с основным принципом его каноники, принципом несомненной достоверности чувственного восприятия. Анализ эмпирического восприятия служил для Эпикура и Лукреция универсальным способом обоснования общих положений учения. Как следует из поэмы Лукреция, Эпикуру удалось развить многие важные положения атомизма\*. В частности, принцип сохранения вещества формулировался в двух эквивалентных утверждениях:

- а) сохранение общего количества всех вещей в мире;
- б) каждая вещь в мире имеет вещественную причину.

Широко развернута у Эпикура и Лукреция аргументация в пользу существования атомов. Как слова образованы из конечного и неизменного набора букв, так и все вещи составлены из атомов. У Эпикура и Лукреция атомы – незримые тела. Лукреций объяснил понятие незримого тела, анализируя вещественную природу ветра и запахов.

Специфической и одной из важнейших характеристик атома у Эпикура являлось его *спонтанное отклонение* (παρεχχλισις, clinamen), о котором ничего не сказано в учении Левкиппа–Демокрита. Изменение прямолинейной траектории движения атомов у Эпикура необходимо для порождения всех вещей, возникающих за счет встреч, соударений и образования *агрегатов атомов* (промежуточных состояний между изолированными атомами и соединениями). Как указывал К. Маркс, идея Эпикура о спонтанных отклонениях явилась завершением развития античного атомизма. «...Атом, – писал Маркс, – отнюдь не завершен, пока в нем не появилось определение отклонения»\*\*.

С историко-химической точки зрения наиболее интересным и важным положением учения Эпикура–Лукреция явилась попытка объяснить, как из бескачественных атомов образуется сложное тело, обладающее набором определенных качеств. Концепцию сложного тела (αθροισμα, consilium) необходимо рассматривать как попытку объединить в одном учении воззре-



Титульный лист книги  
Лукреция Кара  
«О природе вещей»

\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 166–167.

\*\* Маркс К., Энгельс Ф. Из ранних произведений. – М.: Госполитиздат, 1956. – С. 45–46.

ния атомизма с элементаристскими представлениями Аристотеля о миксисе. У Эпикура *консилиум* – это образованная из атомов *новая целостность*, надежденная ранее отсутствовавшими у его компонентов свойствами\*. Эти свойства возникали вследствие гармонии (согласованности, связанности) движения атомов в консилиуме.

Понимая явную эклектичность изложенной концепции Эпикура–Лукреция, большинство историков науки склонны расценивать ее как одно из наиболее значительных достижений античной натурфилософии в попытке объяснить устройство материального мира.

Как отмечают многие исследователи наследия древнегреческих философов, античное мышление с его преимущественно умозрительным подходом к изучению строения вещества и причин физико-химических превращений в материальном мире принципиально не могло гармонично соединить в едином учении представление об атомах с процессом образования химического соединения. Античное мышление развело две эти линии, порождающие в попытках их синтеза химическое теоретическое мышление. Тот факт, что свойства соединения отличны от свойств его компонентов, требовал признания потери атомом своей индивидуальности при образовании нового вещества. Это вступало в противоречие с представлением о его неизменности и вечности\*\*. Древнегреческая натурфилософия обнаружила несовместимость в своих рамках концепций вещественных *основ химизма* (атомы и структуры атомов) и *самого химизма* (соединения, новые качественные целостности). И самое важное, что эта несовместимость не была осознана в те времена как импульс к *теоретическому синтезу* – между двумя линиями шла острая полемика\*\*\*.

К сожалению, пришедшие на смену первым философам-атомистам представители стоицизма почти не занимались естественнонаучными проблемами. Они считали гораздо более важным изучение природы человека и путей совершенствования общественного устройства, постижение законов мышления. Все это, разумеется, лишь косвенно способствовало развитию естествознания.

Теории древнегреческих философов, которые были рассмотрены в этой главе, внесли неоценимый вклад в возникновение и развитие «экспериментального естествознания». Абстрактные категории и понятия, разработанные в теориях античных философов, позволили более глубоко проникнуть в сущность материального мира, сыграли важную роль в развитии естествознания. Более того, и до наших дней многие из них не потеряли своего значения для научного познания.

\* См.: Зефирова О. Н. Краткий курс истории и методологии химии. – М.: Анабазис, 2007. – С. 14.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 14.

\*\*\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 125.

### 3.7. Краткие биографические данные ученых

**ИМХОТЕП** (древнеегип. «находящийся в довольстве»), верховный сановник фараона Джосера (первая половина XXVIII в. до н.э.), руководил строительством первой пирамиды – ступенчатой гробницы Джосера в Саккара. Имя и звания Имхотепа сохранились на статуе Джосера в поминальном храме при пирамиде фараона. Автор первого в истории Египта литературного поучения – «Поучения Имхотепа» (не сохранилось). В египетской традиции пользовался славой величайшего из мудрецов и чародеев. Позднее обожествлен как покровитель врачевания, чтившийся в Мемфисе; в этом качестве отождествлен около середины I тыс. до н.э. греками с богом Асклепием.

**ФАЛЕС (Thales)** (ок. 640 до н.э. – ок. 546 до н.э.), древнегреческий философ и ученый, основатель так называемой ионийской (милетской) школы, родоначальник античной философии и науки; в древности почитался как один из «Семи мудрецов». Аристотель начинает с Фалеса историю метафизики, Евдем – историю астрономии и геометрии. Происходил из города Милета в Малой Азии, принадлежал к аристократическому роду. Диоген Лаэртский сообщал, что Фалес установил продолжительность года и разделил его на 365 дней. По словам Геродота, в 585 г. до н.э. Фалес предсказал полное солнечное затмение. Имя Фалеса уже в V в. до н.э. стало нарицательным для мудреца. Мудрость его истолковывалась по-разному: то как практическая смекалка и изобретательность, то как созерцательная отрешенность (Платон). Из приписываемых Фалесу сочинений ни одно до нас не дошло. Фалес впервые сформулировал две основные проблемы греческой натурфилософии: проблемы начала и всеобщего. Все многообразие явлений и вещей он сводил к единой основе-первоначалу, которым Фалес считал воду. Отличая душу от тела, душевную жизнь от процессов природы, Фалес вслед за Гомером представлял душу в виде тонкого эфирного вещества. Он считал, что душа, как активная сила и вместе с тем носитель разумности и справедливости, причастна к божественному (разумному и прекрасному) строю вещей.

**ПИФАГОР Самосский** (VI в. до н.э.), древнегреческий философ, религиозный и политический деятель, математик, основатель пифагореизма (религиозно-философское учение в Древней Греции VI–IV вв. до н.э., исходившее из представления о числе как основе всего существующего). Числовые соотношения – источник гармонии космоса, структура которого мыслилась в пифагореизме как физико-геометрическо-акустическое единство. Пифагореизм внес значительный вклад в развитие математики, астрономии (утверждение о шарообразности Земли) и акустики. Вместе с орфиками пифагорейцы учили о переселении душ и разработали сложную систему культовых запретов («пифагорейский образ жизни»). Пифагору приписывается изучение свойств целых чисел и пропорций, доказательство теоремы Пифагора и др.

**КСЕНОФАН Колофонский** (ок. 570 – после 478 до н.э.), древнегреческий поэт и философ, учил о единстве, вечности и неизменяемости сущего. Выступил с критикой антропоморфизма и множества богов греческой религии.

**ПАРМЕНИД** (ок. 515 – ок. 445 до н.э.), древнегреческий мыслитель, основоположник элейской (элеатской) школы, одного из важнейших философских направлений классической эпохи. К этой школе относят Ксенофана, ближайших учеников Парменида Зенона и Мелисса, а также Эмпедокла, Анаксагора, Левкиппа. С Парменида «началась философия в собственном смысле этого слова» (Гегель). Родился в г. Элее, греческой колонии на юге Италии. Принадлежал к знатному и богатому роду. Слушал Анаксимандра, был знаком с Ксенофаном, но стал учеником малоизвестного пифагорейца Аминия, человека бедного

и праведного, который обратил его к жизни уединенного мыслителя. Основное сочинение Парменида «О природе» написано гекзаметром, как эпическая поэма. В нем философ уподобляет исходное положение мысли, ищущей истину, сказочному образу путника на перекрестке, решающего, каким путем идти. Первым отвергается блуждание по истоптанным тропам «многоопытной привычки» в путанице и распутице обыденной жизни, среди условных наименований, общепринятых мнимостей и двусмыслиц. Неистинность мира повседневной жизни коренится в его противоречивости: ни о чем здесь нельзя решить – есть оно или не есть, но все всегда как-то и есть и не есть одновременно. Истина же требует решительного различения *есть* от *не есть*. Отсюда решающее суждение Парменида: есть либо бытие, либо небытие, третьего не дано. Учение Парменида – источник онтологического обоснования законов логики.

**СОКРАТ** (ок. 470–399 гг. до н.э.), древнегреческий философ, один из родоначальников диалектики как метода отыскания истины путем постановки наводящих вопросов – так называемого сократического метода. Был обвинен в «поклонении новым божествам» и «развращении молодежи» и приговорен к смерти (принял яд цикуты). Излагал свое учение устно; главный источник знаний о нем – сочинения его учеников Ксенофонта и Платона. Цель философии – самопознание как путь к постижению истинного блага; добродетель есть знание или мудрость. Для последующих эпох Сократ стал воплощением идеала мудреца.

**АНАКСИМЕН** (VI в. до н.э.), древнегреческий философ, представитель милетской школы. Ученик Анаксимандра. Первоначально всего считал воздух, из сгущения и разрежения которого возникают все вещи.

**ГЕРАКЛИТ Эфесский** (лат. *Heraclitus*, греч. *Ираклитос*) (около 550 г. до н.э., Эфес, Малая Азия – около 480 до н.э.), древнегреческий философ, один из крупнейших представителей ионийской школы философии. Коренной житель Эфеса, Гераклит принадлежал к древнему аристократическому роду. Его главный труд – книга «О природе» сохранилась в отрывках, но обширно цитируется в работах античных философов (Платона, Аристотеля и др.). Эта книга состоит из трех частей: о природе, о государстве и о Боге, и отличается оригинальностью содержания, образностью и афористичностью языка. Первоначально сущего Гераклит считал огонь. Создатель концепции непрерывного изменения, учения о «логосе», который истолковывался как «Бог», «судьба», «необходимость», «вечность». Гераклиту приписывалось знаменитое изречение «нельзя дважды войти в одну и ту же реку». Наряду с Пифагором и Парменидом Гераклит определил основы античной и всей европейской философии. Выявляя всестороннюю загадочность знакомого мира мифа, обычая, традиционной мудрости, Гераклит открывает само бытие как загадку. Истолковав учение Гераклита в духе расхожей мировой скорби о скоротечности жизни и всего в мире, популярная философия видела в нем прототип «плачущего мудреца», подобно тому как в Демокрите находила тип «мудреца смеющегося».

**АНАКСИМАНДР** (англ. *Anaximander*, греч. *Анаксимандрос*), (около 610 – после 547 гг. до н.э.), древнегреческий философ из Милета, представитель ионийской философии, один из выдающихся ученых милетской школы натурфилософии. Ученик Фалеса. Автор первого философского трактата на греческом языке «О природе» (547 г. до н.э.). На основной вопрос ионийской философии, что является началом всего сущего, Анаксимандр отвечал, что таковым является безграничная, вечная, неизменная первоматерия – апейрон. Первоматерия по Анаксимандру не являлась водой или воздухом, как у его предшественников, что представляло собой более высокую степень философской абстракции. Из апейрона выделяются противоположности: холодное и теплое, влажное и сухое. Взаимодействие между ними образует вещи и миры. Устройство окружающего мира (происхождение



небесных тел, движение звезд, землетрясения, метеорологические явления) Анаксимандр объяснял естественными причинами. В центр мироздания он ставил неподвижную Землю, имеющую цилиндрическую форму. Анаксимандр дал цельное, рациональное объяснение мира, свободное от мифологии. Он также считается одним из основоположников географии. С его именем связано создание небесного глобуса и географической карты.

**АНАКСАГОР** (лат. *Anaxagoras*, греч. *Анаксагорас*), (500–428 гг. до н.э.), древнегреческий философ, уроженец малоазиатского города Клазомены, по приглашению своего друга Перикла переехал в Афины, где стал первым профессиональным преподавателем философии. За смелые мысли Анаксагор был обвинен в безбожии и едва избежал смертной казни. Изгнанный из Афин, он умер в Лампсаке (Малая Азия). Из сочинений Анаксагора ничего не сохранилось. Сведения о его трудах дошли во фрагментах и свидетельствах других античных авторов. Философские идеи Анаксагора, изложенные в книге «О природе», представляют собой пик развития греческой философии древнейшего периода. Анаксагор понимал все существующее как хаос, материальную стихийную множественность. Основой всего материального ему представлялось количественное соотношение различных элементарных частиц («семена вещей» или гомеомерии). Возникновение и исчезновение вещей есть результат соединения или разделения делимых до бесконечности частиц вещества. Анаксагор впервые ввел понятие о бесконечном множестве элементарных частиц. Анаксагор признавал, что хаос может стать гармоническим целым – космосом. Для этого необходима внутренняя качественная потребность, общая идея. Таким творческим началом по Анаксагору является ум (нус). В философии Анаксагора сознание находит в уме действующую причину бытия. Анаксагор высказал ряд смелых для своего времени догадок. Он первым стал утверждать, что небесные светила отнюдь не божества, а раскаленные куски скал, оторвавшиеся от Земли, что Луна светит отраженным солнечным светом, объяснил природу солнечных затмений, дал понимание неба с физической точки зрения.

**ГИПСИЙ из Элиды** (V в. до н.э.), древнегреческий софист, вел жизнь странствующего учителя и часто выполнял посольские миссии своего родного города. Выведен (в карикатурном виде) собеседником Сократа в диалогах Платона «Гипсий Большой» и «Гипсий Меньший».

**АЛКМЕОН Кротонский** (VI–V вв. до н.э.), древнегреческий врач и натурфилософ, представитель кротонской медицинской школы. В сочинении «О природе» впервые дал натурфилософскую концепцию человеческого тела как микрокосма и сбалансированной системы противоположностей. Проводил анатомо-физиологические исследования.

**ЗЕНОН (Zenon)** из Элеи (V в. до н.э.), древнегреческий философ, любимый ученик Парменида, подтверждал его учение о единстве и неподвижности бытия диалектическими аргументами, показывая, что противоположные ему обычные представления о множественности и движении распадаются во внутренних противоречиях. Аристотель называл его изобретателем диалектики. Автор знаменитых парадоксов или апологий: «Ахиллес и черепаха», «Дихотомия», «Стрела» и «Стадион».

**ПЛАТОН (Plato)** (428 или 427 г. до н.э. – 348 или 347 г. до н.э.), древнегреческий философ. Ученик Сократа, ок. 387 г. до н.э. основал в Афинах школу – Академию. Платон считал, что идеи (высшая среди них – идея блага) – вечные и неизменные умопостигаемые прообразы вещей, всего преходящего и изменчивого бытия; вещи – подобие и отражение идей. Познание есть анамнесис – воспоминание души об идеях, которые она созерцала до ее соединения с телом. Любовь к идее (Эрос) – побудительная причина духовного восхождения. Идеальное государство – иерархия трех сословий: правители-мудрецы, воины и чиновники, крестьяне и ремесленники. Платон интенсивно разрабатывал диалектику и наметил развитую неоплатонизмом схему основных ступеней бытия. В истории философии восприятие Плато-

на менялось: «божественный учитель» (античность); предтеча христианского мировоззрения (Средние века); философ идеальной любви и политический утопист (эпоха Возрождения). Сочинения Платона – высокохудожественные диалоги; важнейшие из них: «Апология Сократа», «Федон», «Пир», «Федр» (учение об идеях), «Государство», «Тезет» (теория познания), «Парменид» и «Софист» (диалектика категорий), «Тимей» (натурфилософия).

**АРИСТОТЕЛЬ (Aristoteles)** (384–322 гг. до н.э.), древнегреческий философ. Учился у Платона в Афинах. В 335 г. до н.э. основал Ликей, или перипатетическую школу. Воспитатель Александра Македонского. Сочинения Аристотеля охватывают все отрасли тогдашнего знания. Научная продуктивность Аристотеля была необычайно высокой, его труды охватывали все отрасли античной науки. Основоположник формальной логики, создатель силлогистики. «Первая философия» (позднее названа метафизикой) содержит учение об основных принципах бытия: возможности и осуществлении, форме и материи, действующей причине и цели. Колебался между материализмом и идеализмом; идеи (формы, эйдосы) – внутренние движущие силы вещей, неотделимые от них. Источник движения и изменчивого бытия – вечный и неподвижный «ум», нус (перводвигатель). Ступени природы: неорганический мир, растение, животное, человек. «Ум», разум, отличает человека от животного. Центральный принцип этики – разумное поведение, умеренность. Человек – существо общественное. Наилучшие формы государства – монархия, аристократия, «полития» (умеренная демократия), наихудшие – тирания, олигархия, охлократия. Суть искусства – подражание, цель трагедии – «очищение» духа (катарсис). Основные сочинения: логический свод «Органон» («Категории», «Об истолковании», «Аналитики» – 1-я и 2-я, «Топика»), «Метафизика», «Физика», «О возникновении животных», «О душе», «Этика», «Политика», «Риторика», «Поэтика».

**ЛЕВКИПП (V в. до н.э.)**, древнегреческий философ. Основоположник атомизма, учитель и друг Демокрита. О жизни Левкиппа практически ничего не известно. Местом его рождения считают Милет, Элею или Абдеру. Упоминаются его сочинения «Большой диакосмос» и «О разуме».

**ДЕМОКРИТ (ок. 460–357 гг. до н.э.)**, по некоторым источникам, прожил более 100 лет), древнегреческий философ, атомист и энциклопедист. Часть своей жизни провел в длительных путешествиях, долго пребывал в Египте. В «Диакосмосе» – самом значительном его произведении – изложена материалистическая система понимания мира.

**ЭПИКУР (ок. 341–270 г. до н.э.)**, древнегреческий философ. Основал в Афинах общину, которая на основе гедонистических принципов исповедовала примитивный материализм. Философию делил на физику (учение о природе), канонику (учение о познании, в котором Эпикур придерживался сенсуализма) и этику. В физике Эпикур следовал атомистике Демокрита. Признавал бытие блаженно-безразличных богов в пространствах между бесчисленными мирами, но отрицал их вмешательство в жизнь космоса и людей. Девиз Эпикура – живи уединенно. Цель жизни – отсутствие страданий, здоровье тела и состояние безмятежности духа (атараксия); познание природы освобождает от страха смерти, суеверий и религии вообще.

**ТИТ ЛУКРЕЦИЙ КАР (Лукреций) (Titus Lucretius Carus)** (ок. 95–55 гг. до н.э.), римский поэт и философ. Дидактическая поэма «О природе вещей» («De Rerum Natura») – единственное полностью сохранившееся систематическое изложение материалистической философии древности; популяризирует учение Эпикура. Рукопись обнаружил Поджио Браччолини в 1417 г. в Швейцарии. В шести книгах поэмы Лукреций изложил учение греческого философа Эпикура об атомистическом строении и вечности материи, о безграничности Вселенной, ее постоянном движении и изменении, а также теорию познания Эпикура и свои собственные представления о возникновении мира, истории человеческой цивилизации и культуры на Земле.

## ГЛАВА 4

# АЛХИМИЯ: ПОИСКИ ИСТИНЫ ИЛИ БЛУЖДЕНИЯ ВО ТЬМЕ

*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. Среди алхимиков всегда было немало настоящих исследователей, которые искренне заблуждались в своих теоретических воззрениях.*

*Юстус Либих*

### 4.1. Основные особенности алхимического периода

В этой книге понятие *алхимия* используется в соответствии с его историко-химическим значением, т.е. под алхимией понимается направление в эволюции химических знаний, основной целью которого было получение «эликсира жизни» или превращение неблагородных металлов в серебро или золото. Однако неправомерно представить алхимию лишь как ошибочную попытку добиться конкретных практических целей на основе мифологических представлений\*. Такой неоправданный подход выводит из рассмотрения мировоззренческие вопросы алхимии, анализ которых имеет важное значение при создании целостной картины истории химической науки. В использованных алхимиками эзотерических представлениях зачастую можно усмотреть рациональное зерно, которое привело к накоплению химических знаний, важных и для сегодняшнего дня. Представления алхимиков были тесно связаны с натурфилософскими концепциями и, безусловно, сыграли определенную роль в эволюции теоретических воззрений химии. Более того, невозможно переоценить вклад алхимиков в развитие техники химического эксперимента.

Многоплановое проникновение алхимии в науку и культуру Средневековья не позволяет однозначно отграничить ее от химии, а также от других сфер духовной и практической деятельности человека. В пользу этого положения свидетельствует тот факт, что многие алхимические трактаты наряду с указаниями путей получения философского камня содержат описание экспериментов, философские теории и сведения о химических ремеслах. В теоретическом плане алхимия опиралась на широко распространенное учение Аристотеля об элемен-

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 86.

тах-качествах, которое допускало возможность взаимного превращения одной стихии в другую\*.

Одной из первых попыток дать сравнительно подробный анализ алхимического периода можно считать работы Германа М. Коппа (см. гл. 1, п. 1.3). Ему принадлежит высказывание, демонстрирующее достаточно распространенное отношение к этому этапу эволюции химических знаний: «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». Вынося такой неутешительный приговор алхимическому периоду, Копп не учитывал несколько весьма важных обстоятельств. Во-первых, особые усилия в поисках химических способов получения золота в Европе прослеживаются лишь в XVI–XVIII вв., т.е. практически на закате алхимического периода. Во-вторых, Копп не упоминал о том, что в эту эпоху исследователи преследовали и другие цели помимо превращения неблагородных металлов в благородные. В-третьих, необходимо иметь в виду, что понятия «златоделание» и «алхимия» были приравнены друг к другу лишь в XVII–XVIII вв. в пылу нешуточных полемических дебатов, чтобы четко определить порочную тенденцию в развитии химических знаний именно этого периода и быстрее преодолеть ее.

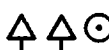










Даже в наше время полный и непредвзятый анализ всего алхимического периода представляется весьма сложной задачей по нескольким причинам. Во-первых, чрезвычайная длительность этого периода – свыше тысячи лет. За это время исчезли одни могущественные цивилизации и появились другие. Однако главная трудность заключается в том, что именно в этот период поднимаются чрезвычайно сложные «химические» проблемы. Конечно же, усилия средневековых ученых не позволили добиться окончательного ответа на многие вопросы, но по крайней мере, намечились пути их решения, а потому труд алхимиков нельзя считать абсолютно напрасным.

Еще одна сложность связана с неясностью временных границ этого периода в истории химии. В первую очередь, это относится к определению даты зарождения алхимии. Одни ученые уверены, что начало алхимического периода следует искать в IV в. н.э., другие склоняются к мысли, что алхимия появилась намного раньше – на рубеже IV–III вв. до н.э. Необходимо признать, что оба мнения являются достаточно аргументированными.

Сторонники первой точки зрения в качестве доказательства своей правоты приводят первые письменные свидетельства – рукописи основоположников алхимии. Позиции историков, стремящихся продлить алхимический период и отнести зарождение этого направления в химии во времена до Рождества Христова, в этом отношении заметно слабее. В споре со своими коллегами им приходится опираться на рукописи, которые по некоторым признакам (в том числе по названиям и авторам) хотя и относятся к более раннему периоду, но написаны (или переписаны?)

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 87.

были гораздо позднее. Необходимо отметить, что для авторов алхимических трактатов было характерно использование псевдонимов или вымышленных имен\*. Так, Болос из Менде (города в дельте Нила) в III в. до н.э. свое произведение «Физика и мистика» подписал именем Демокрита, и лишь в XX в., благодаря исследованиям Макса Веллмана, удалось установить подлинного автора этой работы\*\*. Болосу-Псевдодемокриту принадлежат и другие труды, которые он выдавал за древнейшие сочинения «тайного искусства». Скорее всего, это было не сознательной фальсификацией, а специфической формой проявления культурно-исторической традиции. Еще одним аргументом, хотя и достаточно слабым, является обилие мифов и легенд, которые густой пеленой окутывают момент зарождения алхимии. Анализируя этот чрезвычайно интересный период эволюции химических знаний, авторы постарались обозначить и учесть мнения обеих

				
Четыре элемента древних	Вода	Созвездие Водолея	Огонь	Земля
				
Воздух	Квинтэссенция	Сера	Сера философская (идеальная)	Ртуть-Меркурий ('Азот' алхимиков)
				
Ртуть осажденная	Поваренная соль	Соль	Каменная соль	Свинец-Сатурн
				
Железо-Марс	Железные опилки	Медь-Венера	Отожженная медь	Сурьма
				
Ртуть Возогнанная	Вино	Винный спирт	Водка	Азотная кислота
				
Царская водка	Винный камень	Уксус	Дистиллированный уксус	Известь

Алхимические символы

\* Всех творцов алхимических манускриптов можно разделить на четыре группы:

- авторы, не скрывавшие своего подлинного имени, чьи биографии документально подтверждены различными источниками (Зосима Панополитанский, Джабир ибн Хайян, Авиценна, Альберт Великий, Роджер Бэкон, Раймонд Луллий, Михаил Сенидовогий и др.);
- анонимные авторы, присвоившие себе имена великих философов или ученых, авторитет которых был непререкаем (Псевдо-Демокрит, Псевдо-Джабир);
- авторы, скрывавшиеся под оригинальными псевдонимами (Ириний Филалет, Ламбспринк и др.);
- авторы, имевшие вполне правдоподобные имена, биографии и окружение, которые на деле оказались неизвестными или представляющими целую группу реальных персонажей (Василий Валентин).

\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 87.

сторон. Весьма серьезная трудность анализа алхимического периода связана и с тем, что за полторы тысячи лет ученые разных стран выступали в качестве основных сторонников и апологетов этого сложного и противоречивого явления. Эстафета в процессе передачи и преумножения алхимических знаний переходила от греков и египтян к арабам, а затем и к западноевропейским ученым.

Алхимия возникла как наука, в секреты которой посвящали сравнительно узкий круг истинных адептов, кроме того, на протяжении нескольких исторических отрезков времени она подвергалась запрету со стороны светских и духовных властей. По этой причине алхимики выработали особый стиль для описания наблюдений и экспериментов: в своих трудах они избегали прямых высказываний, использовали специфические символы и обозначения, прибегали к иносказаниям и метафорам. Все это привело к тому, что содержание подавляющего числа алхимических книг трактовать однозначно практически невозможно.

Стремясь превратить неблагородные металлы в серебро и золото, алхимики использовали достижения металлургов и ювелиров. Многие их представления были тесно связаны с астрологией. Они считали, что земные металлы могут возникать под влиянием Солнца и планет солнечной системы, поэтому символы небесных тел, принятые в астрологических трактатах, стали использовать для обозначения металлов. Алхимики надеялись, что соответствующее расположение планет и «магические» действия в дополнение к чисто химическим операциям прокаливания, сублимации, экстракции, перегонки и фильтрации помогут им получить чудесные вещества.

Однако вряд ли стоит упрощенно трактовать этот сложный и продолжительный по времени период как время мучительных и бесплодных поисков *философского камня*, *эликсира долголетия* и *универсального растворителя*. Стремясь проникнуть в сокровенные тайны природы, алхимики в процессе проводимых ими исследований получили сведения о многих процессах, создали методы синтеза, разделения и очистки веществ, которых не существует в природе. Ученые Средневековья так и не смогли найти философского камня, однако они накопили огромный объем фактологических знаний по химии, без которых становление химии как науки было бы невозможно.

## 4.2. Зарождение алхимии, ее цели и основные этапы

Колыбелью алхимии подавляющее большинство ученых считают Древний Египет. В средневековых трактатах алхимию очень часто называли «*египетским искусством*». Сами алхимики вели начало своей науки от легендарного Гермеса Трисмегиста (Трижды Всемогущего). Его называли повелителем душ и магом богоравным. По преданию, воины Александра Македонского во время Египетского похода нашли могилу Гермеса Трисмегиста, на которой была установлена каменная плита – «Изумрудная скрижаль» (см. Приложение). На ней было высечено тринадцать основных алхимических заповедей, оставленных в назидаение потомкам.

Алхимики всех времен свято почитали «Изумрудную скрижаль» и относились к ней, как к, своего рода, символу веры. Ученые склоняются к мнению, что

Гермес Трисмегист – это имя синкретического божества, сочетающего в себе черты древнеегипетского бога мудрости и письма Тота, который считался небесным патроном магии и химических ремесел, а также древнегреческого бога Гермеса. Очевидно, что сферы человеческой деятельности, которым покровительствовали эти египетские и греческие небожители, во многом, совпадают. В греческой мифологии вестник богов Гермес считался защитником торговцев, обманщиков, воров и мошенников.

По поводу Гермеса Трисмегиста среди ученых нет единого мнения. Иногда его считают божеством у древних народов, а чаще – простым смертным, который либо являлся сыном бога, либо был награжден небожителями тайным знанием. Скорее всего, сказание о Гермесе Трисмегисте представляет собой видоизмененную греками египетскую легенду о мудрейшем Химесе (см. гл. 2, п. 2.6). Согласно Платону, Гермес Трисмегист открыл числа, геометрию, астрономию и буквы. Христианский теолог и писатель Климент Александрийский считал Гермеса Трисмегиста автором 42 трудов астролого-космографического и религиозного содержания.



*Гермес Трисмегист.  
Средневековая гравюра*

В Средние века и позднее большой популярностью среди людей, интересующихся магией, астрологией и алхимией, пользовалась серия трудов, приписываемых Гермесу Трисмегисту, и известных под наименованием «Герметический корпус» или «Герметика» (II–III вв. н.э.). Эти сочинения образуют особое религиозно-философское направление в поздней античности, оказавшее глубокое влияние на развитие естествознания в Средние века и в эпоху Возрождения.

Главной задачей средневековых алхимиков было приготовление нескольких таинственных веществ, с помощью которых можно было бы достичь желанного облагораживания (*трансмутации*) металлов:

– *философский камень, Великий магистерий, философское яйцо, красный лев, красная тинктура*. Этому препарату алхимики приписывали магическое свойство превращать в золото не только серебро, но и неблагородные металлы – свинец, ртуть и др.;

– *белый лев, белая тинктура*. Это вещество, по мнению средневековых ученых, обладало способностью превращать все неблагородные металлы в серебро;

– *великий эликсир, панацея или жизненный эликсир*. Так называли универсальное лекарство. Скорее всего, таким веществом был раствор философского камня. Великий эликсир, известный как *золотой напиток*, наделяли способностью исцелять все болезни, омолаживать старое тело и удлинять жизнь;

– *алкагест* – универсальный растворитель.



«Изумрудная скрижаль» Гермеса Трисмегиста. Средневековая гравюра

Весь алхимический период можно разделить на три основных этапа (подпериода):

- *греко-египетский* (IV в. до н.э. или, согласно альтернативному мнению, IV в. н.э. – VI–VII вв. н.э.);
- *арабский* (VIII–XII вв. н.э.);
- *западноевропейский* (XIII–XVIII вв.).

Такое разделение алхимического периода целесообразно в соответствии с хронологической последовательностью и географическими особенностями.

### 4.3. Греко-египетская алхимия

Развитие древнеегипетской цивилизации на протяжении более трех тысяч лет ее существования создало все условия для зарождения и развития алхимии (см. гл. 2, п. 2.3–2.6; гл. 3, п. 3.1). Однако для того, чтобы инициировать этот процесс, потребовалось влияние греческой культуры.

После смерти македонского царя Филиппа II его сын Александр, стремясь прекратить междоусобицы в Эллад, решил объединить всех греков одной идеей – отмщения Персии за долгие годы кровавых войн. Сравнительно немногочисленные, но прекрасно обученные войска отважного полководца одержали



ряд блестящих побед, в результате которых не только Персия, но и подвластные ей территории (в том числе и Египет) вошли в состав новой великой империи. В 323 г. до н.э. после смерти Александра Македонского созданное им огромное государство распалась на более мелкие царства. Власть в них стала принадлежать диадохам – ближайшим сподвижникам и военачальникам великого полководца.

Повелители новых обширных территорий на Ближнем Востоке проводили по отношению к покоренным народам достаточно терпимую политику. В это время начался оживленный обмен духовными и материальными ценностями между греческой, египетской, персидской, вавилонской и даже индийской культурами. Влияние эллинизма распространялось на обширные территории Ближнего и Среднего Востока. Один из приближенных великого императора Птолемей I Сотер правил Египтом. Получивший образование у Аристотеля основатель династии Птоlemeидов слыл просвещенным монархом. По инициативе нового царя в столице государства городе Александрии был основан храм муз – Мусейон, при котором была собрана богатейшая библиотека. В годы ее расцвета в ней находилось до 700 тысяч свитков, содержащих знания по различным областям человеческой деятельности. Необходимо отметить, что Александрийская библиотека хранила сокровища науки и культуры не только древних греков, но и других сопредельных народов – египтян, персов, вавилонян, финикийцев и ассирийцев.



*Птолемей I Сотер.  
Мраморный бюст*

В Мусейоне работали выдающиеся ученые и поэты Древней Греции, освобожденные от повседневных забот. Александрийский храм муз можно считать первой в мире академией наук. Правители Египта финансировали Мусейон и выделяли средства не только на содержание ученых, но и на конструирование приборов, проведение исследований и даже на организацию экспедиций. Имена таких великих мыслителей древности, как географ и математик Эратосфен, математик Евклид, Архимед, астроном Аристарх Самосский, ботаник Теофраст (см. гл. 2, п. 2.1) и многих других прославили Александрийский Мусейон. В этом выдающемся научном заведении античности зародилась биология и экспериментальная медицина, функционировала первая в мире анатомическая школа, основоположником которой считается личный врач Птолемея II Герофил. «Священному искусству химии» было отведено особое здание – храм Сераписа\* – храм жизни, смерти и исцеления.

\* *Серапис* (Сарапис) – божество в эллинистическом Египте, культ которого был введен в IV в. до н.э. Птолемеем I Сотером. В образе Сераписа сливались черты Осириса и Аписа. Он считался богом плодородия, богом мертвых, повелителем стихий (в том числе разливов Нила), богом Солнца. Также почитался как бог-целитель и прорицатель. Греками

Анализируя зарождение греко-египетской алхимии, необходимо прояснить некоторые особенности этого явления. Древнегреческие философы, отстаивая идею о единстве всего сущего, все же разделяли религию и натурфилософию. Египтяне, блестяще владея прикладной химией, не выделяли ее тем не менее в самостоятельную область человеческой деятельности, а рассматривали как часть «священного искусства» или «священных знаний» – удивительного сплава естественнонаучных познаний и религиозных представлений. Поскольку основными носителями «священного искусства» были египетские жрецы, многие химические процессы были окутаны густым туманом волшебства и мистицизма. Можно с уверенностью сказать, что в Древнем Египте химия относилась к области эзотерических знаний, основной смысл которых скрыт от обычных людей и доступен лишь адептам, прошедшим через определенные обряды посвящения.

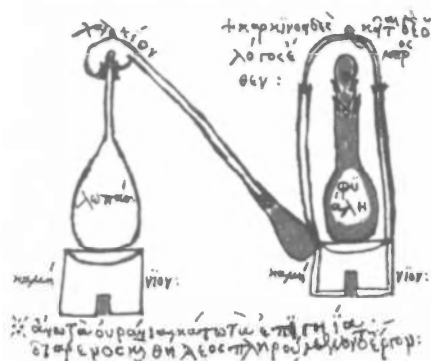
Древнегреческие ученые были поражены объемом и разносторонностью знаний египтян по прикладной химии. Однако, принимая многое из этих знаний, греки попадали под воздействие той мистической и эзотерической атмосферы, которая их сопровождала. Мировоззрение греков, хотя и вооруженное натурфилософскими концепциями, не смогло устоять перед уникальными химическими познаниями египтян, перемешанными с мистикой и эзотеризмом. К слову сказать, учение Аристотеля об элементах-качествах без его драматических деформаций позволяло принять и объяснить многое из мировосприятия жителей Египта. Очевидно, что под впечатлением от химических познаний египтян греческие ученые поспешили сдать некоторые позиции в натурфилософии, поэтому слияние прикладной химии египтян с греческой натурфилософией в принципе не оказалось особенно плодотворным.

Зародившаяся в Александрии алхимия как часть «тайных и священных знаний» отождествляла семь наиболее распространенных металлов с семью планетами Солнечной системы. Так, например, в сочинениях Олимпиодора можно прочесть, что золото связано с Солнцем, серебро – с Луной, медь – с Венерой, железо – с Марсом, свинец – с Сатурном, ртуть – с Меркурием.

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». Поэтому алхимики с помощью «химического искусства» стремились ускорить процессы «вызревания» металлов, которые, по их мнению, в природе протекали слишком медленно. Одним из сохранившихся документов об алхимических исследованиях того времени является упоминаемый ранее Лейденский папирус (см. гл. 2, п. 2.1), ставший известным благодаря работам М. Бертло.

Владеющие особыми знаниями и «тайным искусством» изменять вещества алхимики в глазах простых людей становились похожими на чародеев и волшебников.

отождествлялся с Зевсом, Аидом, Посейдоном, Асклепием. Несмотря на то что почитание нового бога было задумано для сближения коренного египетского и пришлого эллинского населения, он был признан в основном в греко-римской среде. Его изображения сходны с изображениями Зевса – в них отсутствует влияние египетской традиции.



*Сосуды для перегонки, которыми пользовались греческие алхимики в I–III вв н.э.*

Осторожное и опасливое отношение со стороны обыкновенных членов общества, заставляло тех, кто занимался алхимией, излагать результаты своих исследований загадочными туманными словами, что также усиливало впечатление таинственности. Эта неясность языка алхимии имела два негативных последствия. Во-первых, она тормозила прогресс: неясность относительно того, чем занимаются коллеги по алхимическому цеху, мешала определяться с ошибками и перенимать чужой опыт. Во-вторых, хотя это справедливо для более позднего этапа эволюции алхимии, многие шарлатаны выдавали себя за серьезных ученых. Од-

нако не стоит забывать, что алхимические трактаты были написаны в те времена, когда в химии еще не существовало формул и уравнений, да и само восприятие вещества или материи было совершенно иным. Поэтому описание экспериментов и указания по технике их проведения по своей сути скорее напоминали рецепты из поваренной книги, нежели привычные современному читателю описания с использованием формул и уравнений химических реакций.

Наиболее значительными представителями греко-египетской алхимии были:

- Болос-Демокрит (Псевдо-Демокрит – III–II вв. до н.э.);
- Пелагий (IV в. н.э.);
- Синезий (IV–V в. н.э.);
- Олимпиодор (V–VI в. н.э.);
- Зосима Панополитанский (IV–V в. н.э.).

К числу сторонников греко-египетской алхимии можно также отнести философов Христиана и Стефана Александрийских, которые жили в VI в. н.э. Лишь немногие из фолиантов, относящихся к этому этапу алхимического периода, сохранились до наших дней. К тому же не все из них расшифрованы и снабжены сопроводительными комментариями. Отсюда следует весьма неутешительный вывод, что современная информация о достижениях представителей Александрийской алхимической школы далеко не полная.

Как свидетельствуют рукописи, написанные в начале эллинистического периода в истории Египта, Болос-Демокрит занимался проблемой *трансмутации* – превращения одного металла в другой (в частности свинца или железа – в золото). Под влиянием взглядов Аристотеля (см. гл. 3, п. 3.5) сформировалось убеждение в возможности взаимопревращения элементов-качеств. Известные в то время экспериментальные факты не противоречили этому – изменения твердости, пластичности, окраски и других свойств металлов под влиянием различных химических реагентов воспринимались как подтверждение превращения этих веществ и спо-

собствовало укреплению идеи об их общей сущности\*. «Металлы сходятся в эссенции; они различаются лишь своей формой», – наставлял адептов алхимии один из крупнейших и влиятельных средневековых ученых, философ и богослов Альберт Великий (см. гл. 4, п. 4.5)\*\*. По всей видимости, основным качеством металлов Болос-Демокрит считал цвет, поэтому о завершенности химических превращений судил по наблюдениям за изменением внешнего вида и окраски металлов. В своих работах этот ученый приводил подробные описания методов получения золота, но это не было мошенничеством. Предложенные Болосом способы получения металлов упоминаются в более поздних алхимических изданиях. В своих работах Болос-Демокрит установил следующие факты:

а) поверхность неблагородных металлов можно обработать таким образом, что на них можно нанести тонкий слой благородных металлов;

б) существуют лаки, придающие поверхностям золотой или серебряный блеск;

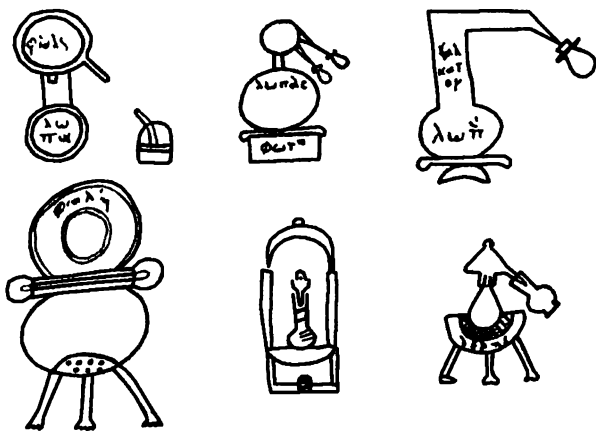
в) возможно получение сплавов, внешне напоминающих золото или серебро.

В процессе превращения (трансмутации) неблагородных металлов в серебро или золото, по мнению Болоса-Демокрита, можно выделить следующие стадии:

- меланоз или почернение металла;
- лейкоз или осветление;
- ксантоз или приобретение желтой окраски;
- иоз или покраснение.

Взаимодействием меди с цинком можно получить *латунь* – сплав желтого цвета. Весьма вероятно, что для древних исследователей изготовление металла цвета золота и означало изготовление самого золота\*\*\*.

Христианин-гностик Зосима Панополитанский работал в Александрии уже в самом конце эллинистического периода в истории алхимии. Известно его сочинение, состоящее из 28 томов, которое пользовалось широкой известностью у александрийских, а позднее и у средневековых алхимиков. Это произведение представляло по своей сути энциклопедию, которая содержала знания по прикладной химии, накопленные за предыдущие столетия. В своих трудах он упоминал фи-



*Химические приборы из древнейшего химического трактата «Алхимия» Зосимы Панополитанского (III или IV вв. н.э.)*

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 14.

\*\* Там же.

\*\*\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 33.

лософский камень, превращающий неблагородные металлы в серебро и золото, божественную воду (*панацею*), описывал процесс получения ацетата свинца и целый ряд алхимических приборов. По мнению целого ряда авторов, именно Зосима в своих книгах *впервые употребил термин «χημεία», от которого и произошло слово «химия»* (см. гл. 2, п. 2.6).

Как отмечают многие исследователи истории науки, для мировоззрения алхимиков Средневековья было характерным представление о том, что каждый объект может существовать только в процессе бесконечного самосовершенствования. Соединение этих воззрений с взглядами Аристотеля (см. гл. 3, п. 3.5), указывавшего на сходство металлов с растениями за их свойство возникать из земли под действием холодных и влажных паров воды, трансформировалось в алхимическом мышлении. Появилась алхимическая идея о способности металлов развиваться в глубине земли, подвергаясь целому ряду переходов от менее совершенного состояния к более совершенному. Совершенство металла главным образом расценивали как устойчивость металла к неблагоприятным воздействиям внешней среды\*.

Распространению таких идей, по всей видимости, способствовали не только теории известных античных натурфилософов, но и экспериментальные подтверждения того, что некоторые металлы (медь, серебро, метеоритное железо) могут находиться в земле и в виде соединений с другими элементами, из которых эти металлы получали ремесленники-металлурги. Это приводило к мысли, что соединения того или иного металла, представляют собой промежуточные стадии процесса его усовершенствования\*\*.

Существуют свидетельства, что в греко-египетский период алхимией занимались и представительницы прекрасного пола. Первыми веками нашей эры датируются несколько алхимических трактатов, возможными авторами которых являются мифическая Мария Коптская (Мария-Еврейка) и даже сама легендарная царица Египта Клеопатра. Несмотря на отсутствие документальных источников, подтверждающих реальное существование Марии Коптской, многие авторы признают, что именно она впервые на практике применила водяную баню. Последнюю царицу Египта из династии Птоlemeидов считают автором сборника рецептов получения золота («Хрисопея»\*\*\* Клеопатры). Помимо получения золота, в этих работах приводятся описания многих экспериментальных методик, в частности, показаны аппараты для перегонки – сосуды с трубами для отвода и подачи жидкостей.

В эпоху заката Римской империи наметился общий упадок греческой культуры. Это не могло не сказаться и на развитии алхимии. Уже к III в. н.э. новых знаний по прикладной химии практически не было, результаты старых работ все чаще и чаще истолковывались исключительно в мистическом духе. С 330 г. центром культурной жизни становится новая столица Римской империи – Константинополь. После прав-

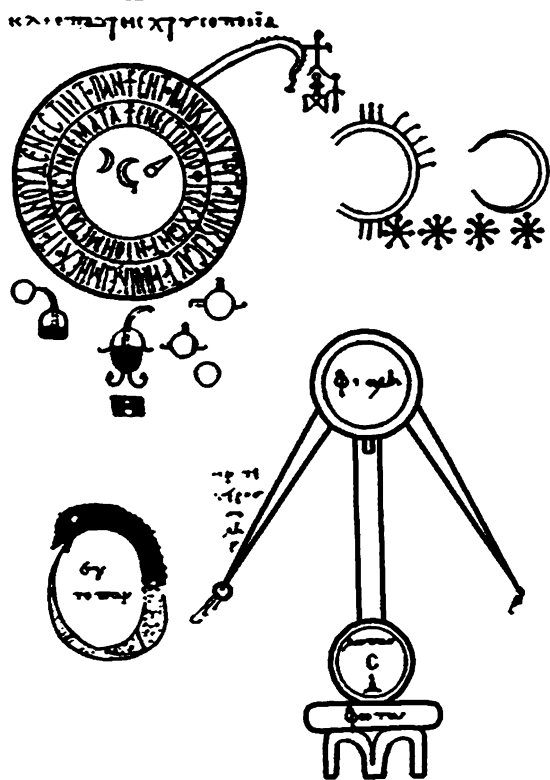
\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 16.

\*\* Там же.

\*\*\* Хрисопеей алхимики называли искусство получать золото; аргиропеей – искусство получать серебро.

ления императора Константина Великого Римская империя удаляется от эллинской культуры. Христианство становится господствующей религией, а Александрия – одним из его основных центров. Распространение христианства послужило едва ли не главной причиной краха алхимии греко-египетского периода. В течение первого тысячелетия нашей эры христиане боролись с античной культурой, философией и наукой. Искусство алхимии, связанное с языческими религиями греков и египтян, стало подозрительным и подверглось гонениям – алхимия фактически получила статус нелегальной деятельности. Решающий удар по греко-египетской алхимии нанес римский император Диоклетиан. Опасаясь, что получение дешевого золота окончательно подорвет силы слабеющей империи, он приказал уничтожить все труды по алхимии. Завершающим аккордом финала греко-египетской алхимии стало уничтожение в Александрии в 391 г. н.э. так называемой «дочерней библиотеки» после выхода эдикта императора Феодосия I Великого, направленного против всех языческих культов.

Одна из христианских сект – несторианская\* – из-за преследования ортодоксальных христиан Константинополя бежала на восток, в Персию, где они были радушно приняты как потерпевшие от враждебной Византии. Несториане принесли с собой в Персию греческую культуру, в том числе и знания по алхимии. Наивысшее влияние несториан в Персии приходится на середину VI в. н.э. После завоевания Персии арабами несториане сохранили свое положение покровительствуемой религии.



«Хрисопея» Клеопатры. Манускрипт св. Марка  
(Библиотека Марка, Венеция).

Круг вверху слева содержит магические формулы; внизу справа – установленный на горне алембик с двумя «клювами»

\* Несторианство – течение в христианстве; основано в Византии Несторием, константинопольским патриархом в 428–431 гг. Несторий утверждал, что Иисус Христос, будучи рожден человеком, лишь впоследствии воспринял божественную природу. Течение было осуждено как ересь на Эфесском соборе в 431 г. Учение Нестория пользовалось значительным влиянием вплоть до XIII в. в Иране, а также на территории от Средней Азии до Китая. Несториане и ныне проживают в Иране, Ираке, Сирии.

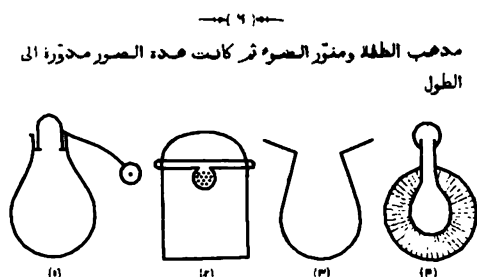
## 4.4. Арабская алхимия

История стран Ближнего Востока и Передней Азии в VII в. пережила эпоху великих потрясений, вызванных военными походами арабских племен. Жившие изолированно в пустынях Аравийского полуострова разрозненные арабские племена в первой четверти VII в. н.э. были объединены пророком Мухаммедом. Вскоре после создания единого государства арабские воины начали свое победоносное шествие по сопредельным территориям и захватили большие области в Азии и Северной Африке. В 641 г. они вторглись в Египет. Несколькими годами позже такая же судьба постигла и Персию. В VIII в. арабское владычество уже простиралось и на Европу: Пиренейский полуостров практически полностью оказался завоеван. Только ожесточенное сопротивление со стороны армии императора франков Карла Великого остановило продвижение арабов дальше на север. Территория арабского халифата простиралась от Пиренеев до Инда.

Поначалу вчерашние кочевники следовали такому правилу: все книги, которые противоречат Корану, – либо ошибочны, либо вредны, поэтому их необходимо уничтожать. те представления, которые находятся в согласии с заветами ислама, являются совершенно излишними, поэтому нет никакой необходимости их сохранять. Однако со временем, покоряя народы, которые по уровню разви-

тия стояли выше аравийских кочевников, завоеватели осознали, какое большое значение для укрепления силы и мощи государства имеют научные знания. Поэтому вскоре арабские правители резко изменили свое отношение к науке: от фанатической борьбы с учеными они перешли к заботе о преумножении знаний, в том числе и химических.

Будучи могущественными и богатейшими властителями Востока, арабские халифы стали покровительствовать науке и искусствам. Появление первых арабских химиков датируется VIII–IX вв. Согласно преданию, с химией арабы познакомились во время осады Константинополя, когда их корабли были сожжены «греческим огнем» – химической смесью, образующей при горении сильное пламя, которое нельзя погасить водой (см. гл. 7, п. 7.4). Значительный расцвет химических знаний в арабском мире отмечается в начале IX в., когда восточная медицина широко начинает использовать фармацию. Как уже гово-



فلما فرغت من النظر في هذه الصور ومعرفة أسرارها اكتسبت على قراءة ما في المذهب الذي بيده فإذا بصفتي رجلين أحدهما جته الدنيا وسرورها والاخر جته الصلاح والحكمة والعافية والخير» برسالة دين على حديثه كل واحد منهما يظن أنه على الصواب من دينه وكان اسم أحدهما طاطا من الحكماء وهو الرجل الصالح الروحاني والاخر له يعرف اسمه فنشاجرا بينهما في قول فقال الروحاني هل تستطيع اى منى ان تعرف نفسك محرقة نافذة فإذا البت عرفتها حق معرفتها وما الذى يصلحها كنت حراً ان تعرف الامم الى اشتغفنا الحكماء لميسر به امم الحق فلما قرأت هذا في ذلك الكتاب ضربت باحدى يدي على الاخرى فقلت يا لهذه الامم المشبهة بامم الحق كم من خطأ وبلاء تد

*Сосуды и алембики, изображенные в одной из арабских рукописей.*

*Париж. Национальная библиотека*

рилось выше, арабы преобразовали греческое слово  $\chi\eta\mu\epsilon\iota\alpha$  в *al-kimiya* (أيامخي), позднее это слово перекочевало дальше на запад, и в результате европейские языки обогатились терминами «алхимия» и «алхимик».

В период между III и XII вв. данные о развитии химии в Западной Европе практически отсутствуют. После завоевания Египта знания, накопленные представителями греко-египетской ветви алхимии, полностью переняли арабы. Одним из научных и культурных центров Ближнего Востока стал Багдад. Именно в этом городе в конце VIII в. была открытая первая аптека, существование которой подтверждают средневековые документы.

Кордовский халифат, существовавший на территории современной Испании, поддерживал традицию культурной преемственности от Багдада. В 755 г. там возник крупный культурный и научный центр. Кордовские халифы, сами весьма образованные люди, своей деятельностью способствовали расцвету искусства и науки. Средневековые хронисты донесли до нас сведения о необыкновенной библиотеке аль-Хакама II, насчитывавшей более 400 тыс. томов. Еще будучи наследным принцем, аль-Хакам заботился о пополнении книжного фонда, заказывая профессиональным переписчикам манускрипты, которых не было в халифской библиотеке. Он также нанимал людей, чтобы сверять копии с оригиналами, дабы не вклялись ошибки. Сокровища культуры и науки Кордовского халифата сыграли весьма значительную роль в проникновении философских и естественнонаучных знаний в Западную Европу.

Практически пять веков арабы оставались безусловными лидерами в деле умножения химических знаний. Многие химические термины, используемые и в настоящее время, имеют арабское происхождение, например: *al-iksir* – эликсир, *alkali* – щелочь, *alcohol* – спирт, *naphtha* – нефть или лигроин, *zircon* – цирконий, *alembik* – перегонный куб и многие другие.

Самым знаменитым алхимиком арабского Востока считают *Джабира ибн Хайяна*, больше известного в Европе под именем *Гебер*. Этот выдающийся арабский ученый родился в семье фармацевта, который из Йемена переселился в провинцию Хорасан (Иран). Профессия отца, по всей видимости, сыграла далеко не последнюю роль в формировании интереса Джабира ибн Хайяна к химии. Он получил блестящее по тем временам образование у прославленного учителя и шестого имама Джаффара аль-Садика. Свою практическую деятельность в медицине начал под руководством Бармакида – визиря легендарного халифа Гаруна аль-Рашида, известного по сказкам «Тысяча и одна ночь». Как свидетельствуют документы, Джабир ибн Хайян был основателем собственной научной школы, подобной тем, что создавали Платон и Аристотель. Ему приписывают авторство нескольких сотен научных трудов. Огромное количество научных работ Джабира ибн Хайяна историки объясняют по-разному. Прежде всего, в те времена существовала традиция, когда именем основателя научной школы подписывались все сочинения, автором которых был не только руководитель, но и его ученики. Однако есть и другая точка зрения – подлинными следует считать только работы,





Джабир ибн Хайян  
(721–815)

написанные на арабском языке, поскольку труды, сохранившиеся на латыни скорее всего являются фальсификацией. К наиболее известным произведениям Джабира относятся: «Книга королей», «Книга Венеры» («Книга Зухры»), «Книга о щедрости», «Книга о равновесии», «Книга о ртути», «Книга семидесяти», «Книга ста двенадцати».

Всю научную деятельность Джабира ибн Хайяна в области химии можно условно разделить на две составляющие: практическую и теоретическую. Арабский ученый придавал большое значение экспериментальным исследованиям. Он считал, что химик в первую очередь должен заниматься практической работой. По его мнению, тот, кто не ведет интенсивных экспериментальных исследований, никогда не добьется надлежащей степени мастерства. В многочисленных трудах, язык которых достаточно понятен, Джабир впервые описал нашатырный спирт, свинцовые

белила, способ перегонки лимонной, винной и уксусной кислот, а также метод получения слабого раствора *азотной кислоты*, которая не встречается в природе. Ему принадлежит изобретение и усовершенствование целого ряда приборов, и по сей день используемых в лабораторной практике: печей для нагревания и устройств для перегонки жидкостей, благодаря которым эта процедура стала более простой, безопасной и эффективной. Он отметил, что при кипячении вина образуются огнеопасные пары, это указало путь к открытию этанола.

Джабир усовершенствовал многие технологические процессы, связанные с химическими превращениями веществ, ему принадлежат рецепты по предотвращению коррозии, повышению эффективности крашения и получения непромокаемой ткани; в стекольном производстве он предложил использовать диоксид марганца, чтобы избавиться от зеленого оттенка, вызванного присутствием железа.

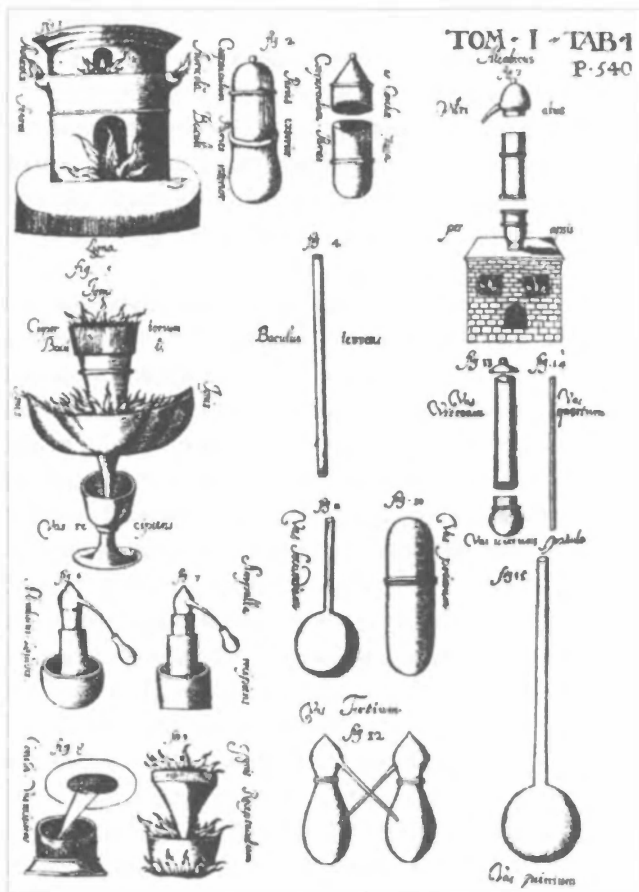
В области теоретических изысканий, направленных на объяснение опытов по взаимному превращению веществ, Джабир ибн Хайян следовал традиции, идущей из Древней Греции. Однако его явная принадлежность к учению суфизма\*, оказала огромное влияние на склонность к мистицизму в развитии алхимической доктрины. Вплоть до конца XVIII в. в основных трудах алхимиков разрабатывались различ-

\* *Суфизм* (от арабского *суф* – грубая шерстяная ткань, отсюда – власяница как атрибут аскета), мистическое течение в исламе. Возникло в VIII–IX вв., окончательно оформилось в X–XII вв. Для суфизма характерно сочетание метафизики с аскетической практикой. Учение о постепенном приближении через мистическую любовь к познанию Бога (в интуитивных экстатических озарениях) и слиянию с ним. Оказал большое влияние на арабскую и особенно персидскую поэзию.

ные проблемы, поставленные Джабиром. В сочинениях Джабира ибн Хайяна явно прослеживается преклонение перед Гермесом Трисмегистом. Историки считают, что он впервые перевел «Изумрудную скрижаль» с греческого на арабский язык. Джабир ибн Хайян неоднократно подчеркивал, что алхимия – родная сестра пророчеству.

Особое внимание Джабир уделял изучению возможности трансмутации металлов. Все последующие поколения алхимиков находились под влиянием результатов его исследований. Он полностью разделял философскую концепцию Аристотеля об элементах-качествах. Тем не менее к четырем Аристотелевым свойствам материи прибавил еще два, которые, прежде всего, характерны для металлов. Таким образом, Джабир выделял внешние (Аристотелевы) и внутренние качества металлов – *металличность* и *горючесть*.

В концепции Джабира главная идея заключалась в исключительной роли *ртути* и *серы*. Джабир рассматривал ртуть в качестве концентрированного носителя металличности, а серу – в качестве носителя горючести. Таким образом, теоретизировал Джабир, можно изменять качества металлов и переходить от одного к другому, меняя в их содержании соотношение серы и ртути. Он полагал, что все остальные металлы «вызревают» из смеси ртути и серы, причем труднее всего образуется золото – самый совершенный металл. Для ускорения процесса «вызревания» золота, по мнению Джабира, необходимо найти особое вещество – *al-iksir*. (Так в европейских языках появилось слово *эликсир*.) Эта теория Джабира, по всей видимости, и породила к жизни поиск неуловимого чудодейственного эликсира, который делал бы это преобразование возможным. Позднее европейские алхимики стали называть это загадочное вещество *философским камнем*.



Изображения различных химических приборов, приведенные в книге Джабира (Гебера) «Об изучении вещей»; воспроизведены в «Любопытной химической библиотеке» Ж. Ж. Манже (Женева, 1702)

В своих сочинениях Джабир ибн Хайян неоднократно подчеркивал, что алхимия обладает удивительной хронологией, теряющейся во мраке прошлых времен. Арабский ученый был уверен, что человек представляет собой активное начало – он способен имитировать и повторять многие природные процессы. Тем не менее Джабир ибн Хайян неоднократно подчеркивал, что занятия наукой, в том числе алхимией, – удел избранных. В своей «Книге камней» он писал, что судьба на каждом шагу готовит человеку испытания и стремится ввести в заблуждение каждого, кроме тех, кому Бог благоволит и покровительствует.

В химической терминологии, используемой Джабиром в его книгах, можно разглядеть некоторые черты оригинальной «классификации» химических соединений и простых веществ. Всю совокупность веществ, встречающихся в живой и неживой природе, он подразделял на три основные группы. К первой категории он причислил *летучие вещества*, которые испаряются при нагревании, подобно камфаре и хлористому аммиону; вторую группу образуют *металлы* (золото, серебро, свинец, медь и железо); а к третьей группе относятся «*камни*» – твердые вещества, которые растиранием можно превратить в порошок.

Алхимические трактаты Джабира завоевали признание и авторитет по всему Ближнему Востоку. Они вдохновляли других алхимиков и оказали серьезное влияние на его последователей в арабском мире, включая таких известных ученых как Ар-Рази (IX в.), Аль-Туграи (XII в.) и Аль-Ираки (XIII в.). В XII–XIII вв. манускрипты Джабира ибн Хайяна были переведены на латинский язык и стали буквально «священными» текстами для европейских алхимиков.

Многих выдающихся арабских медиков того времени можно в равной степени причислять к числу алхимиков, поскольку эти области человеческого знания тесно переплетались друг с другом. Не меньшую известность, чем Джабир, завоевал другой арабский алхимик – *Ар-Рази*, известный в Европе под именем *Равезес*.



*Ар-Рази (865–825)*

Этот ученый описал методику приготовления гипса и наложения гипсовой повязки для фиксации сломанной кости. Однако главной заслугой Ар-Рази считали его теоретические исследования в области алхимии. К двум принципам Джабира (металличности и горючести) Ар-Рази добавил третий – принцип *твердости*. Подвижная ртуть и воспламеняющаяся сера образуют твердые вещества только в присутствии третьего компонента – соли. В «Книге тайны тайн» Ар-Рази описал одно из таких превращений, которое он назвал «высоким стремлением ртути к покраснению». Методика проведения такой операции выглядит следующим образом: «Возьми одну меру горчицы и смешай в пустом кубке с мерой масла; после этого добавь в кубок пять мер желтой мелко раз-

дробленной 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»\*.

Представления Ар-Рази отличались от взглядов его современников прежде всего ясностью и последовательностью в объяснении химических превращений. В сочинениях арабского ученого имели место попытки систематизировать известные химические вещества и методы их получения, объединив основные положения учений Демокрита и Аристотеля. Например, в трудах Ар-Рази можно усмотреть идею, что все «первозлементы-качества» состоят из атомов и «пустого пространства». Свойства «первозлементов» потому различны, что они зависят 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, устремляющихся вверх. Таким образом, Ар-Рази чувствовал необходимость обновления и развития античных теорий, в частности стремился сопоставить массу различных тел с плотностью расположения образующих их атомов.



Ибн-Сина (Авиценна)  
(980–1037)

Еще одним великим врачом-алхимиком арабского Востока, проявившим себя в алхимии, был житель Бухары *Ибн-Сина*, гораздо более известный под именем *Авиценна*. Его сочинения (особенно «Канон») оказали огромное влияние на развитие средневековой медицины: в течение многих столетий они служили важнейшим руководством для врачей не только Арабского Востока, но и Западной Европы. Необходимо отметить, что Авиценна был единственным из арабских алхимиков, который отвергал возможность трансмутаций металлов. И все же его взгляды нельзя полностью отмежевать от алхимических представлений. Авиценна верил, что благородные металлы могут «расти» в недрах Земли под влиянием Луны и Солнца; он не создал собственной химической теории, однако одним из первых усомнился в истинности целей и представлений алхимиков.

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 96.

Кроме того, Авиценна переосмыслил многие положения античных философских теорий, особенно натурфилософские взгляды Аристотеля. Размышляя о материи, Авиценна пришел к заключению, что ее свойства неотделимы от нее самой, потому их необходимо изучать в *единстве* с материальной сущностью. 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.

Главным источником сведений о знаниях Арабского Востока той эпохи в области прикладной химии можно считать сочинение персидского ученого *Абу Мансура (Миваффака)* «Трактат об основах фармакологии». Арабские медики в основном использовали для приготовления лекарств экстрактивные вытяжки растительного происхождения. Для этого они применяли простейшие способы перегонки, позволявшие получать эфирные масла и дистиллированную воду. Использовали они и неорганические вещества: черный сульфид ртути, киноварь, сулему для лечения кожных заболеваний; сульфат меди и сульфат цинка для лечения глазных болезней, квасцы как вяжущее и кровоостанавливающее средство. Также им были известны щелочи, получаемые из карбонатов действием извести; натуральная бура, нашатырь и оксид цинка, который они называли «философской шерстью». Абу Мансур указывал на целесообразность применения в медицине тростникового сахара и ряда органических кислот, например, танина.

В области металлургии арабы не сделали существенных открытий, за исключением разработки технологии получения *булата* или *дамасской стали* (см. гл. 7, п. 7.1). В теоретическом плане они, в основном, придерживались теории трансмутации, сформулированной Джабиром и модифицированной Ар-Рази. Создание основ рациональной фармации, обучение правилам приготовления лекарств, а также составление списка лекарств следует признать главной заслугой арабских алхимиков.

Несомненно, что ученые арабского Востока сохранили, преумножили и передали Западу знания греко-египетской научной школы. При этом необходимо отметить, что через египтян арабы познакомились с греческой атомистикой, поскольку в Александрии долго существовала Абдерская философская школа, которая сохраняла основные традиции учения Демокрита. Арабская атомистика, так же как и греческая, была построена на предположении, что каждое материальное тело состоит из неделимых атомов. Эти атомы не имеют величины, подобно маленьким точкам. Все атомы идентичны, путем их соединения в различных пропорциях образуются все материальные тела. Таких взглядов на окружающий мир придерживались некоторые мусульманские религиозные секты, которые занимались толкованием содержания Корана.

Наиболее подробные сведения об арабской атомистике сохранились благодаря книге Маймонида «Путеводитель заблудших» («Путеводитель колеблющихся»), в которой изложены основные положения философии секты мутакалимов. В этой теории просматриваются существенные отличия от учения Демокрита. Прежде всего арабская атомистика обнаруживает сильное влияние религиозных представлений. Согласно этой теории, атомы представляют собой чистые вещества, их величины и свойства суть случайности, определяемые Богом.

Завершая анализ этапа арабской алхимии, нельзя не остановиться на оценке общего влияния арабской науки и культуры на развитие мировой цивилизации. Роль арабского Востока в преемственности научных знаний и культурных ценностей образно описал Вильгельм Гумбольдт: «Арабы ...частично вывели Европу из состояния одичания, в которое она была погружена в течение двух веков в результате нашествия варварских народов. Арабы снова указали на вечные источники греческой философии; они не только помогли сохранить научную культуру, но расширили и открыли новые пути для исследования природы»\*.

Однако считать, что арабская наука сыграла лишь «посредническую» роль в распространении античных философских представлений, значит недооценить влияние исламской культуры на развитие всего человечества. На самом деле ученые Арабского Востока внесли существенный вклад в сокровищницу философских знаний. Арабские мыслители, и особенно *Ибн Рушд (Аверроэс)*, разработали новые философские категории и теории, позволявшие глубже понять явления природы. Творчески перерабатывая положения античной натурфилософии, развивая медицину и химические ремесла, арабские ученые оказали бесспорное влияние на эволюцию всей мировой науки.

## 4.5. Средневековая алхимия Европы

Ибн-Сина (Авиценна) и Ибн-Рушд (Аверроэс) практически оказались последними великими учеными арабского мира. Наступала пора упадка арабской культуры, связанная с завоеваниями Ближнего Востока менее развитыми народами: сначала турками-сельджуками, а затем дикими ордами монгольских ханов. Центр научной мысли снова переместился в Западную Европу, которая в то время не испытывала столь грандиозных исторических потрясений.

Проникновение арабской культуры в западноевропейские страны происходило по нескольким направлениям. Во-первых, торговые связи с арабским миром европейцы поддерживали через Константинополь. Например, развитие медицинских и фармацевтических знаний в средневековой Италии происходило благодаря знакомству с трудами арабских ученых. Первые медицинские школы возникли в Салерно и в Неаполе еще в X в. В те времена Салернская школа была одной из известнейших в Европе. В XI в. в Салерно появилась знаменитая на всю Италию

\* Цит. по: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 99.

аптека и была составлена первая в мире фармакопея на латинском языке – «Противоядие Николая из Александрии».

Первые манускрипты, посвященные обобщению некоторых знаний в области химических ремесел, появляются в христианской Европе, начиная с VIII в. Такими практическими руководствами были трактаты «О приготовлении красок для мозаики» (VIII в.), «Рецепты красок» (X в.) и «Путеводный манускрипт» (XII в.). В этих сочинениях также содержались рецепты по изготовлению сплавов, похожих на золото и серебро, а также нанесению на поверхность металлов покрытий, придающих им «серебряный» и «золотой» блеск. Эти рецепты, скорее всего, являлись отрывками из античных и арабских рукописей.

Второе направление проникновения культурного и научного наследия арабского Востока возникло в 1096 г. с началом эпохи крестовых походов. Рыцари-христиане направлялись в Палестину для освобождения Гроба Господня из рук мусульман-сарацин. В 1099 г. крестоносцы завоевали Иерусалим. Почти два столетия на территории Сирии и Палестины существовали христианские государства. Последние оплоты крестоносцев на Святой земле – крепости Акра, Тир, Сидон и Бейрут пали в 1291 г. Разумеется, не все двести лет существования государств, основанных крестоносцами, были годами непрерывной вражды, не все время на палестинской земле пылали пожары, раздавался звон мечей и лилась человеческая кровь. Были и достаточно длительные периоды относительного затишья. Поэтому, несмотря на явное противостояние христианства и мусульманства, происходило смешение культур. Христиане перенимали уклад жизни и знания мусульман. Паломники, возвращаясь из Святой земли, знакомили европейцев с достижениями арабской науки.

В то же самое время наметился и третий путь взаимодействия двух культур и религий – христиане постепенно возвращали себе Испанию, захваченную арабами в начале VIII в. Во время войн за освобождение Пиренейского полуострова христианская Европа узнала о блестящих достижениях мавританской цивилизации. Европейцы поняли, что арабы обладают бесценными книжными сокровищами – переводными трудами греческих философов (например Аристотеля), а также книгами ученых Востока (Авиценны и др.).



Схема проникновения алхимических знаний из арабского мира в Западную Европу

Несмотря на упорное сопротивление арабов, не желающих знакомить с накопленными знаниями своих заклятых врагов, начался процесс перевода научных книг на латинский язык. Всплеск интереса к алхимии в Европе и был, прежде всего, подготовлен сочинениями, которые переводились с арабского языка на латинский. Этому начинанию всемерно способствовал французский монах Герберт, ставший впоследствии Папой Римским Сильвестром II. Примерно в 1144 г. английский ученый Роберт из Честера впервые перевел на латинский язык арабские труды по алхимии. Лучшим переводчиком арабских трудов по алхимии считают Герарда Кремонского (ок. 1114–1187), который большую часть своей жизни провел в испанском городе Толедо и перевел на латинский язык 92 трактата\*.

В 1085 г. Геральд Кремонский основал в Толедо специальную школу, где ученики тщательно изучали переведенные на латынь арабские рукописи. В эпоху засилья религиозных представлений это было мужественным поступком. В этой школе, в частности, были переведены два манускрипта по химии: «Книга о солях и квасцах» и «Собрание философских работ». Эти манускрипты, по всей видимости относящиеся к IX–X вв., содержали описания «химических» и «алхимических» представлений того времени; в первой книге были изложены основные идеи Джабира ибн Хайяна о том, 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 содержало особенно интересные сведения. В нем описывался своеобразный «конгресс», в котором участвовали известные философы и алхимики, обсуждая теоретические проблемы трансмутаций и практику проведения алхимических экспериментов\*\*.

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 23.

\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 97.



*Вершина адептов. К немеркнущему совершенству по ступеням великого деяния. Успех каждой из операций жестко связан с взаимным расположением небесных светил. По углам расположены четыре Аристотелевых первоэлемента-стихии.*

*Средневековая гравюра*



Таким образом, начиная с XIII в., опираясь на результаты трудов алхимиков прошлого, европейские ученые стали продвигаться вперед по сложному и извилистому пути познания. Наибольшее распространение алхимия получила в Испании, Германии, Англии, Франции и Италии. Политические условия, сложившиеся в средневековой Европе, соперничество многочисленных королевских и княжеских дворов, благоприятствовали поискам философского камня или эликсира долголетия.

Среди выдающихся алхимиков средневековой Европы необходимо отметить Альберта Великого, Роджера Бэкона, Арнальдо да Вилланова, Винсента де Бовэ, Фра Бонаventura, Раймунда Луллия, Никола Фламелья, Василия Валентина, Исаака Голландца, Ириния Филалета и Михаила Седживоя (латин. написание фамилии – Сендивогий). Необходимо отметить, что к явным приверженцам алхимии относится известнейший теолог и теософ Средневековья Фома Аквинский.

Особенно заметное влияние на формирование научных взглядов западноевропейских алхимиков оказали труды так называемых «христианских докторов» – Альберта Великого (*Магнуса*) и Роджера Бэкона. Альберт Великий был влиятельным церковным деятелем и занимал должность епископа в Регенсбурге. Как свидетельствуют историки, он слыл энциклопедически образованным человеком своего времени, его называли «доктор универсалис». О глубоких познаниях автора в области зоологии, ботаники, минералогии свидетельствуют его труды и в первую очередь книга «О минералах». Как считают многие историки химии, Альберту Великому принадлежит заслуга в открытии нового химического элемента – мышьяка\*. Алхимик выделил элемент в виде простого вещества медленным нагреванием его оксидов с древесным углем.



Альберт Великий (1193–1280).

Средневековая гравюра

Альберт Великий тщательно изучил и поддерживал представления Аристотеля об элементах-качествах, в результате чего философия этого греческого мыслителя приобрела особое значение для ученых позднего Средневековья и начала Нового Времени. Альберт Великий верил в возможность трансмутации металлов, хотя честно признавал, что ему ни разу не довелось увидеть превращение неблагородных металлов в золото.

Роджер Бэкон, прозванный «чудесным доктором» (*Doctor Mirabilis*), в своей научной деятельности постоянно следовал провозглашенному им принципу: без опыта нельзя получить достаточных знаний. Но и он верил в возможность превращения неблагородных металлов в благородные (для этого достаточно обратиться к таким работам ученого, как «Великий труд», «Малый труд»,

\* См.: Emsley J. The Elements. – Oxford: Clarendon Press, 1991.

«Третий труд»). Роджер Бэкон провел немало опытов в поисках способов превращения одних веществ в другие. Всю алхимическую деятельность английский ученый делил на две составляющие – «практическую» и «умозрительную». Он был уверен, что практическая компонента «утверждает умозрительную алхимию, философию природы и медицину»\*. Оригинальность мышления, которое не укладывалось в привычные схоластические догматы, стала причиной постоянного преследования английского ученого консервативно настроенными католическими священниками, обвинявшими его в общении с «нечистой силой». За отказ выдать секреты получения золота, которых он не знал, Бэкон был осужден собратьями по вере и провел в церковной темнице долгие 15 лет. Его сочинения по велению генерала ордена францисканцев в наказание были прикованы цепями к столу в монастырской библиотеке в Оксфорде. Потомки и по сей день высоко ценят высочайшую духовную стойкость и научные заслуги Роджера Бэкона, прежде всего благодаря его четко выраженному убеждению, что прогрессу науки способствует экспериментальная работа в сочетании с приложением к ней математических методов.



Роджер Бэкон (1214–1292).

Средневековая гравюра

В XIII в. в деятельности западноевропейских алхимиков наметился определенный подъем. Знаменитые богословы, осознавшие огромную ценность наследия античных философов, включили элементы их учений в каноны христианского мировоззрения. Альберт Великий и Фома Аквинский обладали достаточным авторитетом и влиянием среди иерархов католицизма, чтобы поставить учение Аристотеля в один ряд с Библией и сочинениями «отцов церкви».

Тому, что Ватикан обратил свое внимание на учение Аристотеля, способствовали некоторые социально-политические условия средневековой Европы: 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 оказалось явно недостаточным для решения вновь возникавших проблем европейского Средневековья.

Натурфилософские представления Аристотеля стали широко использоваться Ватиканом, поскольку не противоречили католицизму и позволяли решить многие насущные для того времени мировоззренческие проблемы.

Алхимики научились получать чистый этиловый спирт перегонкой крепких виноградных вин. Первые в Западной Европе в XI в. перегонные аппараты по-

\* См.: Рабинович В. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры. – М.: Наука, 1979. – С. 39.



*Арналидо да Вилланова  
(1250–1313 (?)).  
Средневековая гравюра*

явились в Италии. Позднее они стали известны и в других странах, культивирующих виноградную лозу. Врач и алхимик *Арналидо да Вилланова*, по-видимому, первым описал этиловый спирт, названный им «водой жизни» (лат. *aqua vitae*). Он занимался практической медициной в Италии и Испании, а также при дворе у папы Климента V в Авиньоне. Ему приписывают различные сочинения, из которых главные: «О винах», «О ядах», «О дозах териака», «Розарий философов». В своих произведениях Арналидо да Вилланова выступал явным приверженцем теории трансмутации металлов и описал несколько рецептов получения философского камня (см. Приложение).

Испанский поэт, грамматик, богослов и философ *Раймунд Луллий* вследствие своей широкой образованности был известен как «просвещенней-

ший учитель». Он верил в превращение металлов и много сил отдавал изучению проблемы философского камня, чем навлек на себя гнев церковнослужителей. Считают, что им написаны различные сочинения по алхимии, в том числе «Завещание, излагающее в двух книгах всеобщее химическое искусство», «Опыты», «Сокращенное послание о камне», «Добавление к завещанию или сокращение», «Последнее завещание» («*Testamentum*»), «О превращении души металлов» и другие. Раймунд Луллий разделял теорию Джабира о том, что все металлы состо-



*Раймунд Луллий (1236–1315).  
Средневековая гравюра*

ят из смеси ртути и серы. Луллию приписывают следующее *определение алхимии*: «Алхимия – весьма необходимая божественная часть тайной небесной натуральной философии, составляющая и образующая единую, не всем известную науку и искусство, которые учат чистить и очищать потерявшие ценность драгоценные камни и придавать присущие им свойства, восстанавливать немощные и больные человеческие тела и приводить их в должное состояние и в наилучшее здоровье и даже превращать все металлы в настоящее серебро, а затем в настоящее золото посредством единого всеобщего медикамента, к которому сводятся и были сведены все частные лекарства\*». Продолжив исследования Арналидо да Вилланова, Раймунд Луллий представил уже несколько способов получения винного спирта.

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 43.



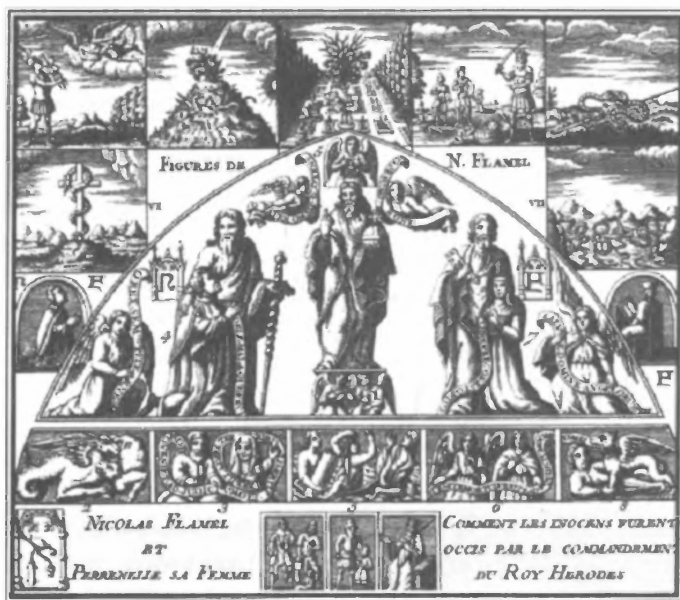
Никола Фламель  
(1330–1417 (?)).

Средневековая гравюра

В Средние века была распространена легенда о том, что в 1312 г. испанский алхимик сумел разгадать секрет философского камня и обеспечил трансмутационным золотом английского короля Эдуарда II.

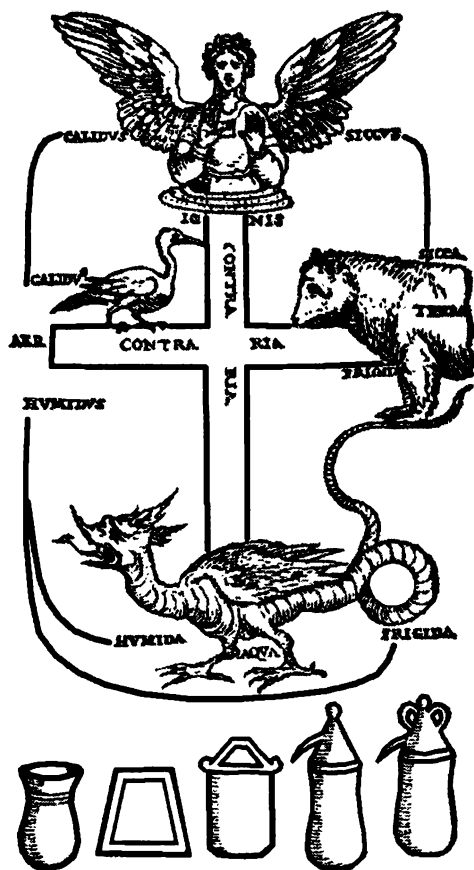
Сведения о жизни французского алхимика *Никола Фламеля* выглядят поистине фантастической легендой. Фламель был писарем, переписчиком книг и нотариусом в Париже. Несколько позднее он занялся еще и книготорговлей. Но вся его деятельность не приносила богатства, и Фламель вел более чем скромный образ жизни. Как свидетельствуют биографы, резкие изменения произошли после того, как ему в руки попала загадочная книга, авторство которой приписывают таинственному знатоку каббалы Аврааму Еврею\*. Именно эта книга побудила простого стряпчего заняться алхимией. Как гласит легенда, в 1382 г. он сумел получить фило-

софский камень и успешно осуществил процесс трансмутации. С этого момента Никола Фламель стал стремительно богатеть. Позволяя себе лишь расходы на проведение дальнейших алхимических экспериментов, он большую часть денег тратил на благотворительность и к 1413 г. содержал в Париже на собственные средства 14 больниц для бедных, 7 церквей и 3 часовни. Фламель – автор нескольких трактатов: «Книга прачек», «Краткое изложение философии» и «Иероглифические фигуры». Последнее произведе-



Арка на кладбище Невинных в Париже. Гравюра из книги Никола Фламеля: *Nicolas Flamel. His Exposition of the Hieroglyphical Figures which he caused to be painted upon an Arch in St. Innocents Church-yard in Paris* (London, 1624)

\* См.: Розенрот Кнорр фон. Aesch Mezareph, или Очищающий огонь // Тайные Фигуры Розенкрейцеров. – Киев, 1997. – С. 201–223.



Алхимические символы и сосуды.

Из книги Януса Лациния «Драгоценная жемчужина» (Венеция, 1546)

дение представляет собой своеобразную автобиографию французского алхимика. Ученые, детально изучающие биографию Никола Фламель, постоянно встречаются с документами, свидетельствующими о загадочных и порой необъяснимых событиях в жизни этого средневекового алхимика, окутаны тайной и последние годы его жизни. Существует легенда, что Фламель выделил эликсир долголетия и в награду получил вечную жизнь.

Одновременно с погоней за «философским камнем» шел поиск «алкагеста» – универсального растворителя, с помощью которого алхимики надеялись выделить «философский камень» из природных и искусственных веществ. Они считали, что, растворив им металлы и минералы, можно будет путем упаривания полученного раствора осадить золото или серебро. Одно время казалось, что такой растворитель найден. Как сообщает предание, в 1270 г. итальянский алхимик кардинал Джованни Фаданци, известный под именем Фра Бонавентура, подбирая жидкие смеси для получения универсального растворителя, смешал твердый нашатырь  $\text{NH}_4\text{Cl}$  с крепкой азотной кислотой, испытал действие этой смеси

на порошке золота, и на его глазах золото исчезло. Окрыленный своим успехом, Бонавентура назвал смесь «царской водкой» (*aqua regia*) за ее способность растворять «царя металлов» – золото и приступил к выделению «философского камня». В непрерывных экспериментах прошло десять лет, были проведены сотни опытов, но цели достичь так и не удалось. «Царская водка» не действовала на стекло, керамику, морской песок (диоксид кремния), оловянный камень (диоксид олова) и многие другие вещества. Разочарованный Бонавентура забросил алхимические опыты и занялся приготовлением лекарств.

Существует версия, согласно которой именем *Василия Валентина* называют немецкого монаха XV или, вероятнее, XVI в., который объединил все химические знания своей эпохи. Другие исследователи ставят под сомнение самое его существование и, следовательно, подлинность приписываемых ему сочинений. В начале XVII в. городской казначей (по другой версии, разбогатевший солевар) Тельде из Тюрингии опубликовал сочинения этого знаменитого алхимика; упоминания за-



Иллюстрация из трактата  
Василия Валентина  
«Триумфальная колесница антимония»

сиды, пентахлорид и трихлорид сурьмы, минеральный кермес ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$  с примесями антимоната натрия и сернистого натрия), а также ряд других веществ. Василий Валентин указал на способ приготовления *соляного спирта* (соляной кислоты) действием купоросного масла (концентрированной серной кислоты) на морскую соль.

Польский алхимик *Михаил Седживой* (*Сендивогий*) занимался философией и медициной при дворе императора Священной Римской империи Рудольфа II. Его алхимические поиски способствовали усо-

служивают следующие трактаты: «Триумфальная колесница антимония», «О великом камне древних мудрецов», «Трактат об естественных и сверхъестественных предметах металлов и минералов», «О микрокосме», «О тайной философии». Герман М. Копп, пытавшийся установить подлинность сочинений Василия, не смог решить эту задачу. Утверждают также, будто в XV в. в Эрфуртском монастыре жил монах по имени Василий, весьма сведущий в алхимической практике. После его смерти в одном из ящиков были найдены рукописи его трудов вместе с порошком золота. Как считают некоторые историки химии, честь открытия сурьмы как химического элемента принадлежит именно Василию Валентину. Однако в авторитетных научных справочниках по поводу открытия этого элемента можно прочесть лишь скромную фразу: «Известна с древности и хорошо изучена средневековыми алхимиками»\*. В трактате «Триумфальная колесница антимония» кроме антимонита (природного соединения  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) описаны и другие соединения этого элемента: ок-



Михаил Сендивогий  
(1566–1636)

\* См.: Emsley J. Op. cit.

вершенствованию методов очистки и получения различных кислот, солей и других химических соединений. Как свидетельствуют биографы, он предполагал, что воздух представляет собой смесь веществ, содержащую некую «живительную» субстанцию. Сендивогий ассоциировал эту «животворящую» часть воздуха с газом, который выделялся при прокаливании селитры. В разработанной им системе мироздания центральное место принадлежало этой «живительной субстанции». (Наиболее продуктивным периодом деятельности Сендивогия



Столпы алхимии (слева направо): Джабир, Арнальдо да Вилланова, Ар-Рази и Гермес Трисмегист, наблюдающие за работой адептов.  
(Norton Thomas, *Ordinal of Alchemy*. London, 1652)

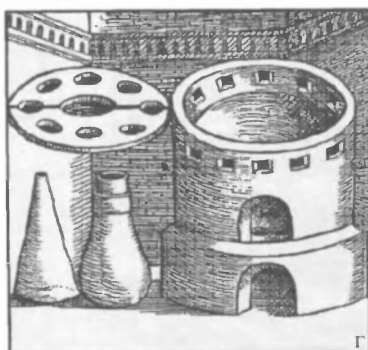
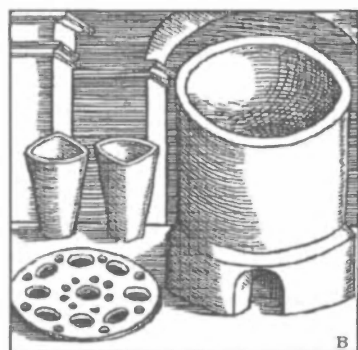
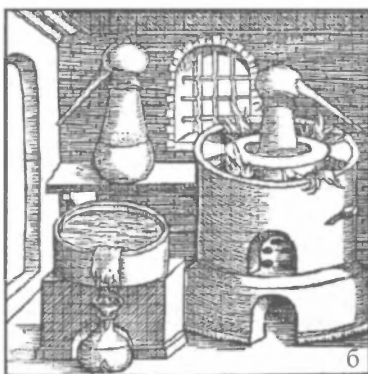
следует считать начало XVII в., когда он переехал в Польшу и стал работать при дворе короля Сигизмунда III. Польский монарх и сам проявлял нескрываемый интерес к алхимическим исследованиям и даже проводил эксперименты совместно с Сендивогием. В замке Вавель (Краков) и по сей день сохранились помещения, в которых располагалась алхимическая лаборатория Сендивогия.

Чтобы успокоить нарастающее недовольство польской знати, которую возмущали постоянно увеличивающиеся расходы королевского казначейства на проведение алхимических изысканий, Сендивогийу пришлось сменить направление своей деятельности и заняться усовершенствованием устройства горнорудных шахт и повышением эффективности оборудования для выплавки металлов. Сочинения Сендивогия, среди которых наибольшую известность приобрела книга «Новый

свет алхимии» (латинская версия была издана в 1605 г.), были написаны на специфическом языке, характерном для алхимических текстов того времени. Помимо теории о «животворящей субстанции» его книги содержат различные научные, псевдонаучные и философские теории. Сочинения польского алхимика в последующем неоднократно переиздавались. Заинтересованным читателем книг Сендивогия был один из величайших умов XVII в., создатель классической механики Исаак Ньютон. В последние годы своей жизни, проведенные в Чехии, Сендивогий отошел от алхимических изысканий. Основным направлением его деятельности было проектирование горнодобывающих шахт и мануфактур по выплавке металлов.

Имя самого выдающегося из алхимиков Средневековья, как считают исследователи\*, осталось неизвестным. Этот европейский ученый подписывал свои труды именем *Джабира*, который в действительности жил примерно за пять столетий до него. До начала XX в. считалось, что автором этих трудов был сам Джабир ибн Хайян.

Однако благодаря исследованиям М. Бергто, Э. Холмьярда и П. Крауса\*\* установлено, что эти сочинения появились на рубеже XIII–XVI вв., т.е. намного позже, чем рукописи, авторство которых принадлежит Джабиру ибн Хайяну или его ученикам. Наибольшую известность получили пять трактатов *Псевдо-Джабира*: «Итог совершенства магистерия», «О поисках совершенства», «О поисках истины», «Книга формана» («*Liber fornacum*»), «Завещание Гебера».



Рисунки лабораторного химического оборудования, предназначенного для: а – прокаливания; б – дистилляции и перегонки, в – плавления; г – сублимации.  
(Из сочинений Псевдо-Джабира)

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 24.

\*\* См.: Holmyard E. J. The Works of Geber. – London: Pergamon Press, 1928; Ydem. Alchemy. – Edinburgh: Edinburgh University Press, 1957.



Работы Псевдо-Джабира ознаменовали собой эпоху наивысшего расцвета алхимии. Для адептов тайной науки эти сочинения были особенно ценны. В них впервые была подробно описана аппаратура, применяемая при различных операциях, связанных с нагреванием на прямом огне, на песчаной и водяной банях, а также приборы, используемые при перегонке, фильтровании, кристаллизации, настаивании и возгонке. Еще одним важным достоинством сочинений Псевдо-Джабира явилось подробное и доступное для понимания читателя описание способов получения и очистки важнейших неорганических кислот – серной, соляной, азотной, а также «царской водки». Благодаря этим соединениям стало возможным по-новому осуществлять трансмутации: легче добывать благородные металлы из руды, чем «проводить превращения» металлов из неблагородных в благородные.

#### 4.6. Алхимический трактат

Если количество письменных свидетельств об уровне развития химических ремесел в древние времена ничтожно мало, то при анализе алхимического периода складывается совершенно

противоположная картина. Историки практически не располагают материальными памятниками того периода – не сохранились реактивы, приборы и устройства средневековых ученых – зато на полках западноевропейских музеев или университетских библиотек во множестве стоят алхимические манускрипты, позволяющие проводить беспристрастный анализ средневековых текстов.

Алхимические трактаты абсолютно не похожи на научные химические книги более поздних времен, их тексты скорее напоминают причудливое баснословие, собрание самых невероятных мифов и легенд, символически иллюстрирующих процесс трансмутации – алхимическое Великое Делание.

Средневековые алхимики не видели существенной разницы между живой и неживой природой. К тому же необходимо помнить, что алхимия была неразрывно

— 353 —

*Noc vere est magnum miraculum & cita fraps,  
In venenoso Dracone fumam medicinam inesse.*

#### SEXTA FIGURA.



*Mercurius recte & chymice precipitatus vel sublimatus, in sua propria Aqua resolutus & rursus coagulatus.*

*Дракон (Уроборос) – один из наиболее известных алхимических символов (страница из книги Ламбспринка «О философском камне» (Франкфурт, 1749))*

связана с двумя другими эзотерическими науками, закрытыми для непосвященных: *астрологией* и *каббалой*. Тексты трактатов, насыщенные специфическими терминами, подтверждают эту связь. Многие термины, широко применяющиеся в алхимических манускриптах для обозначения реальных веществ и мифических субстанций, поражают своей образностью и метафоричностью. «Кровью голубя», например, называли свинцовый сурик, «костями дракона» – оксиды и гидроксиды щелочных металлов, «беглецом», «легкими облаками» именовали ртуть.

Особую роль в символике алхимиков играли лев и дракон. Лев отражал процесс трансмутации. Очень часто в алхимических трактатах можно встретить изображения Змеи или Дракона, проглатывающих свой хвост. Этот персонаж носил имя Уробороса или гностического змея. Он был символом круговорота веществ, единства живого и неживого, многократности сакральных рождений и умираний, олицетворением самого Великого Делания.

Алхимические трактаты необходимо воспринимать как головоломную загадку, причем в конце текста читатель никогда не находил ответа. Средневековые алхимики писали таким образом, что читающий получал лишь зерна истины, а взрастить их и получить урожай должен только сам читающий, и то, что вырастет, «зависит от него самого и никого более, не считая, конечно, Всевышнего, ибо истинное знание, согласно канонам алхимии, живо только через откровение»\*.

Если изобразить суть всех теорий алхимиков геометрически, то получится тетрактис Пифагора, который представляет собой треугольник, построенный по десяти точкам. В его основании находится четыре точки на вершине – одна, а между ними соответственно две и три. Аналогия довольно проста: ч е т ы р е т о ч к и представляют первоэлементы-качества Аристотеля; переход одного элемента в другой, путем изменения одного из его качеств всегда служил основанием для идеи трансмутации. Т р и т о ч к и – это триада алхимиков: сера, соль и ртуть. Особенностью этой теории являлась идея макро- и микрокосмоса. Человек в ней рассматривался как мир в миниатюре, как отражение Космоса со всеми присущими тому качествами. Отсюда и значение элементов: Сера – Дух, Ртуть – Душа, Соль – Тело. Следовательно, и Космос, и человек состоят из одних и тех же элементов – тела, души и духа. Если сравнить эту теорию с теорией четырех первоэлементов-качеств, то можно увидеть, что Духу соответствует элемент «огонь», Душе элементы «вода» и «воздух», а Телу – элемент «земля». И если при этом учесть, что в основе алхимического метода лежит принцип соответствия, который для средневековой практики означал, что химические и физические процессы, происходящие в природе, аналогичны тем, что происходят в душе человека, получим:

*Сера – бессмертный дух / то, что без остатка исчезает из материи при обжиге;*

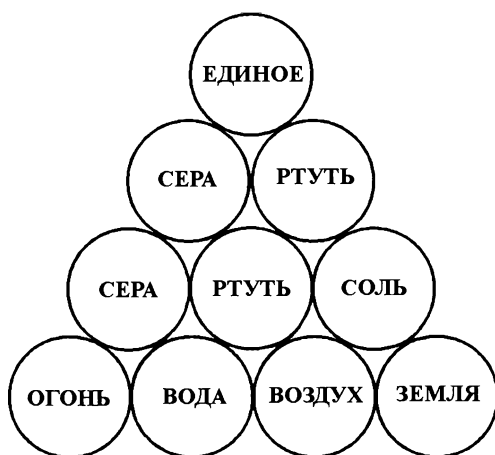
*Ртуть – душа / то, что соединяет тело и дух;*

*Соль – тело / то материальное, что остается после обжига.*

\* См.: Рабинович В. Л. Указ. соч. – С. 73.

Две точки в театриксе Пифагора – серно-ртутная теория. Философская сера и философская ртуть рассматриваются как отец и мать металлов. При их соединении образуются различные металлы. Сера обуславливает изменчивость и горючесть металлов, а ртуть твердость, пластичность и блеск.

Одна точка – идея единства (всеединства), которая была присуща всем алхимическим теориям. На ее основе алхимик начинал свою Работу с поиска первовещества, найдя которое путем специальных операций низводил до первоматерии, после чего, прибавив к ней нужные ему качества, получал философский камень. Идея единства всего сущего, как было сказано выше, символически изображалась в виде Уробороса (гностического змея) – символа Вечности и всей алхимической Работы.



Графическое изображение иерархии субстанций в алхимических теориях

Центральное место в любом алхимическом манускрипте занимал рецепт получения философского камня – Великого Делания (см. Приложение). Рецепт есть неукоснительная форма деятельности, и его императивный характер очевиден. Многие историки считают, что рецептурный характер средневекового мышления является его фундаментальной особенностью\*. Далекие потомки варваров, уничтоживших материальную и духовную культуру Римской империи, в один прекрасный момент с ужасом осознали, что начинать придется с нуля, заново учиться у тех редких мастеров, которые сохранили античные знания и умения. Поэтому рецептурность, следование проверенным канонам, воспроизведение умений мастера-учителя, владеющего секретами ремесла, является одной из неотъемлемых черт всей средневековой жизни.

Анализ текстов позволяет осознать, что рецепты представляли собой основу всей алхимической методологии. При этом очевидно одно обстоятельство: такие предписания нелегко осуществить. В них сознательно смешаны *именной принцип и вещественная реальность*: к примеру, *философская сера* и вещество сера, *Салмакида* и песчаная баня.

Как правило, в большинстве рецептов процесс трансмутации разбивался на три основных этапа. На первой, самой ранней стадии, предполагалось начальное смешивание свинца, цинка, меди и железа. Из этих элементов алхимики пытались получить «основную субстанцию» для трансмутаций, а из нее – золото и серебро. Подобное смешивание различных металлов на первой стадии изучения трансмутации называлось «почернением», так как поверхность спла-

\* См.: Рабинович В. Л. Указ. соч. – С. 83.

ва темнела из-за образования слоя оксидов. Этот этап называли *Работой-в-черном*, и символизировал его ворон. Вещество чернеет и «гниет», это смерть двух, ведущая к рождению одного – «двуполого вещества» или андрогинна. В сочинениях, 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, в результате соединения металлов приобретали серебряную окраску. Вслед за вороном приходит гусь (лебедь). Этот этап получил название *Работа-в-белом*. Его завершением должно стать получение *Малого Магистерия*, способного превращать все металлы в серебро.

Но Великое Делание на этом не останавливается. На смену гусю приходит феникс (петух) – *Работа-в-красном*. Ее результатом является *Алый Лев* или *Великий Магистерий* – тяжелый порошок шафранового цвета. Как верили алхимики, добавляя этот порошок вместе с пчелиным воском в расплавленный металл, можно получить золото.

Необходимо уточнить, что в среде самих алхимиков существовала определенная иерархия. Высшую ступень занимали *герметические философы*, коих было немного. Ниже располагались *алхимики-суфлеры* (в Англии их называли *пафферами*). Для истинного герметического философа не золото являлось заветной целью, а осуществление самого акта Великого Делания или, на крайний случай, *панацея* – лекарство, избавляющее от любых болезней и продлевающее жизнь сколь угодно долго.

Получение золота было желанной целью последней стадии проведения трансмутации для алхимиков-суфлеров. При этом они стремились придать различным сплавам цвет золота: 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 В. Штрубе, «алхимикам удавалось получать разновидности бронзы, имеющие красивую фиолетовую или радужную окраску благодаря тому,



Wie ist geboren die Edle Keyserin reich/  
Die Meister nennen sie ihrer Tochter gleich.  
Die vermehrt sich/gebirt Kinder ehñ zal/  
Sein vntdödlích/rein/vnd ohñ alles mahl.  
Die Königin haßet den todt vnd armuth/  
Sie ibertrifft Goldt/Silber/vñ Edelgestein/  
Alle Arzney/groß vnd klein.  
Nichts ist auff Erden ihr gleich/  
Des sagen wir danck Gott von Hímelreich.  
O gewalt/swingt mich nackendes Weib/  
Tt 2

Прославление «философского камня». Средневековая гравюра

что к некоторым сплавам они добавляли немного золота, а затем помещали эти сплавы в растворы, содержащие сульфиды»\*.

Рецепт осуществления процесса трансмутаций, образно говоря, был сердцем любого алхимического манускрипта, однако хотя он и занимал центральное место в рукописи, но был лишь ее малой частью. В алхимических трактатах можно выделить несколько основных тематических узлов.

Алхимики были уверены, что каждое вещество можно усовершенствовать в своем индивидуальном качестве. Как основное средство такого усовершенствования они рассматривали огонь. Получение философского камня невозможно без длительного нагревания и прокаливания. Поэтому огонь для алхимика – это не только один из начальных Аристотелевых принципов, но и средство осуществления превращений веществ. Отсюда понятно, почему в алхимических текстах такое большое место уделяется описанию различных конструкций печей и анализу тонкостей всех экспериментальных процедур, связанных с нагреванием (см. Приложение). Как правило,

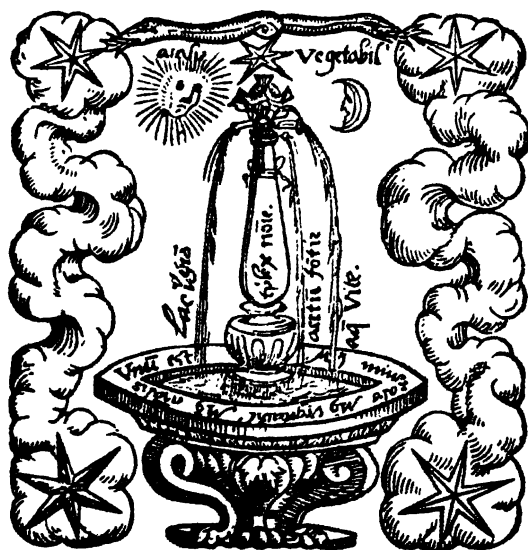
авторы трактатов подробно рассматривали и другие экспериментальные методики: приготовление растворов и порошков, настаивание, фильтрование, перегонку и сублимацию.

Осуществление процесса трансмутации невозможно без использования вспомогательных веществ, поэтому в любом алхимическом трактате приведены способы получения и физико-химической обработки (очистки) вполне реальных химических реагентов, сопоставление их свойств, а иногда и краткие аннотации их практического применения.

Вся препаративная часть, описание практических навыков и умений в алхимических манускриптах соседствовали с главами, в которых рассматривались теоретические положения, обосновывающие возможность процесса трансмутации. Как правило, теоретическая часть представляла собой рассуждения, опирающиеся на учение Аристотеля о первоэлементах-качествах, подкрепленные собственно алхимиче-

# PHILOSOPH. 211

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



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

\* Штрубе В. Указ. соч. – С. 97.

скими концепциями Джабира ибн Хайяна и Ар-Рази. Алхимический трактат представлял собой причудливую мозаику понятий, категорий, манипуляций, магических ритуалов и теоретических представлений, которые, с мировоззренческих позиций современного человека, в принципе не способны создать целостную картину какого-либо процесса и явления. Но алхимики мыслили иначе. Принцип смешения несмешиваемого – вот образ действия истинного адепта «тайного искусства»: к экспериментальной манипуляции примешивается магический ритуал, к практическому действию – священнодействие.

Анализ содержания подавляющего большинства сочинений алхимиков позволяет установить, что их *деятельность* складывается главным образом из трех составляющих\*. Во-первых, это ритуально-магический опыт, который имеет *квазинаучный* – объяснительный и эвристический – статус, представленный в формах эзотерического символизма и специфического языка алхимии. Во-вторых, практический опыт как бессодержательное пустотелое ремесло. И, наконец, практический опыт как искусство, изготавливающее единичную вещь (химическая композиция как ваяние и живопись, как высокий артистизм). По образному выражению В. Л. Рабиновича, деятельность алхимика представляет собой синкретическую гармонию магии, ремесленной техники и искусства.

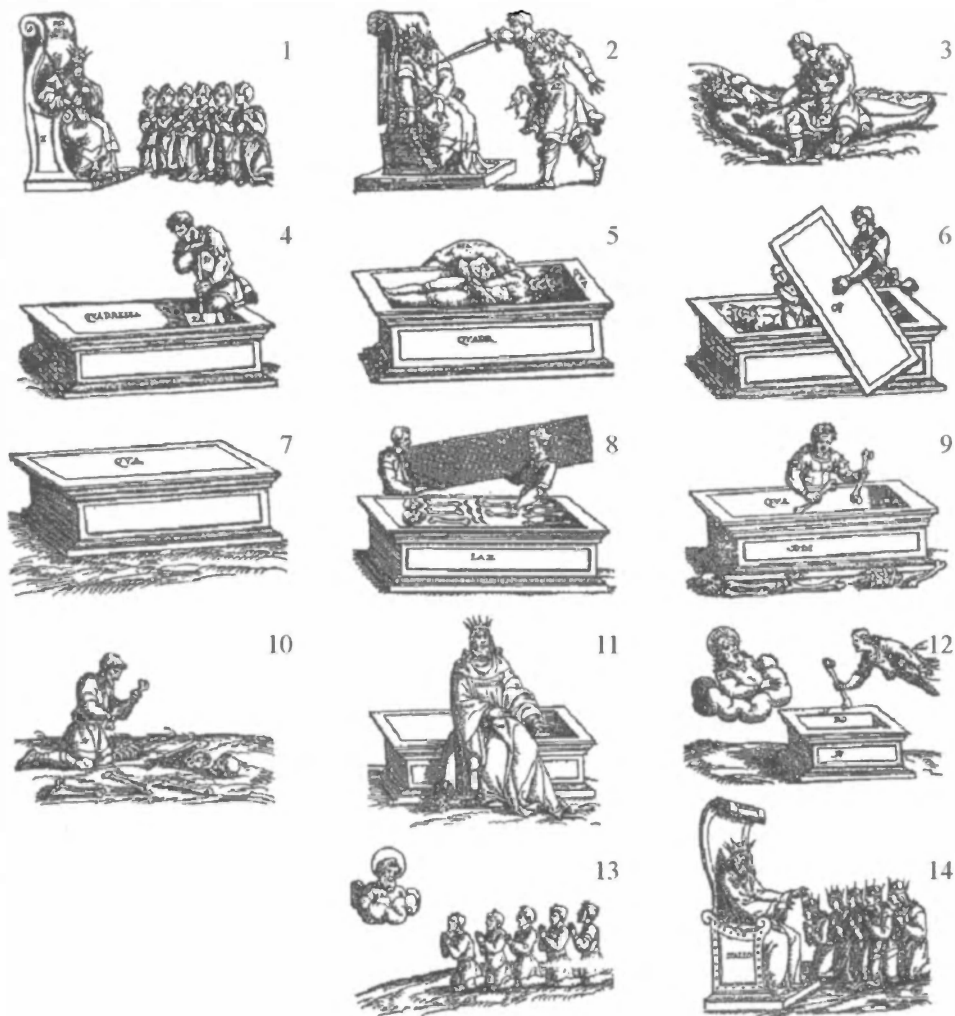
#### 4.7. Закат западноевропейской алхимии

Не секрет, что в обыденном сознании алхимия зачастую воспринимается как не слишком удачная деятельность жуликоватых средневековых недоучек, обуреваемых стяжательством и поверивших в возможность получения золота из свинца, меди и железа. Однако такая оценка слишком поверхностна. В период с XII по XVI в. западноевропейская алхимия явила миру много ученых, отличавшихся честностью и бескорыстностью своих намерений.

До тех пор, пока богатство и власть в разных странах Европы зависели от владения землей и крепостными крестьянами, товарно-денежный обмен играл в обществе лишь подчиненную роль. Весьма показателен пример, который приводит В. Штрубе\*\*. В 1063 г. при дворе Бременского архиепископа жил некий Паулус, который утверждал, что может превратить медь в золото. Однако архиепископ Адальберт высказал полную незаинтересованность в золоте, что на время погасило интерес к деятельности алхимиков. (Через некоторое время Паулуса и вовсе уличили в обмане.) Бременский архиепископ Адальберт не соблазнился заманчивыми обещаниями Паулуса, поскольку в то время на территории Западной Европы еще господствовала система натурального хозяйства. Производительность труда была сравнительно низкой, поэтому сколько-нибудь значительного излишка товаров образоваться не могло. Золото и серебро еще не приобрели статуса всеобщего эквивалента богатства. Истинным богатством были плодородные пашни, скот, а также труд крепостных крестьян и

\* См.: Рабинович В. Л. Указ. соч. – С. 108–124.

\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 97.



«Новая жемчужина неслыханной цены». Гравюры на дереве (Венеция, 1546)

Король, символизирующий золото, обращается к сыну (ртуть – Меркурий) и пяти слугам (серебро, медь, железо, олово и свинец), свидетельствуя собственное всемогущество. Ни слова не говоря, Меркурий убивает собственного отца. Последующие события – осмотр раны, положение во гроб, истлевание останков, высвобождение духа, воскрешение во плоти – составляют сюжеты гравюр 3–13. На последней гравюре изображен коронованный Меркурий, коронующий в свою очередь, королевских слуг (несовершенные металлы). Сквозной сюжет всех четырнадцати гравюр символизирует обретение несовершенными металлами потенции к трансмутации ценою смерти тленного тела во имя воскрешения в новой славе и блеске. Меркурий – ртуть – получает богоподобную мощь философского камня, облагороженного королем – золотом, пролившим кровь, активирующую совершенствование металлов и высвобождающую их от порчи

ремесленников. Так, в средневековых документах упоминается о том, что воинское снаряжение рыцарь мог получить в обмен на сорок коров. Поэтому в XII–XIII вв. на ранних стадиях эволюции западноевропейской алхимии в осуществлении процесса трансмутации были заинтересованы только сами весьма немногочисленные алхимики, да некоторые представители высшей светской и духовной власти.

Алхимия процветала лишь в тех странах, где осуществлялся регулярный и стабильный товарно-денежный обмен, как это происходило в эллинистических, исламских государствах, а позднее, в эпоху Возрождения, – в Европе. Однако спустя примерно три века алхимия в христианской Европе получила необычайно широкое распространение. Жажда обогащения способствовала широкому распространению веры в трансмутацию, или «алхимическое искусство», а постоянно растущая всеобщая эйфория заглушала критические сомнения и сообщения о неудачах алхимиков.

Отношение общества к алхимии за весь период ее существования менялось практически в одном направлении: от признания ее единственной непреложной наукой (*scientia immutabilis*) в начале долгого пути – до проклятия как лженауки и мошенничества на финальной стадии. Некоторые европейские монархи и главы католической церкви усматривали в алхимии угрозу стабильности своей власти. В XIV в. изучение алхимии было запрещено католической церковью. Опасаясь обесценивания золота, папа Иоанн XXII (который, как свидетельствуют некоторые источники, сам был тайным сторонником алхимии) в 1317 г. издал буллу «*Spondet quas non exhibent*», в которой предал алхимию анафеме. Спустя десятилетие Иоанн XXII издал буллу «*Super illius specula*», направленную против магов и чернокнижников. Такое отношение оборачивалось для некоторых алхимиков прямым преследованием, позолоченным сусальным золотом виселицей или костром инквизиции. Честные и бескорыстные алхимики, вынужденные скрывать предмет своих изысканий, стали изъясняться еще туманнее, хотя жульничество на почве алхимии процветало, как и прежде.

Заключительная стадия эволюции алхимии началась в Западной Европе в конце XVI в. и продолжалась до конца XVIII в. Это был период ее окончательного упадка и вырождения. Именно в это время Европу наводнили полчища алхимиков-шарлатанов, которых впоследствии стали называть «фальсификаторами металлов». Поиск секретов добычи золота стал доходным ремеслом для многих мошенников. Среди деятелей алхимического обмана наиболее яркими фигурами можно считать Каэтана и Джузеппе Бальсамо, известного также как граф Калиостро. Именно эти «фальсификаторы металлов», во многом, стали причиной третьего вырождения алхимии (после греков и арабов).

«Алхимический бум» был обусловлен, прежде всего, социально-экономическими причинами. К XVI в. в значительной степени возросла эффективность сельского хозяйства и ремесленного производства, появились первые мануфактуры. Совершенствование товарно-денежной системы привело к тому, что золото все в большей степени становилось универсальной мерой стоимости товаров. Возникла и окрепла монетарно-меркантилистская теория развития экономики. Согласно этой теории, богатство человека определялось только количеством де-



нег, которыми он владел. Главной целью монархов и многих людей стало стремление к увеличению богатства в виде запасов золота, серебра или драгоценных камней, которые в любой момент можно было обменять на любые товары. Всеобщая жажда золота гнала европейцев в заморские страны. В этот период в качестве источников обогащения рассматривали не только разработку месторождений благородных металлов, торговлю, разбой или разграбление завоеванных территорий, но и деятельность алхимиков.

Г. М. Копп и Э. Мейер отмечали, что с XVII по XVIII в. алхимия все более распространялась в Западной Европе именно как златоделие. Г. М. Копп указывал, что на протяжении значительного периода XVIII в. алхимики выпускали больше книг, чем химики. В. Штрубе приводит куплет немецкой уличной песенки, относящейся примерно к 1730 г.:

«Алхимиком ныне хочет быть всяк:

Юнец, и старик, и круглый дурак,

Придворный советник, цирюльник, солдат,

Монах, и священник, и адвокат!»\*

Дворы крупных европейских феодалов оказались на тот момент основной силой в обществе, поддерживающей алхимию. Расходы на многочисленные войны, содержание наемных армий, поддержание роскоши двора требовали все больших средств. В XV–XVIII вв. многие коронованные особы ревностно занимались алхимией. Короли и князья часто привлекали алхимиков для осуществления финансовых махинаций, в частности для изготовления фальшивых монет. Например, Англия в правление короля Генриха VI была наводнена фальшивым золотом и фальшивой монетой. Подобным же образом во времена Столетней войны во Франции действовал и Карл VII вместе с известным мошенником Жаком ле Кером. Император Священной Римской империи Рудольф II был покровителем странствующих алхимиков, и его резиденция представляла центр алхимической науки того времени. Императора называли германским Гермесом Трисмегистом. Курфюрст Август Саксонский и его супруга Анна Датская производили опыты: первый – в своем дрезденском «Золотом дворце», а его супруга – в роскошно устроенной лаборатории на своей даче «Фазаний сад». Дрезден долго оставался столицей государей, покровительствующих алхимии, особенно в то время, когда соперничество за польскую корону требовало значительных денежных расходов.

Даже король Пруссии Фридрих II благоволил алхимии. В Берлине он основал лабораторию, в которой работало одновременно несколько алхимиков для достижения «политических целей короля». Алхимики процветали и в Австро-Венгерской империи. 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», он даже заключил алхимика под стражу, предварительно предоставив ему все необходимое для работы, и Зефельд проводил свои опыты до тех пор, пока не сбежал.

\* Перевод Д. Н. Трифонова (см.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 105).

Один из активных последователей теории флогистона (см. гл. 6, п. 6.3) И. Юнкер в середине XVIII в. разразился гневной тирадой в адрес алхимиков: «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 простолудины, 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»\*.

Вплоть до середины XVIII в. у алхимиков не было недостатка в практических и наглядных «доказательствах» правоты их представлений. Например, «фальсификаторы металлов» часто демонстрировали монеты, отчеканенные якобы из золота, полученного алхимическим путем. Еще одним средством, призванным развеять сомнения в «истинности» алхимических изысканий, служили иглы, с одного конца железные, а с другого золотые. Мошенники уверяли, что для завершения трансмутации железа в золото им попросту не хватило «философского камня». Тем не менее, судебные инстанции нередко выносили обвинительные приговоры ловким мистификаторам, которые сообщениями об «удавшихся трансмутациях» вновь и вновь оживляли веру в возможность превращения металлов. В тех случаях, когда алхимиков уличали в обмане, их могло ждать суровое наказание, хотя порой дело доходило до казусов: так, известный алхимик-практик Иоганн Беттгер едва избежал смертного приговора за мошенничество лишь потому, что с помощью своего коллеги Э. Чирнгауза сумел установить состав *фарфора* и организовать его производство (знаменитый мейсенский фарфор).

Начиная с XV в. многие критически мыслящие западноевропейские алхимики приходят к выводу о тщетности поисков философского камня и эликсира жизни. Свои изыскания они стремятся проводить, исходя из теории арабских коллег, которые рассматривали *ртуть*, *серу* и *соль* в качестве основных составных частей металлов. Введение третьей составной части – соли – значительно расширило область алхимических экспериментов, однако, как указывал Леонардо да Винчи, путь их оставался по-прежнему ошибочным. В силу существующей в веках традиции алхимии позднего Средневековья так и не смогли отойти от бесполезного исправления теории металлов и призрачных надежд на открытие философского камня. Существующее положение усугубляла также консервативная организация и идеологическая замкнутость алхимических исследований.

В конце XVI в. возникает новое русло и мощный внутренний побудительный мотив для развития химических знаний – постоянно крепнущее и расширяющееся химическое производство. Этот период отмечен существенным изменением

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 106.

направления развития химических знаний: от алхимии – к ремеслам, от погони за мифическими субстанциями – к абсолютно реальной практике промышленного производства, развитие которого при зарождающемся буржуазном укладе экономики предъявляло новые требования к химии. Фабрикант, который обогащался за счет реализации своей продукции, остро нуждался в *научно обоснованных, проверенных практикой знаниях о химических процессах* производства красок, селитры, купороса и многих других материалов. Истинные химические знания были необходимы и для развития металлургии, расширения производства продуктов брожения. В мануфактурах ремесленное производство достигло своей наивысшей стадии, но для дальнейшего его развития требовались знания причин химических процессов, протекающих в природе, опираясь на которые, можно было бы воспроизводить условия, подходящие для проведения эффективных производственных процессов. Алхимики же, в большинстве своем, *не могли справиться с такими задачами.*

Началась непримиримая борьба с алхимией, которую возглавили представители химической науки, выражавшие интересы крепнущего класса промышленников. Практическое применение «теорий» алхимиков вызывало ненужные затраты времени, труда, сил и материалов, что тормозило развитие химических знаний и химических ремесел. Требовалось преодолеть алхимические пережитки, доказать несостоятельность основных положений алхимии. Это удалось только тем ученым, которые занимались созданием теории флогистона, пригодной для объяснения процессов промышленного производства. Задал направление и стиль полемики с алхимиками один из первых ученых-флогистиков Георг Эрнст Шталь (см. гл. 6, п. 6.4). Взгляды Г. Э. Штalia полностью отражали стремления промышленников использовать химию для совершенствования старого и развития нового производства. По мнению немецкого ученого, химия важна прежде всего потому, что является чрезвычайно полезной в горном деле и других ремеслах, поскольку позволяет получить «много нужных для человека веществ, которые можно приготовить собственными руками».

Среди работ ученых XVIII в., последовательно выступавших против алхимии, особо следует отметить книгу немецкого химика Иоганна Христиана Виглеба «Историко-критическое исследование алхимии, или воображаемого искусства получения золота» (1777). В этом произведении он подробно исследовал «гнилое дерево» алхимических представлений, вскрывал ошибочность их теорий и ложность доказательств. Виглеб делал это очень решительно, поскольку считал, что в его время вера в чудеса все еще широко распространена в обществе, и алхимики пытаются «спрятать за подобными мистификациями свое невежество», тогда как прогрессивная наука больше не желает «мириться с этим обманом».

В ходе острой полемики противники алхимии все больше и больше теснили своих оппонентов, переходя от эмоциональных высказываний к последовательной аргументации своих взглядов на процесс дальнейшего развития химической науки. Итогом этого противостояния явилось опровержение основных алхими-

ческих доктрин, показ невозможности на их основе объяснить протекание разнообразных химических процессов. Последовательный отказ сторонников «новой химии» от устаревших алхимических догм имел широкий общественный резонанс. В конечном итоге большинство людей «перестали называть химика лгуном и специалистом по подделке золота, как раньше величали алхимиков»\*.

В XVIII в. торжеству новых взглядов на пути эволюции химической науки способствовала и сама жизнь. Динамичное и поступательное развитие химического производства, а также других отраслей прикладной химии опиралось на теоретические концепции противников алхимии. Успешное сотрудничество химиков-практиков с учеными, разрабатывающими теоретические представления вне рамок старых алхимических доктрин, служило бесспорным доказательством справедливости выбранных новых путей эволюции научных химических знаний.

#### 4.8. Место алхимии в средневековом обществе

Обличительная страстность борцов с алхимией вполне оправдана: они хотели избавить химию от бесконечного блуждания по замкнутому лабиринту бесплодных экспериментов, схоластических умозаключений и мистического ожидания чуда. Г. Э. Шталю, И. Х. Виглебу и их последователям удалось указать грядущим поколениям ученых истинные перспективы развития химической науки, утверждая, что в ее основе лежат насущные проблемы человечества. На последней стадии своей эволюции алхимия утратила авторитет в погоне за драгоценными металлами, поощряемой исключительным корыстолюбием влиятельных аристократов.

Однако было бы несправедливо вслед за многими «антиалхимистами» XVIII в. рассматривать алхимию лишь как ошибочную попытку добиться конкретных практических целей на основе мифологических представлений. С точки зрения сегодняшнего дня следует признать, что большинство алхимиков, особенно на ранних стадиях ее эволюции, прибегали к изучению процесса трансмутации не из корыстных побуждений, а преследуя научные или даже мировоззренческие цели. «Химическая» картина мира в представлениях средневековых ученых принципиально отлична от современных представлений\*\*. Как уже упоминалось, во времена Средневековья ученые не видели существенной разницы между живой и неживой природой. Это подтверждают многие термины, широко применяющиеся в алхимических трактатах. Кроме того, еще со времен Аристотеля превращения неорганических веществ алхимики уподобляли процессам роста и созревания плодов растений. Они полагали, что их высокое призвание заключается в помощи при рождении новой сущности, подобно тому, как врач способствует появлению на свет нового человека. Зачастую алхимики не только хорошо владели искусством химических превращений, но и обладали навыками врачевания, должны были, исходя из этого соблюдать определенные этические принципы, которые основывались на благочестии и

\* Штрюбе В. Указ. соч. – С. 120.

\*\* См.: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 290.

добрых помыслах. Поэтому на ранних стадиях эволюции алхимии корыстолюбие и стремление к обогащению считались пороками, поскольку они мешали глубже проникнуть в заветные тайны Природы, и как можно полнее слиться сознанием с нею. Все эти обстоятельства необходимо учитывать, чтобы понять удивительное смешение описаний реальных и фантастических событий в алхимических трактатах.

Алхимия как вид человеческой деятельности в генезисе располагается между позднээллинистическим теоретизированием и химическим ремеслом. Как образно выразился В. Р. Рабинович: «В таком срединном положении алхимик нарочито дилетантским образом, не являясь в чистом виде ни философом-александрийцем, ни металлодельцем-имитатором, «решает» основную познавательную задачу Средневековья о соотношении духа и плоти. Эта задача в алхимической практике предстает как проблема тождества оперирования с веществом и размышления о веществе»\*. Именно в этом многие историки науки усматривают осмысление алхимии как предшественницы новой химии.

В средневековых фолиантах алхимические и философские теории обычно соседствовали с описанием реальных экспериментов, зачастую используемых в различных производственных сферах (горном деле, ремеслах и т.п.). Все это свидетельствует о том, что алхимия оказывала заметное влияние на общий уровень развития культуры в целом. Такое многообразное вращение алхимии в науку и культуру Средневековья очень затрудняет стремление выделить в чистом виде собственно алхимию, отграничить ее от химии, а также от других видов духовной и практической деятельности человека.

Алхимия полностью биполярна. И таких диполей с разнесенными положительными и отрицательными зарядами в ее лоне достаточно много. Деяния алхимика многозначны. Он – теоретик и ремесленник-эмпирик, философ и теолог, мистик и схоласт, художник и поэт, правовеерный христианин и маг-чернокнижник. Алхимия – неповторимая культурно-историческая реальность, органично включившая в себя многообразные проявления деятельности средневекового человека, и можно смело утверждать, что алхимия представляет собой *явление средневековой культуры* в широком смысле этого слова.

#### 4.9. Алхимия: лженаука или *scientia immutabilis*?

И в настоящее время среди ученых нет единодушия в оценках значения алхимического периода в процессе эволюции химической науки. При этом высказываются диаметрально противоположные мнения. Так, Н. А. Фигуровский писал: «Алхимию можно образно представить в виде бесплодного отростка на живом дереве химии ... наследие алхимического периода в теоретическом отношении было фактически равно нулю, а что касается нового фактического материала, он весьма невелик по своей значимости для развития химических знаний»\*\*.

\* Цит. по: Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 290.

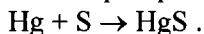
\*\* Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. – М.: Наука, 1969. – С. 124–127.

Одним из первых, кто попытался рассмотреть алхимический опыт в нескольких измерениях был М. Бертло (см. гл. 2, п. 2.1; гл. 9, п. 9.2). «Science intermediaire» – так определил Бертло место алхимии в процессе эволюции химических знаний. По его мнению, алхимия является переходной, промежуточной ступенью между древним состоянием умов, поработанных мистицизмом, магией и теургией, и абсолютно позитивным мышлением современного человека.

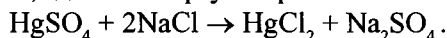
Есть и другие мнения выдающихся химиков. Например, Юстус Либих писал: «Среди алхимиков всегда было немало настоящих исследователей, которые искренне заблуждались в своих теоретических воззрениях... Алхимия была наукой, тесно связанной со всеми областями химических ремесел. Открытия алхимиков Глаубера, Беттгера, Кункеля можно поставить в один ряд с крупнейшими достижениями нашего времени». Чтобы сделать окончательный вывод, целесообразно обратиться к беспристрастным историческим фактам.

В алхимический период были созданы различные аппараты, используемые при операциях, связанных с нагреванием на прямом огне, на песчаной и водяной бане, применяемые при перегонке, выпаривании, фильтровании, кристаллизации, настаивании и возгонке веществ, смесей и растворов. Несомненной заслугой арабских и западноевропейских алхимиков является значительное расширение знаний в области *практической* и *прикладной* химии и прежде всего – в накоплении и определенной систематизации химической фактологии. Арабские и европейские алхимики умножили сведения об известных ранее соединениях, отыскивали лучшие способы их получения и очистки.

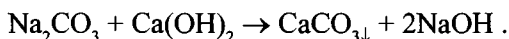
Западноевропейские алхимики сделали также важное наблюдение о возможности искусственного получения киновари прямым соединением серы с ртутью:



Значительно расширился и список соединений ртути, приготовление которых было усовершенствовано: сулему получали нагреванием смеси ртути, хлористого натрия, квасцов и селитры – метод, сохранившийся в современной фармацевтической промышленности, где вместо ртути применяется ее сульфат:

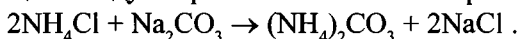


Уже арабские ученые использовали оригинальный способ получения щелочей:



Расширение знаний о нелетучих щелочах (карбонатах и гидроксидах щелочных металлов) у западных алхимиков явилось продолжением исследований арабских ученых, которые уже различали между собой соду и поташ (Абу Мансур).

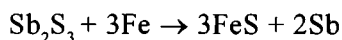
Лучше были изучены и соли аммония, частично знакомые греко-египетским и арабским алхимикам. Кроме водного раствора аммиака, известного под названием «летучей щелочи» (alcali volatile), различные соли аммония распознавались по их летучести при нагревании. Карбонат аммония был получен перегонкой разложившихся продуктов выделения, но был также найден способ его получения из нашатыря и нелетучей щелочи (реакция между хлористым аммонием и карбонатом натрия):



Из соединений железа, наиболее тщательно изученных западными алхимиками, следует упомянуть об искусственно синтезированных оксидах, под названием «мертвая голова» (*caput mortuum*) и «колькотар» (*colcothar*).

Однако самым важным в деятельности алхимиков было то, что они научились синтезировать, выделили в чистом виде и описали вещества, которых не существовало в окружающей природе. К списку из семи металлов (Au, Ag, Cu, Fe, Pb, Hg, Sn) и двух неметаллов (S и C), известных еще с глубокой древности, в алхимический период добавилось четыре металла (As, Sb, Bi, Zn) и один неметалл – фосфор\*, и таким образом список известных элементов увеличился более чем на 50 % (табл. 4.1). Авторство открытия двух из элементов в настоящий момент не вызывает споров: в описании мышьяка пальма первенства принадлежит Альберту Магнусу, а фосфора – алхимику Хеннигу Бранду. Открытие сурьмы приписывают Василию Валентину, но, как говорилось, личность этого персонажа алхимической мистерии идентифицировать не удалось. С авторством открытия висмута и цинка и вовсе ничего не ясно: считается, что эти элементы в виде простых веществ были выделены в XV в. сразу несколькими алхимиками.

Как уже говорилось, еще арабские алхимики применяли некоторые соединения цинка (оксид цинка был известен под названием *философской шерсти*), то же было и с сульфатом цинка. Сурьму получали из природного сульфида сурьмы нагреванием с железом:



и признали ее разновидностью металла (*сурьмяный свинец*). В «Триумфальной колеснице антимония» не только упоминается сурьма как металл, но дается описание ее сплавов со свинцом и оловом, сурьмяного масла (три- и пентахлоридов сурьмы) и основного хлорида сурьмы, немного позднее употреблявшегося в медицине веронским врачом Витторио Альгаротто (XIV в.) под названием «ангельского порошка» (*pulvis Angelicus*), а ныне известного как *альгаротов порошок*.

Западноевропейские алхимики представили миру не встречающиеся в природе *сильные неорганические кислоты*, наиболее подробное описание получения и свойств которых можно найти в латинских сочинениях, приписываемых Псевдо-Джабиду. Считается, что серная кислота была известна уже в XII в.: по крайней мере, о ней упоминает Альберт Великий. Обычно эту кислоту получали нагреванием железного купороса – отсюда ее название *купоросный спирт* (*spiritus vitrioli*) и квасцов. Несколько позднее ее научились получать нагреванием серы с селитрой. Хлористоводородная кислота (или соляной спирт – *spiritus salis*), стала известна западным алхимикам на рубеже XII–XIII вв. Для ее приготовления использовали нагревание смеси морской соли и серной кислоты.

\* *Emsley J. Op. cit.*

Таблица 4.1

*Достижения наиболее известных представителей алхимии*

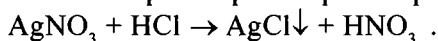
Ученый	Сочинения, теоретические концепции, основные достижения и заслуги
<b>Греко-египетская алхимия</b>	
Болос из Менде (Псевдо-Демокрит) (III в. до н.э.)	Трансмутация: свинец → золото; железо → золото
Зосима из Панополиса (IV–V вв.)	28 книг по химии: приемы имитации золота и серебра, получение амальгам, получение ацетата свинца, описание алхимических приборов; возможно, впервые – идея алхимического медиатора (философский камень)
<b>Арабская алхимия (VII–XII вв.)</b>	
Джабир ибн Хайян (721–815 гг.)	«Книга семидесяти», «Книга о ядах» Трансмутация: ртуть + сера → все металлы, включая золото
Абу-ар-Рази (Разес) (865–925 гг.)	«Книга тайны тайн», «Секреты секретов» Элементы-принципы: ртуть, сера, соль
<b>Западноевропейская алхимия (XII–XVIII вв.)</b>	
Альберт Великий (1193–1280 гг.) Германия	«Пять книг о металлах и минералах», «Малый алхимический свод» (Libellus). Описание печей и алхимических манипуляций, открыл мышьяк и описал его свойства
Роджер Бэкон (1214–1292 гг.) Англия	«Зеркало алхимии», «О тайнах природы и искусства и о ничтожестве магии». Роль эксперимента (внешний и внутренний опыт)
Арнальдо да Вилланова (1250–1313? гг.) Италия, Испания	«Четки философов», «Розарий философов». Впервые получил и подробно описал этиловый спирт, ряд простых и сложных эфиров
Псевдо-Джабир (XIII–XIV вв.) Испания?	Минеральные кислоты (описал азотную и серную кислоты и, вероятно, впервые «царскую водку»)
Фра Бонавентура Италия	«Царская водка» (1270 г.). Растворение золота
«Василий Валентин» (XV в.) Германия	Книга «Триумфальная колесница антимония» и др. сочинения. Описание сурьмы и ее соединений, впервые упоминается соляная кислота (spiritus salis), действие кислот на спирт (получение эфиров). Три начала металлов: ртуть, сера, соль
Неизвестные алхимики (ориентировочно XV в.)	Открытие висмута и цинка, описание их свойств
Хенниг Бранд Германия, Гамбург	В 1669 г. открыл новый элемент – фосфор



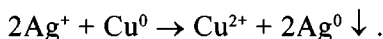
*Азотная кислота* (или крепкая водка – aqua fortis) также была получена нагреванием смеси селитры, медного купороса и квасцов. Получение *царской водки* (aqua regia) действием азотной кислоты на раствор нашатыря изложено в латинских текстах, приписываемых Псевдо-Джабиру, однако Бонавентура описывал способ получения царской водки уже в 1270 г. Было замечено важное свойство царской водки – растворять не только серебро, но и золото, считавшееся до тех пор не поддающимся изменению.

С открытием сильных неорганических кислот число изученных солей значительно возросло. Их различали главным образом по происхождению: хлористый натрий называли морской солью (sal maris), селитру – каменной солью (sal petrae) и т.д. Была известна также *общая реакция получения солей*, которая впоследствии очень помогла химическому исследованию, а именно действие кислоты на щелочь и наоборот. Так, селитра была получена действием азотной кислоты на раствор поташа, как о том свидетельствует составитель латинских текстов, приписываемых Псевдо-Джабиру. Эта реакция была открыта, вероятно, случайно и ускользала от внимания многих исследователей, но в последующие века алхимического периода ее широко применяли для приготовления различных солей в чистом состоянии, которые также получали при помощи кристаллизации.

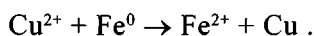
Кристаллический нитрат серебра был получен выпариванием его раствора, и было также замечено образование осадка хлористого серебра при действии хлористоводородной кислоты на растворы нитрата серебра:



Кроме того, от внимания алхимиков не ускользнул и процесс осаждения серебра из азотнокислых растворов медью и ртутью – наблюдение, которое в XIX в. сыграло свою роль в установлении электрохимического ряда напряжений металлов



Уместно напомнить, что арабским алхимикам с X в. было известно осаждение меди из раствора ее сульфата при действии железа – реакция, которая аналогична предыдущей и которая позднее приобрела значение в современной металлургии меди:



И хотя среди алхимиков долгое время господствовала вера в то, что как серебро, так и медь, осажденные из растворов, сотворены заново, эти реакции, несомненно, способствовали прогрессу химии.

По мнению целого ряда авторов\*, *главной заслугой* европейских алхимиков следует считать получение не встречающихся в природе *сильных неорганических кислот* – серной, соляной и азотной, что явилось эпохальным достижением

\* Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. – С. 284.

в развитии химии, сопоставимым по значимости с разработкой технологии выплавки железа\*. Используя эти кислоты, европейские алхимики смогли осуществить многие не известные ранее превращения: *растворить серебро* и даже *золото* (см. гл. 7, п. 7.5). Стали известны *общие реакции получения солей при взаимодействии кислот и щелочей*, что имело большое значение для проведения последующих химических исследований и систематизации неорганических соединений. Минеральные кислоты дали человечеству гораздо больше, чем могло дать золото, если бы его научились получать трансмутацией\*\*.

Европейские алхимики существенно расширили и список органических веществ, применяющихся в лабораторной практике. Арнальдо да Вилланова а затем Раймунд Луллий начали приготовление чистого спирта перегонкой крепких вин и водки. Арнальдо да Вилланова наблюдал образование диэтилового и азотноэтилового эфиров при обработке этилового спирта серной и азотной кислотами. Однако алхимики еще не имели представления об их природе. В этот период была известна также уксусная кислота в виде крепкого уксуса, полученного перегонкой уксуса обычного; тогда же в качестве лекарства применялся основной ацетат свинца.

Многие алхимики высказывали оригинальные суждения по поводу строения окружающего мира, которые не укладывались в рамки учения Аристотеля об элементах-качествах и о трех составляющих частях металлов – *сере*, *ртути* и *соли*. В работах самого создателя этой теории Ар-Рази заметны некие слабые зачатки атомизма Демокрита. Живший на рубеже XVI–XVII вв. польский алхимик Михаил Сендивогий также высказывал теоретические положения, весьма созвучные атомистическим концепциям.

В лекциях по общей химии, прочитанных слушательницам Высших женских курсов, Д. И. Менделеев говорил, что алхимикам «наука обязана первым точным собранием химических данных. Поверхностное знакомство с алхимиками часто влечет за собой невыгодное о них мнение, в сущности весьма несостоятельное... Только благодаря запасу сведений, собранных алхимиками, можно было начать действительно научное изучение химических явлений»\*\*\*.

Выдающийся немецкий химик Юстус Либих высказался еще более категорично: «Я занялся историей алхимии и ятрохимии и открыл, что они являются не заблуждением времени, а естественной ступенью развития, такой именно ступенью, когда все силы были направлены на определение свойств тел; когда следовало открыть, наблюсти и определить их особенности»\*\*\*\*.

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 24.

\*\* См.: Кукушкин Ю. Н., Дремов А. В. Указ. соч. – С. 83.

\*\*\* Менделеев Д. И. Сочинения: В 25 т. – Л.; М., 1949. – Т. 15. – С. 358.

\*\*\*\* Либих Ю. Письма о химии: В 2 т. / Пер. с нем. П. Алексеева. – СПб., 1861. – Т. 1. – С. 56–57.

## 4.10. Краткие биографические данные ученых

**ЭРАТОСФЕН** (ок. 276–194 гг. до н.э.). Заложил основы математической географии, работал в области теории чисел, философии, музыки. Впервые вычислил диаметр Земли с высокой точностью (ошибка в 75 км).

**ЕВКЛИД**, древнегреческий математик. Работал в Александрии в III в. до н.э. Главный труд – «Начала», состоящий из 15 книг. Заложил основы элементарной геометрии, теории чисел, метода определения площадей и объемов. Оказал огромное влияние на развитие математики.

**АРХИМЕД** (ок. 287–212 гг. до н.э.), древнегреческий математик и физик. Родом из Сиракуз (Сицилия). Разработал предвосхитившие интегральное исчисление методы определения площадей и объемов различных фигур и тел. Открыл закон Архимеда. Автор многих изобретений. Организатор инженерной обороны Сиракуз в войне с Римом.

**АРИСТАРХ САМОССКИЙ** (ок. IV – первая половина III в. до н.э.), древнегреческий астроном. «Коперник древнего мира» (Ф. Энгельс). Первым высказал идею гелиоцентризма. Утверждал, что Земля – шар, вращающийся вокруг неподвижного Солнца.

**ГЕРОФИЛ** (род. ок. 300 г. до н.э.), древнегреческий врач и анатом, один из основоположников александрийской медицинской школы. Первым описал многие анатомические образования. Личный врач царя Птолемея II.

**БОЛОС** из Менде, известен также как **БОЛОС-ДЕМОКРИТ** или **ПСЕВДО-ДЕМОКРИТ**. (III в. до н.э.). Предполагаемый составитель алхимических и астрологических трактатов.

**ЗОСИМА Панополитанский** (род. ок. 350 г. – 400 г. н.э.), греческий ученый, один из основателей алхимии. Родился в Панополисе (ныне Акхмим, Египет). Сведения о его жизни крайне отрывочны. Известно его сочинение, состоящее из 28 книг, которое пользовалось широкой известностью у александрийских, а позднее и у средневековых алхимиков.

**КЛЕОПАТРА** (69–30 гг. до н.э.). Последняя царица Египта с 51 г. до н.э., из династии Птолемеев. Как свидетельствуют многочисленные источники, для своего времени Клеопатра была блестяще и разносторонне образована. Согласно непроверенным данным, имела глубокие познания в химии, в частности, в приготовлении ядов и лекарств. Клеопатре приписывают авторство нескольких алхимических трактатов, в том числе, и знаменитой «Хрисопеи». Благодаря уму и образованности, Клеопатра смогла влиять на Юлия Цезаря. После 41 г. до н.э. оказывала влияние и на Марка Антония (с 37 г. до н.э. – жена Марка Антония). После поражения в войне с Римом и вступления в Египет римской армии Октавиана (Августа) покончила жизнь самоубийством. Образ Клеопатры получил отражение в литературе (У. Шекспир, Б. Шоу) и изобразительном искусстве (Дж. Тьеполо, П. П. Рубенс и др.).

**ДЖАБИР ибн Хайян** (721–815), более известен в Европе под именем **Гебер**. Самый знаменитый из алхимиков Арабского Востока. Известен как алхимик, фармацевт, философ, астроном и физик. Европейские последователи упоминают его как «отца арабской химии». Его этническая принадлежность не совсем ясна: большинство источников заявляет, что он был арабом, хотя некоторые предполагают его персидское происхождение. Родился в г. Тусе, провинция Хорасан (территория современного Ирана), который тогда находился под властью Омейядов. Отец Джабира был врачом, поддержал восстание Аббасидов против Омейядов. Послан Аббасидами в провинцию Хорасан (территория современного Ирана), чтобы собрать войска в их поддержку.

Восстание Аббасидов было подавлено, а отец будущего ученого был захвачен Омейядами и казнен. Его семья бежала назад в Йемен, где Джабир усердно изучал Коран, математику и другие науки под руководством известного ученого и педагога того времени по имени Хабри Аль-Химьяри. После того как Аббасиды пришли к власти, Джабир возвратился в Хуфuf, где и прошла большая часть его жизни. Профессия отца, возможно, способствовала формированию у Джабира интереса к химии. Был учеником знаменитого исламского преподавателя и шестого Имама Джаффара Аль-Садика. Имеются свидетельства, что он учился вместе с омейядским принцем Халидом Ибн Язидом. Под патронажем Бармакида, визиря халифа Гарун Аль Рашида, стал заниматься медициной. Является одним из основателей арабской алхимии. В 776 г. создал собственную школу. Ему приписывают авторство более сотни трудов в области алхимии и медицины. После того как Бармакид впал в немилость, последние годы жизни Джабир ибн Хайян провел под домашним арестом.

**АР-РАЗИ** (865–925), более известен в Европе под именем Разес. Сведения о его жизни практически отсутствуют. Главной заслугой Ар-Рази считаются его теоретические исследования в области алхимии. К двум принципам Джабира (металличности и горючести) Ар-Рази добавил третий – принцип твердости, носителем которой явилась соль. В сочинениях Ар-Рази имели место попытки систематизировать известные химические вещества и методы их получения, объединив основные положения учений Демокрита и Аристотеля.

**ИБН-СИНА** (ок. 980–1037), более известен под именем Авиценна (*Avicenna*). Ученый, философ, врач, музыкант. Жил в Средней Азии и Иране. В философии продолжал традиции арабского аристотелизма, отчасти неоплатонизма. Основные философские сочинения – «Книга исцеления», «Книга указаний и наставлений» и др. – содержат естественнонаучные воззрения и музыкально-теоретические положения Ибн-Сины. Его трактаты были необычайно популярны как на Востоке, так и на Западе. Энциклопедия теоретической и клинической медицины «Канон врачебной науки» (в 5 ч.) представляет собой обобщение взглядов и опыта греческих, римских, индийских и среднеазиатских врачей. Эта книга в течение многих веков была обязательным руководством не только для арабских, но и для европейских врачей (насчитывается около 30 латинских изданий).

**МАЙМОНИД** (*Maimonides*) **Моисей** (**Моше бен Маймон**) (1135–1204), еврейский философ. Родился в Испании. С 1165 г. жил в Египте. Придворный врач Салах-ад-дина. Стремился объединить библейское откровение и арабский аристотелизм. Оказал влияние на схоластику XIII–XIV вв. (особенно Альберта Великого и Фому Аквинского). Главное сочинение – «Путеводитель колеблющихся» (на арабском языке).

**ГУМБОЛЬДТ Вильгельм** (1767–1835 гг.). Немецкий филолог, философ, языковед, государственный деятель, дипломат, иностранный почетный член Петербургской АН (1832). Брат А. Гумбольдта. Осуществил реформу гимназического образования в Пруссии, основал в 1809 г. Берлинский университет (ныне университет им. Гумбольдта). Один из виднейших представителей немецкого гуманизма; друг И.-В. Гете и И. Ф. Шиллера. Видел в универсальном развитии индивидуальности высшую цель, определяющую и границы деятельности государства. Развил учение о языке как непрерывном творческом процессе, «формирующем органе мысли» и о «внутренней форме» языка как выражении индивидуального мирозерцания народа.

**ИБН РУШД** (**Ибн Рошд**) (латинизированное – **Аверроэс**) (1126–1198), арабский философ и врач, представитель арабского аристотелизма. Жил в Андалусии и Марок-

ко. Благодаря знатному происхождению (дед и отец Ибн Рушда занимали должность великого кадия, т.е. главного судьи Кордовы) и прекрасным способностям будущий философ получил блестящее образование, изучал мусульманское богословие и право, философию, медицину и математику. Был судьей и придворным врачом. В трактате «Опровержение опровержения» отверг отрицание философии, с которым выступил Газали. Разграничение Ибн Рушдом «рациональной» религии (доступной образованным) и образно-аллегорической религии (доступной всем) явилось одним из источников учения о двойственной истине. Рационалистические идеи Ибн Рушда оказали большое влияние на средневековую философию, особенно в Европе (аверроизм). Автор энциклопедического медицинского труда.

**АЛЬБЕРТ ВЕЛИКИЙ (АЛЬБЕРТУС МАГНУС), (Albertus Magnus) (1193–1280)**, немецкий средневековый религиозный деятель, философ, естествоиспытатель и алхимик. Родился в Большштедте, учился в Павии, Падуе и Болонье. Доминиканский монах, в 1260 г. стал епископом в Регенсбурге. Один из самых выдающихся представителей схоластики, был учителем Фомы Аквинского. Убеденный алхимик. Открыл элемент мышьяк.

**ЛУЛЛИЙ Раймунд (1236–1315)**, испанский теолог и грамматик, известный как «просвещеннейший учитель». Он верил в превращение металлов, его взгляды похожи на теорию Джабира. Много занимался проблемой философского камня, чем навлек на себя гнев католической церкви.

**АРНАЛЬДО ДА ВИЛЛАНОВА (АРНОЛЬДО ИЗ ВИЛЛАНОВА) (1250–1313?)**, средневековый алхимик. О происхождении практически ничего не известно. Вступил в орден цистерцианцев. Занимался медициной в Ферраре, Риме, Неаполе (Италия) и Барселоне (Испания). Некоторое время находился при дворе Папы Римского Климента V в Авиньоне. Погиб во время кораблекрушения. Автор ряда алхимических и медицинских трактатов, самыми известными из которых являются «О винах», «О ядах», «Розарий философов», «Четки философов».

**ФРА БОНАВЕНТУРА (1221–1274)**, итальянский монах-францисканец. Увлекался алхимией и оккультизмом. Писал о фармации и медицине. Установил свойство азотной кислоты растворять серебро, отделяя его от золота. Применял «царскую водку» для растворения золота.

**БЭКОН Роджер (1214–1292)**, средневековый английский монах, философ и алхимик. Родился в Илчестере, графство Сомерсет. Одна из самых ярких фигур среди ученых Средневековья. За широчайшие познания его прозвали «удивительным учителем». Интерес к природным явлениям стал толчком к изучению различных отраслей техники. Был заподозрен в магии, осужден и долго отбывал заключение, хотя и принадлежал к ордену францисканцев. Изучал свойства селитры. Согласно преданию, нашел способ приготовления черного пороха. Его важнейшие сочинения: «Великий труд», «Третий труд», «Зеркало алхимии». Книга «Великий труд», представляющая собой настоящую энциклопедию, отражает способность автора разбираться в различных областях культуры и техники.

**ФЛАМЕЛЬ Никола (Nicolas Flamel) (1330–1417?)**, французский алхимик. История его жизни наполнена множеством фантастических легенд. Жил в Париже, был преуспевающим нотариусом, продавцом и переписчиком книг. Фламелью приписывают авторство вышедшей в Париже в 1612 г. книги «*Livre des figures hiéroglyphiques*». В предисловии к этой книге издатель представил автора как великого алхимика, сумевшего разгадать тайну приготовления философского камня. Согласно легенде, во время

путешествия в Испанию в 1378 г. в руки Фламель попала загадочная книга Авраама Еврея «Кодекс», в которой содержался рецепт получения философского камня. Как гласит предание, в 1382 г. Фламель при помощи трансмутации получил серебро, а несколько позднее – золото. Согласно альтернативной версии, трактаты Фламеля фальсифицированы издателями XVII в. с целью привлечь внимание более широкого круга читателей к алхимическим текстам.

**ВАСИЛИЙ ВАЛЕНТИН.** Этим именем называют немецкого монаха XV или XVI вв. Данные различных авторов о его жизни расходятся. Одни специалисты считают, что Василий Валентин объединил все химические знания своей эпохи. Другие ставят под сомнение самое его существование и, как следствие, подлинность его сочинений. Существует мнение, что часть приписываемых ему трудов принадлежит Псевдо-Василию. В начале XVII в. городской казначей Иоганн Тельде из Тюрингии опубликовал сочинения этого алхимика: «Триумфальная колесница антимония», «О великом камне древних мудрецов», «О микрокосме», «О тайной философии». В этих трудах описаны многие природные и синтезированные соединения сурьмы, способы получения соляной кислоты и других соединений.

**СЕНДИВОГИЙ Михаил (Michał Sedziwoy или Michael Sendivogius)** (1566–1636), польский алхимик, философ, врач и металлург. В 90-х гг. XVI в. работал в Праге при дворе императора Священной Римской империи Рудольфа II. Его алхимические поиски способствовали усовершенствованию методов очистки и получения различных кислот, солей и других химических соединений. Как свидетельствуют биографы польского ученого, он предполагал, что воздух представляет собой смесь, содержащую некую «живительную» субстанцию. М. Сендивогий ассоциировал эту «животворящую» часть воздуха с газом, который выделялся при прокаливании селитры. В системе мироздания, разработанной Сендивогием, центральное место принадлежало этой «живительной субстанции». В начале XVII в. переехал в Польшу и стал работать при дворе короля Сигизмунда III. В замке Вавель (Краков) и по сей день сохранились помещения, в которых располагалась алхимическая лаборатория Сендивогия. Наибольшую известность приобрела книга «Новый свет алхимии» (латинская версия была издана в 1605 г.). Помимо теории о существовании в обычном воздухе «животворящей субстанции», книги Сендивогия содержат различные научные, псевдонаучные и философские теории. К сочинениям польского алхимика проявлял интерес Исаак Ньютон. В последние годы жизни отошел от алхимии и занимался проектированием шахт и металлургических заводов.

**ФОМА АКВИНСКИЙ (Thoma Aquinas)** (1225 или 1226–1274), философ и теолог, систематизатор схоластики на базе христианского аристотелизма (учение об акте и потенции, форме и материи, субстанции и акциденции и др.). Доминиканец. Сформулировал 5 доказательств бытия Бога, описываемого как первопричина, конечная цель сущего. Признавая относительную самостоятельность естественного бытия и человеческого разума (концепция естественного права и др.), утверждал, что природа завершается в благодати, разум – в вере, философское познание и естественная теология, основанная на аналогии сущего, – в сверхъестественном откровении. Основные сочинения: «Сумма теологии», «Сумма против язычников». Учение Фомы Аквинского лежит в основе томизма и неотомизма.

**КАЛИОСТРО Александр (Александр ди Калиостро, Cagliostro; настоящ. имя Джузеппе Бальзамо, Balsamo)** (1743–1795), граф, авантюрист итальянского происхождения. Выходец из Венеции, Калиостро в молодости странствовал по Востоку

(Греция, Египет, Персия), где получил знания по алхимии и стал искусным иллюзионистом. Вернувшись в Европу, он путешествовал по многим странам (в том числе по России), называл себя посвященным в тайны оккультизма, масоном высокой степени. В 1785–1786 гг. в Париже Калиостро оказался причастным к скандалу, известному как дело об «ожерелье королевы» и сыгравшему роковую роль в дискредитации королевской семьи; был заключен в Бастилию. В 1789 г. в Риме осужден судом инквизиции за ересь, колдовство, масонство, заключен в крепость, где и умер. Оставил записки, подлинность которых признается не всеми исследователями.

**БЕТТГЕР (Bottger) Иоганн Фридрих** (1682–1719), немецкий алхимик. Основные труды связаны с поиском компонентов фарфоровой массы и их оптимального соотношения. Получил в 1705–1707 гг. ее первые образцы, на основе которых было организовано производство саксонского фарфора. В 1707 г. приготовил первый в Европе твердый белый фарфор, разработал технологию его производства и в 1710 г. организовал в Мейсене (Саксония) мануфактуру, выпускавшую всемирно известный мейсенский фарфор.

**БРАНД Хенниг** (ок. 1630 – после 1710), немецкий алхимик. Родился в Гамбурге (Германия). Пытаясь найти «философский камень», прокаливал с песком и углем сухой остаток от выпаривания мочи. Последующее нагревание получившегося продукта без доступа воздуха приводило к образованию белой пыли, медленно оседавшей на дне реторты и светившейся в темноте, состоявшей главным образом из белого фосфора.

## ГЛАВА 5

### ПЕРИОД ОБЪЕДИНЕНИЯ ХИМИИ

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

*Юстус Либих*

#### 5.1. Основные особенности периода объединения химии

Период объединения химии был достаточно продолжительным: его начало приходится на XVI в., а окончание – на последнюю четверть XVIII в. Практически на протяжении трех веков ученые предпринимали первые попытки придать химии единое теоретическое содержание. На первый взгляд объединение имен Парацельса и Лавуазье в одном историческом периоде развития химии может показаться парадоксальным, поскольку существует принципиальное различие в их теоретических воззрениях. Однако при глубоком анализе биографий этих великих людей становится ясно, что их судьбы объединены напряженным трудом в поисках новых научных методов, плодотворных теорий, а также путей дальнейшего развития химической науки.

Целесообразность выделения длительного *периода объединения*, в течение которого химия сделала первые шаги как самостоятельная наука, нашла собственный путь приложения экспериментальных методов, выбрала правильный подход к сущности химического исследования, не вызывает сомнения у большинства специалистов, работающих в области истории науки.

Данный период в развитии химии совпадает с эпохой Возрождения, которая ознаменована многими поворотными событиями в истории человечества. Очень часто эпоху Ренессанса ассоциируют преимущественно с «расцветом искусств» после долгих веков средневекового «упадка», рассматривают как период эстетического подъема, в который возродилась античная художественная мудрость. Однако такой подход следует признать поверхностным, поскольку он не отражает всех изменений общественной жизни Западной Европы. В европейской истории эпоха Возрождения отмечена множеством знаменательных вех, в том числе укреплением экономических и общественных вольностей городов; идейным и религиозным брожением, приведшим в итоге к Реформации и Контрреформации, Крестьянской войне в Германии; формированием абсолютистской монархии, которая наиболее масштабно проявила себя во Франции.

Уместно напомнить, что само понятие «Возрождение» имеет и второй смысл, знаменуя обновление не только искусств, но и человека, его мировоззрения и нравственных устремлений. Для этого исторического периода характерно появ-



ление новой ренессансной философии, основные принципы которой произрастали из древнегреческой натурфилософии. Крупнейшие представители философии Эпохи Возрождения – Николай Кузанский, Марсилио Фичино, Пико делла Мирандола, Парацельс, Джордано Бруно – делают средоточием своих размышлений проблему *духовного начала и творчества* человека.

Основным объектом художественных, эстетических, философских и научных исканий становится *человек*. Его духовное творчество, охватывая все сферы бытия, доказывает право человека называться «вторым богом» или «как бы богом». Многие деятели Возрождения главной задачей эпохи считают проблему воспитания «нового человека», более свободного и творческого по сравнению с обывателем темного Средневековья. Гуманизм в ренессансном представлении подразумевает две основные составляющие: овладение духовным наследием античных мудрецов (чему придавалось огромное значение) и активное *самопознание* и *самосовершенствование*. В отстаивании активной роли человека идеологи Возрождения были едины, несмотря на расхождения в их философских концепциях. По их мнению, научное и обыденное знание, ученость и житейский опыт должны быть объединены в гармоничное состояние идеальной добродетели.

Подобное интеллектуально-творческое устремление опиралось главным образом на религиозные библейско-евангельские традиции, с одной стороны, и на античные натурфилософские системы – с другой. Огромный интерес к культурным традициям древних цивилизаций оказал несомненное влияние на мировоззрение человека эпохи Ренессанса. Однако вопрос об активном начале человека и его сознании рассматривался неразрывно с проблемой его укорененности в Боге. Эта проблема оставалась общей для всех деятелей эпохи Возрождения, хотя выводы из нее могли носить самый различный характер: от компромиссно-умеренного до дерзкого и еретического. Стремительное расширение мировоззренческой платформы ренессансного человека привело к тому, что некоторые философы стали включать в свои мировоззренческие учения сугубо неортодоксальные элементы гностицизма и магии. Появление так называемой «натуральной магии», сочетающей натурфилософию с астрологией, алхимией и другими оккультными дисциплинами, в эти века тесно сплетается с начатками нового, экспериментального естествознания. Философские интуиции и схемы мысли, опробованные в ходе Возрождения, имели колоссальное значение для культурного поворота Европы к новому.

Обновление искусства и философии, радикальные изменения в общественной жизни повернули научное познание на новые пути, отличающиеся от проторенных дорог схоластики Средневековья. Эпоха Возрождения ознаменована многими научными открытиями, которые оказали решающее влияние на грядущее развитие цивилизации.

Изобретение магнитного компаса вызвало бурное развитие мореплавания, которое переросло в эпоху Великих географических открытий. Путешествия Христофора Колумба в Новый Свет и прямая торговля с Индией и Китаем существенным образом изменили мировоззрение европейцев. Границы обитаемого мира расши-



*Иоганн Гуттенберг  
(1394(1399?)–1468).*

*Средневековая гравюра*

рились – европейцы получили доступ к научным и культурным традициям других народов.

Изобретение книгопечатания Иоганном Гуттенбергом в середине XV в. позволило существенным образом снизить себестоимость книг и резко увеличить их тиражи. В числе первых изданий значится поэма Лукреция Кара (см. гл. 3, п. 3.6), напечатанная в 1515 г. достаточно большим по тем временам тиражом. Благодаря этому изданию в Европе возвратились атомистические представления.

Ученые эпохи Возрождения сломали схоластическую практику научного познания, типичного для Средневековья. В 1543 г. были напечатаны две книги, авторы которых исповедовали революционные по тем временам взгляды. В одной из них польский астроном Николай Коперник утверждал, что центром Вселенной является не Земля, как считали древние астрономы, а Солнце;

во второй книге, автором которой был фламандский анатом Андрей Везалия, с поразительной точностью описывалось строение человеческого тела.

Химия как часть общечеловеческой культуры тоже не могла не испытать влияния этих новых процессов, она стала освобождаться от теоретических канонов алхимии, приобретать определенную свободу научного поиска. Основными признаками этого периода являются возникновение *ятрохимии* и повышенный интерес к исследованиям в области минералогии и технической химии.

## 5.2. Ятрохимия и ее основные результаты

В XVI в. новое понимание задач химии, отличное от алхимических доктрин, ознаменовали работы одного из известнейших врачей того времени – Филиппа Ауреола Теофраста Бомбаста фон Гогенгейма, который благодаря своим заслугам перед медициной приобрел второе имя – Парацельс, что значит «Превосходящий Цельса\*». Этого ученого по праву считают основателем нового течения в химии, которое получило название *ятрохимии*.

\* *Цельс Авл Корнелий* (Celsus) – римский ученый и врач эпохи Тиберия, скончавшийся в конце правления Нерона. Обладая обширной эрудицией, приобретенной усердным изучением греческих источников, Цельс составил обширную энциклопедию («Artes»), обнимавшую собою философию, риторику, юриспруденцию, сельское хозяйство, военное искусство и медицину. Сохранился только отдел о медицине, в виде трактата в 8 книгах («De medicina»), излагающего диететику, патологию, терапию и хирургию на основании греческих источников, преимущественно Гиппократов. Хирургия изложена отчасти и на основании собственной практики. Это единственное медицинское сочинение, дошедшее до нас от лучших времен римской литературы. За чистоту и изящество языка Цельса называют Цицероном среди врачей.



EFFIGIES PARACELSI MEDICI CELEBERRIMI  
 Scilicet Theophrasti Bombasti von Hohenheim  
 Medici Celeberrimi  
 J. Schell sculpsit

Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм,  
 известный под именем Парацельс  
 (1493–1541). Средневековая гравюра

противником эксперимента, скорее наоборот, однако истолкование опытов в его учении было достаточно абстрактным. Он решительно выступил против слепой веры в авторитеты, косности и «книжной» учености не только в медицинской практике, но и в общих вопросах естествознания; страстно отстаивал точку зрения, что врач должен лечить прежде всего на основе собственного опыта, не замыкаться в узком кругу коллег и интересоваться достижениями естественных наук. Основатель нового течения в химии одобрял и поддерживал тех, кто приносил в медицину и естествознание результаты собственных наблюдений и экспериментов.

Парацельс не отрицал алхимических представлений о трех составных частях материи: *ртути, сере и соли*. Согласно Парацельсу, эти три элемента-принципа не только составляют основу *макрокосма* (вселенной), но и непосредственно относятся к *микрокосму* (человеку), образованному духом, душой и телом. Следует отметить, что в более поздних трудах Парацельса под влиянием медико-лекарственных тенденций к алхимической триаде были добавлены еще два начала: *флегма и мертвая голова* (оксид железа)\*.

Следствием придания некоторого «химизма» функциям человеческого организма в трудах ятрохимиков явилась идея о возможности воздействий на больной организм химическими средствами\*\*. Следует подчеркнуть, что до Парацельса

Ятрохимия (или *иатрохимия*, от греч. «иатрос» – врач) стремилась соединить медицину с химией, явно переоценивая роль химических процессов в организме человека. Основная мысль, которой руководствовался Парацельс, заключалась в следующем: если человеческое тело состоит из особых веществ, то происходящие в них изменения вызывают болезни, которые могут быть излечены только путем применения лекарств, восстанавливающих химическое равновесие. В этом высказывании можно усмотреть относительное созвучие целям и задачам современной биохимии. Идеи Парацельса приобрели особую ценность только тогда, когда стали подкрепляться практическим использованием химических веществ в медицинской практике.

Будучи сынами своего времени, ятрохимики обращали внимание только на абстрактную сторону проблемы, что было доступно науке в XVI в. Парацельс не был

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 19.

\*\* См.: Там же. – С. 20.

использовали преимущественно растительные препараты, следуя принципам, провозглашенным еще древнеримским целителем Галеном (см. гл. 2, п. 2.1). Парацельс же свято верил в эффективность лекарственных средств, изготовленных из минералов, и утверждал, что «настоящая цель химии заключается не в изготовлении золота, а в приготовлении лекарств»\*.

Парацельс достаточно оригинально трактовал причины возникновения болезней. Так, например, он утверждал, что от избытка в организме серы, человек может заболеть лихорадкой и чумой; избыток ртути способствует возникновению параличей, а избыток соли ведет к расстройствам желудка и водянке. Среди причин людских немощей Парацельс называл еще и «тартар»\*\*, который может вызвать образование отложений в почках (почечных камней), подобных тем, которые образуются в винных бочках. Список человеческих заболеваний, которые, согласно Парацельсу, возникают при нарушении равновесия между основными «компонентами» человеческого тела, довольно внушительный. Приводить его целиком нет необходимости, поскольку даже из этого короткого перечня видно, что, изменив направления и основную цель химических исследований, Парацельс еще не порвал с алхимическим прошлым. Теоретическая алхимическая доктрина, подкрепленная именами авторитетных ученых, была еще слишком сильна в XVI в. Знание ее основных положений в те времена считали признаком образованности.

Кроме трех основных частей материи в живом организме, согласно представлениям Парацельса, действует духовный регулятор всех жизненных функций, названный им «Археем». Если эта основа поражается, то нарушается равновесие «элементов» человеческого тела, вслед за чем неизбежно появляются заболевания. Называя способы борьбы с человеческими недугами, Парацельс оставался человеком своего времени и утверждал, что лечить заболевания может не только медицина, но и *магия*.

Парацельс придавал химии большое значение, поскольку по его теории медицина покоится на четырех опорах: *философии, астрономии, химии и добродетели*, а значит химия должна развиваться в согласии с медициной, что приведет к прогрессу обеих наук. Этот принцип разделяли все ятрохимики. Разрабатывая учение о ятрохимии, Парацельс исходил из своих философских концепций, где основной была идея о единстве мироздания, тесной связи и родства человека и мира, человека и Бога. Он именовал человека не только «микрокосмом», малым миром, который включает в себе свойства и природу всех вещей, но и «квинтэссенцией», или пятой, истинной, сущностью мира. Согласно его концепции, человек производится Богом из «вытяжки» целого мира, словно в грандиозной алхимической лаборатории, и несет в себе образ Творца. Поэтому не существует никакого запретного для человека знания.

\* Джуга М. Указ. соч. – С. 61.

\*\* *Тартар* (от греч. Τάρταρος) – подземное царство или ад в древнегреческой мифологии. У Парацельса – это содержащаяся в крови материя, из которой возникают различные камни (желчные, почечные и др.).

По Парацельсу, человек *способен* и даже *обязан* исследовать все сущности, имеющиеся не только в природе, но и за ее пределами. Его не должна останавливать или смущать их необычность, ибо нет ничего невозможного для Бога, а эти сущности – свидетельства его всемогущества, подобно нимфам, сильфам, гномам, саламандрам, сиренам, гигантам, карликам и иным существам, населяющим четыре стихии. Уместно вспомнить легенду, согласно которой Парацельс в конце своей жизни утверждал, что ему удалось создать в пробирке искусственного человека – гомункулуса\*.

Прогрессивный подход Парацельса к изучению природы, который заключался в приоритетности эмпирических знаний, приобретаемых в результате наблюдений и экспериментов, значил для развития науки несравнимо больше, чем основные положения разработанных им теорий. Современная фармакология обязана Парацельсу введением в широкую практику препаратов опия, а также различных соединений на основе ртути. Его труды в этой области долгое время были источником, питавшим аптекарское искусство. Ему приписывают высказывание: «Всякое вещество есть яд и есть лекарство, все дело только в дозе». Парацельс стремился соединить фармакологию и медицину, скрепив этот союз более глубоким использованием химических знаний. Поэтому с этой точки зрения некоторые историки склоняются к мысли, что Парацельса можно в определенном смысле считать предтечей современной фармацевтической химии\*\*.

В области неорганической химии заслуживают высокой оценки его исследования соединений мышьяка и сурьмы. По всей видимости, он был первым ученым, обратившим свое внимание на мышьяковую кислоту. Из органических соединений он достаточно подробно изучал свойства и возможности практического применения этилового спирта и концентрированных растворов уксусной кислоты.

Парацельс оставил человечеству множество сочинений по различным отраслям человеческих знаний, правда, большинство из них нашло своих читателей уже после смерти самого автора. Среди наиболее известных трудов ученого можно назвать следующие: «О болезнях, происходящих от тартара»; «О средствах и составах»; «Парагранум» – трактат, посвященный описанию четырех столпов медицины: философии, астрономии, алхимии и особым способностям врача; «Парамирум» – многолетний труд о происхождении и протекании болезней; «Лабиринт заблуждающихся медиков»; «О минералах»; «О происхождении природных тел» и «О превращении природных тел». В последние годы жизни были созданы трактаты «Философия» и «Потаенная философия».

Не все подробности жизни Парацельса можно считать достоверными – поклонники приукрашивали заслуги ученого, а недоброжелатели старались выста-

\* *Гомункулус* (лат. *homunculus* – человек), по представлениям средневековых алхимиков, – существо, подобное человеку, которое можно получить искусственно (в пробирке). Анималькулисты считали, что гомункулус – маленький человек, заключенный в сперматозоиде, и при попадании в материнский организм лишь увеличивается в размерах.

\*\* См.: Джуса М. Указ. соч. – С. 66.

вить его в дурном свете. Существует мнение, что он был смелым человеком и не боялся бросать вызов устоявшимся правилам и традициям. Известно, что в Базельском университете он читал курс медицины на немецком языке, что было нарушением всей университетской традиции, обязывавшей преподавать только на латыни. Его смелость и неординарность порой граничили с неуживчивостью, поэтому ему часто приходилось путешествовать в поисках новых мест для занятий химическими и медицинскими исследованиями.

Видными последователями идей Парацельса и представителями ятрохимического направления были также Иоганн Баптист Ван Гельмонт, Анджело Сала, Андрей Либавий, Отто Тахений, Франциск Сильвий, Жан Рей и Томас Уиллис.

*И. Б. Ван Гельмонт* своими открытиями и наблюдениями способствовал развитию химии более своего учителя. Ван Гельмонт не был противником идеи об «Архее», и не мог полностью освободиться от мысли о его значимости; в то же время он привнес в ятрохимию новые рациональные научные представления. Отклоняясь от концепции Парацельса о безусловной значимости «Архея», он применял химические знания для объяснения процессов в организме человека. Согласно Ван Гельмонту, пищеварение регулируется главным образом не «Археем», а кислотой, содержащейся в желудочном соке, – избыток или недостаток кислоты вызывает расстройства пищеварительной системы, с которыми необходимо бороться лекарственными препаратами: в первом случае щелочной природы, а во втором – кислотной.

Ван Гельмонту принадлежат труды по медицине и химии, которые собрал и издал его сын. Наибольшую известность приобрело многотомное издание «Заря медицины или полное собрание сочинений».

Идеи Ван Гельмонта, относящиеся к строению материи, не дают оснований поставить этого мыслителя в один ряд с другими представителями экспериментального Ренессанса, которые своими сочинениями изменили теоретические основы естествознания\*. В стремлении представить устройство окружающего мира фламандский ученый опирался главным образом на воззрения Аристотеля, разбавив их своими оригинальными воззрениями. В качестве первичных элементов (*elementa primigenia*) Ван Гельмонт сохранил Аристотелевы первостихии – воду и воздух, и в то же время не считал элементами землю и огонь. Однако соображения, которые привели его к этому разграничению, находились еще в рамках перипатетической школы. Согласно Ван Гельмонту, воздух и вода – элементы пер-



*Иоганн Баптист Ван Гельмонт  
(1579–1644)*

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 67.

вичные, потому что они не могут превратиться один в другой. Напротив, чистая и простая земля, хотя и считавшаяся сначала элементом, по-видимому, происходит из воды, потому что при помощи некоторых средств может быть переведена в воду. Огонь, по мнению Ван Гельмонта, обладал особыми свойствами, поэтому его нельзя причислить ни к элементам, ни к веществам. Подобные представления не могли способствовать возникновению новых методов экспериментального исследования, но тем не менее знаменовали начало переходного периода между всеильностью аристотелевского учения к корпускулярной концепции Р. Бойля (см. гл. 6, п. 6.2).

Помимо занятий медициной и химией Ван Гельмонт ставил опыты по изучению питания растений. Результаты этих экспериментов не колебали его веры в существование в живых организмах нематериальной сверхъестественной силы («жизненная сила», «душа», «Архей»), управляющей жизненными явлениями. Подобные представления нидерландского ученого позволяют считать его одним из активных сторонников



Франциск Сильвий  
(1614–1672)

теории витализма, которая господствовала в биологии на протяжении XVII – первой четверти XIX вв.\* Несмотря на ошибочность многих теоретических положений, труды Ван Гельмонта в значительной степени способствовали признанию важности химических процессов в явлениях, происходящих в живых организмах.

Одним из первых ученых-химиков Ван Гельмонт обратился к изучению газов. Его оригинальные и проникательные наблюдения положили начало систематическому изучению газов, что привело к зарождению пневматической химии.

Голландец Франциск Сильвий был сначала врачом, а затем профессором медицины в Лейдене. Как медик пользовался большой славой. Примкнув к ятрохимическому учению, устранил из него духовные начала, введенные Парацельсом

# IOAN BART. HELMONTII, De Mag. vulnerum curatione.

DISPUTATIO,

*Contra opinionem D. Ioan. Roberti,  
Presbyteri de Societate Iesu, Doctoris  
Theologi, in breui suis anatome sub  
censura specie exarant.*



PARISIIS:  
Apud VICTORINUM II ROY, in aed. Palatii  
et regione Controrolam Cancellariae.

M. DC. XXI.

Титульный лист  
одного из сочинений  
И. Б. Ван Гельмонта

\* Теория витализма известна с глубокой древности. Например, некоторые элементы витализма присутствовали в философии Аристотеля (*энтелехия*).

и Ван Гельмонтом. Пищеварение животных и человека Сильвий рассматривал как чисто химический процесс. Согласно представлениям Сильвия, пища перерабатывается с помощью слюны, желудочного сока и желчи. В медицине он также придавал большое значение химии и фармакологии. Кроме препаратов сурьмы и ртути, в постоянную фармакологическую практику ученый предложил ввести хлорид калия, который получил название сальвиевой противохлорадной соли.

О жизни еще одного представителя ятрохимии *Отто Тахения* известно очень мало. После получения диплома в Падуе в 1644 г. он работал врачом в Венеции. Его главным научным трудом считают сочинение «Химический Гиппократ» (Венеция, 1678 г.). Среди представителей ятрохимии Тахений занимает особое положение, поскольку известен своими независимыми суждениями, в которых подвергал критике некоторые положения учения Парацельса. В теоретическом плане был сторонником идей Ф. Сильвия.

В вопросе о строении веществ О. Тахений больше, чем его предшественники, приближался к рациональной трактовке. При проведении экспериментов он часто прибегал к методам химического анализа, который в то время еще находился в стадии зарождения. Ему удалось количественно определить увеличение массы свинца при его обжиге. Одним из первых Тахений сформулировал понятие соли как *продукта реакции* между кислотой и щелочью. В процессе своей медицинской практики он значительно расширил список химических препаратов, применяемых в качестве лекарств.

Врач и ятрохимик *Анджело Сала* был итальянцем по происхождению, но работал преимущественно в Швейцарии и Германии. А. Сала обладал весьма обширными для своего времени химическими познаниями, что послужило на пользу и химии, и фармации. Анджело Сала предложил новые способы получения кислот: серную кислоту в смеси с сернистой он синтезировал сжиганием серы под колоколом в присутствии водяных паров, а фосфорную кислоту выделял из костей при действии на них серной кислоты. Круг научных инте-



Титульный лист книги  
*Отто Тахения «Химический  
Гиппократ» (Венеция, 1678)*



*Анджело Сала (1576–1637)*



ресов А. Сала был достаточно широк: его интересовали свойства солей аммония, нитрата серебра, оксалатов различных металлов. Особое внимание ученый уделял изучению процессов брожения. Для химии представляют интерес следующие сочинения А. Сала: «Сахарология», «Тартарология» и «Обзор ятрохимических афоризмов». Химические труды этого итальянского исследователя упоминаются в работах различных историков. Одной из существенных заслуг Анджело Сала в области медицины и фармакологии является то, что он впервые рекомендовал использовать нитрат серебра («адский камень») для борьбы с инфекциями. Вплоть до начала XX в. нитрат серебра (ляпис) применяли как мощное антисептическое средство, в том числе и для лечения такого заболевания как сифилис.

Химические исследования вызывали большой интерес у французского ученого *Жана Рея*, однако большую часть своей жизни он посвятил врачебной деятельности. Историки химии характеризуют его как весьма оригинального человека и тонкого наблюдателя. В своих химических исследованиях Жан Рей выступает как один из прямых предшественников своего великого соотечественника А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, п. 6.5). В сочинении «Опыты для отыскания причины, почему олово и свинец увеличиваются в весе при прокаливании» (1630) он высказывает предположение, что увеличение массы металлов при нагревании обязано воздуху.

Немецкий представитель ятрохимии *Андрей Либавий* признавал огромную значимость химии для медицины, и в то же время указывал на некоторые недостатки последователей Парацельса. Помимо химии он занимался историческими и филологическими исследованиями, а также педагогической деятельностью – был директором гимназии в Кобурге. Андрей Либавий обладал глубокими знаниями в области химии. Научные сочинения А. Либавия вышли в свет в 1606 г. незадолго до его смерти в трех томах под заглавием «Полное собрание медико-химических сочинений». Его наблюдения способствовали развитию металлургии, изучению серной кислоты, солей аммония, свинца и других металлов. Он открыл хлорное олово, которое было названо дымящим спиртом Либавия (*Spiritus fumans Libavii*).



*Андрей Либавий (ок. 1550–1616)*

Перегонкой янтаря получил янтарную кислоту (*flos succini* – янтарный цвет). Андрей Либавий проявлял интерес к рациональной организации химической лаборатории.

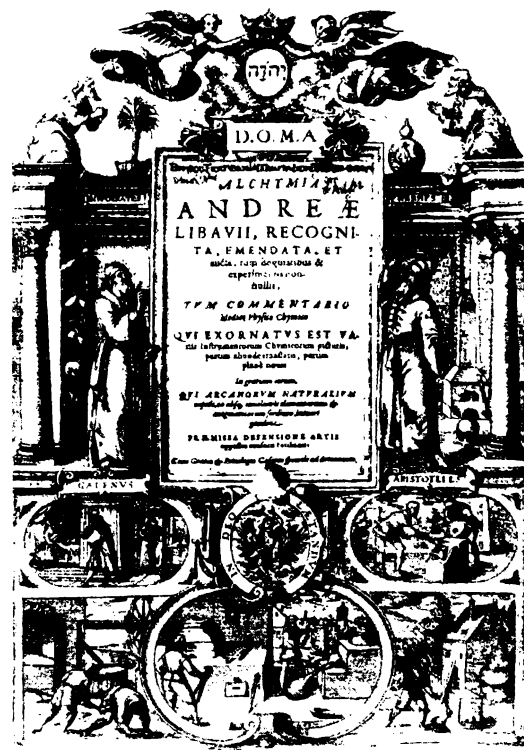
В 1597 г. произошло знаменательное для процесса эволюции химической науки событие – Андрей Либавий опубликовал свою книгу «Алхимия», которую считают *первым в истории учебником химии*. В своей книге он впервые подробно описал несколько способов получения соляной кислоты, тетрахлорида олова, сульфата аммония и царской водки (*aqua regia*). В книге Либавия можно прочесть, что неорганические вещества следует распознавать по форме кристаллов, полученных после испарения раствора.

Несомненным ее достоинством является то, что в отличие от алхимических трактатов, она написана четким и ясным языком\*.

Идеи, подобные теоретическим представлениям ятрохимиков, разделял английский врач *Томас Уиллис*. В своей концепции к трем парацельсовским началам (ртути, сере и соли) он добавил землю и воду. Следует отметить, что в 1621 г. идею о пяти началах впервые высказал Себастьяно Бассо. Он различал три активных начала (спирт (ртуть), масло (серу), соль) и два пассивных – землю и флегму (воду). Это учение, основанное на наблюдениях за деструктивной перегонкой веществ растительного и животного происхождения, было широко распространено среди химиков практически до конца XVII в. Главной научной заслугой Уиллиса следует считать эксперименты в области органической химии по изучению процессов брожения.

Ученые-ятрохимики сделали первую удачную попытку найти пути эволюции химических знаний вне рамок алхимической доктрины. Они убедительно доказали, что химия способна на деле служить во благо человека. От несбывшихся обещаний алхимиков найти панацею, способную избавить сразу от всех недугов, ятрохимики перешли к вполне реальной практике медикаментозного лечения болезней. Использование химических веществ в лечебной практике XVI в. способствовало определенному развитию химии, хотя и поставило ее в подчиненное положение по отношению к медицине\*\*. Парацельс и его последователи существенным образом расширили круг веществ, применяемых в химических и медицинских целях. Ими были подробно описаны способы получения и свойства хлорида калия (Ф. Сильвий), сульфата натрия (И. Р. Глаубер), неорганических солей аммония и ацетата аммония; многих соединений сурьмы, ртути, мышьяка и серебра.

Сторонники учения Парацельса поставили перед химией новую задачу – получать как можно более чистые вещества и испытывать их медикаментозное воздействие на человека. Однако получение химическим путем большого ко-



Титульный лист «Алхимии» А. Либавия  
(Франкфурт, 1606)

\* Азимов А. Указ. соч. – С. 28.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 20.

личества новых сильнодействующих препаратов имело и свою обратную сторону – увеличилась опасность злоупотребления лекарствами, обладающими мощным действием на организм человека. Кроме того, появились не чистые на руку шарлатаны, необоснованно назначавшие новые лекарственные препараты. Поэтому нередко были летальные случаи, особенно при необдуманном применении соединений мышьяка.

Особо следует отметить заслуги ученых-ятрохимиков в области изучения способов получения и свойств солей. На основании многочисленных экспериментов они закрепили представления алхимиков о том, что *соли образуются при взаимодействии кислот и оснований*. Более того, представители ятрохимии указали, что соли целесообразнее всего рассматривать как *продукты этого взаимодействия*. Химические знания в XVII в. достигли столь высокого уровня, что исследователи уже могли *целенаправленно* проводить реакции образования солей и взаимного обмена солей с выпадением осадка. Представители ятрохимии отчетливо понимали, что в результате реакции различных соединений могут возникать новые вещества, обладающие иными свойствами, чем исходные. Более того, химики научились проводить и обратный процесс – вновь получать исходные вещества из продуктов реакции.

Ятрохимиками были довольно тщательно изучены и многие органические соединения: получение и свойства концентрированных растворов уксусной и винной кислот, а также их соли; были получены и описаны бензойная, яблочная и пировиноградная кислоты. Знания, накопленные учеными-ятрохимиками, долгое время служили главным ориентиром и путеводной нитью в процессе получения новых лекарственных препаратов и изучения их целебных свойств\*.

Необходимо отметить, что ятрохимики внесли определенный вклад и в зарождение аналитической химии, разработав некоторые способы *качественного химического анализа* веществ в *водных растворах*. Осаждение серебра соляной кислотой из азотнокислого раствора применялось для распознавания как серебра,

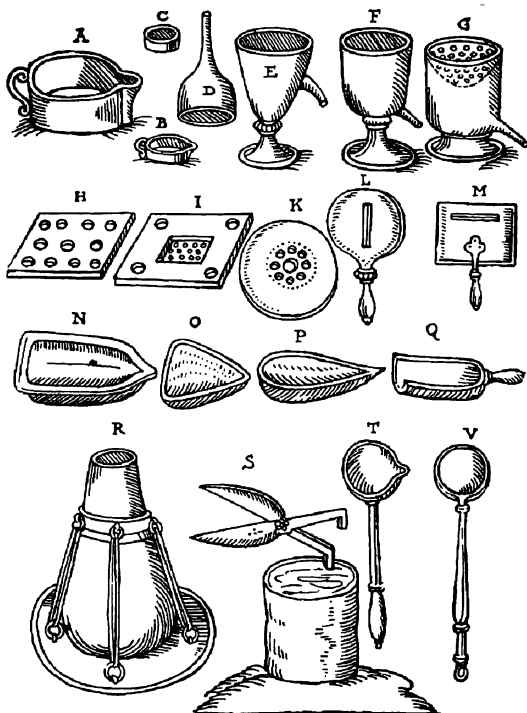


Иллюстрация из книги А. Либавия «Алхимия» с изображением химического оборудования

\* См.: Джуса М. Указ. соч. – С. 65.

так и соляной кислоты. Тахений, Сильвий, Ван Гельмонт и другие использовали различные реакции осаждения и цветные реакции для распознавания металлов в растворе. В этих целях ятрохимии применяли щелочные растворы (гидроксидов и карбонатов щелочных металлов), а также настой дубильных орешков. Нет никакого сомнения, что последователи Парацельса были еще очень далеки от настоящих систематических методов химического анализа, они еще только лишь догадывались о возможности распознавать составные части тел. Немного позднее Роберту Бойлю удалось уяснить эту цель и создать настоящую качественную аналитическую химию на научной основе (см. гл. 6, п. 6.2).

Еще одной важной заслугой ученых-ятрохимиков явилось то, что благодаря их деятельности в обществе крепло убеждение в необходимости химических знаний и навыков, причем особенно в медицинской практике. Значительно увеличилось количество ученых, занимавшихся химическими исследованиями, поскольку в их проведении были заинтересованы уже не только одни алхимики, но также аптекари и врачи. В эпоху Возрождения признание обществом ценности знаний о свойствах веществ и их лечебном применении привело к возникновению зачатков *системы химического образования* – химию стали преподавать на медицинских факультетах старейших европейских университетов.

### 5.3. Успехи технической химии в XVI–XVII вв.

Как уже отмечалось выше, для Западной Европы эпохи Возрождения характерна невиданная ранее интенсивность развития культуры, науки и техники. До начала XIII в. развитие химических ремесел в Европе происходило достаточно медленно, что было обусловлено тремя основными причинами. Во-первых, с падением Римской империи многие технологии производства химических веществ были утрачены – разгромившим Вечный город племенам варваров, стоящим на более низкой ступени эволюции, эти знания и умения были не нужны. Во-вторых, в большинстве западноевропейских стран вплоть до XII–XIII вв. сохранялось натуральное хозяйство. Отсутствие налаженных торговых связей не способствовало расширению ассортимента производимых товаров и повышению их качества. В-третьих, наука и образование в этот период находились в зачаточном состоянии и несли на себе явную печать схоластики, поэтому ученые еще не могли выступать в качестве инициаторов научно-технического прогресса.

Только в эпоху Возрождения химические ремесла обрели новые социально-экономические, моральные и научные стимулы для развития. Всестороннее расширение торговли, создание первых мануфактур резко увеличило эффективность производственных отношений – выросли объемы и качество производимых товаров, появилась потребность в совершенствовании старых и создании новых технологий. Пропаганда активной роли человека в окружающем мире, проводимая идеологами Ренессанса, побуждала ученых и ремесленников смелее вторгаться в ранее неизведанные области науки и техники. Кроме того, знания о способах синтеза и свойствах новых веществ, полученные алхимиками, явились прочным

фундаментом, без которого создание химического производства Нового времени было бы невозможным. Вне всякого сомнения, указанные положительные тенденции затронули те направления в химии, которые принято считать прикладными. Практическая химическая деятельность стала восприниматься как *объект для изучения*. В результате включения ремесленной технохимической деятельности в контекст ятрохимических (и алхимических) рассуждений средневековые химические ремесла превратились в систему химической технологии\*.



*Иоганн Рудольф Глаубер  
(1604–1670)*

Среди наиболее заметных естествоиспытателей того времени, представляющих направление прикладной химии, необходимо назвать немецкого аптекаря и химика-практика *Иоганна Рудольфа Глаубера*, который внес заметный вклад в усовершенствование методов получения ряда неорганических веществ. Ему была присуща большая проницательность в истолковании экспериментальных данных. Глаубер разработал методы выделения азотной и соляной кислот, отличавшихся высокой степенью чистоты.  $\text{HNO}_3$  получил перегонкой селитры с серной кислотой, а  $\text{HCl}$  выделил при нагревании смеси поваренной соли и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Особое внимание в своих изысканиях немецкий химик уделял изучению различных солей. Одна из открытых и подробно изученных им солей – кристаллогидрат  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , в его

честь называется глауберовой солью. Одним из первых Глаубер получил и описал жидкое стекло – метасиликаты натрия и калия, а в 1649 г. он впервые описал сырой бензол, выделенный разгонкой каменноугольной смолы.

С 1634 г. И. Р. Глаубер стал оснащать свою аптеку стеклянными сосудами различной формы и назначения. Благодаря стараниям немецкого ученого стеклянная лабораторная посуда получила широкое распространение в химической практике. Всесторонне способствуя применению стеклянной посуды, Глаубер создал промышленное стекловарение в Тюрингии (Германия).

Общий технологический подъем, который переживала Западная Европа в XVI–XVII вв., сказался в первую очередь в тех областях химии, которые были непосредственно связаны с произ-



*Аппараты И. Р. Глаубера  
для дистилляции*

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 21.

водством (см. гл. 7). Особенно успешно развивались такие отрасли прикладной и технической химии, как горное дело и металлургия, производство керамики и фарфора, получение бумаги и окрашенного стекла. Медленное накопление знаний и совершенствование ремесленной практики к середине XVI в. сменилось кульминационной фазой. Объем полученных данных стал вполне достаточным, чтобы сделать первые значительные обобщения. Весьма характерным можно считать тот факт, что именно в это время появляются трактаты по целому ряду отраслей техники, в которых содержатся доступные описания химических процессов без употребления обычного для алхимии туманного и фантазмагорического языка.

По словам М. Джуа, открытие И. Гутенберга обновило химическую литературу не только по языку, но и по содержанию\*. Наиболее важными из сохранившихся до настоящего времени трактатов по технической химии являются:

- Ванноччо Бирингуччо «О пиротехнии» (1540);
- Бернар Палисси «Гончарное искусство» (1557–1580);
- Георг Бауэр (Агрикола) «О горном деле и металлургии» (1530–1546);
- Джованни Вентура Россетти «Собрание сведений об искусстве крашения» (1540);
- Джованни Батиста Делла Порта «Натуральная магия» (1558);
- Антонио Нери «Об искусстве стеклоделия» (1612).

Эти сочинения представляют особую ценность по двум причинам: во-первых, благодаря изложению специальных вопросов технической химии, они положили начало той отрасли химической литературы, которая способствовала и способствует прогрессу нашей науки; во-вторых, эти книги были написаны на основе реальных экспериментальных данных и наблюдений, поэтому и с позиций настоящего времени можно говорить, что в их основу положен вполне *научный подход*.

Такой подход явился результатом того, что авторы, выйдя за рамки теоретических доктрин алхимических исканий, специализировались в отдельных отраслях практической деятельности. Многие авторы, занимающиеся изучением истории науки, считают, что эти сочинения XVI–XVII вв. являются подлинными истоками современной технической химии.

Среди названных технических трактатов наиболее интересными по содержанию и объему представленной в них информации с точки зрения истории химии следует считать книги *Ванноччо Бирингуччо «О пиротехнии»* и *Георга Агриколы «О горном деле и металлургии»*.

Ставший классическим труд В. Бирингуччо «О пиротехнии» впервые был напечатан в Венеции в 1540 г. вскоре после кончины его автора, он состоял из десяти томов, в которых речь шла о рудниках, испытании минералов, приготовлении металлов и их сплавов, плавлении металлов, перегонке, некоторых видах военного искусства и фейерверках. В своей книге Бирингуччо изложил изве-



*Ванноччо Бирингуччо  
(1480–1539)*

\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 70.

стные ему сведения о месторождениях ртути, сурьмы и серы; о римских квасцах, способе очистки серебра посредством купеляции; об искусстве перегонки, гончарном ремесле, технических нормах в минном и артиллерийском деле\*.

Занимаясь прокаливанием металлов на воздухе, Бирингуччо одним из первых ученых-химиков установил, что в результате эксперимента масса свинца увеличивается приблизительно на одну десятую часть. Значение труда «О пиротехнии» для развития прикладной химии подчеркивает значительное число его последующих переизданий. Главными преимуществами сочинений итальянского автора, отличающими их от алхимических манускриптов того времени, является четкость суждений и ясность в истолковании технических процессов, что обеспечивало доступность их содержания широкому кругу читателей.

Неаполитанский естествоиспытатель Джованни Баттиста Делла Порта является автором сочинения «Натуральная магия» (1560), в котором были собраны сведения по практической химии того времени. Итальянский ученый отчасти разделял идеи ятрохимиков и занимался керамическим производством, стеклом, искусственными драгоценными камнями и перегонкой, о чем свидетельствует его труд «О перегонке» (1606).

Самым известным химиком Франции в XVI в. был *Бернар Палисси*. Его труды выгодно отличались от алхимических и ятрохимических абстракций, поскольку были посвящены естественнонаучным исследованиям и наблюдениям за природными явлениями. В своих сочинениях Палисси критиковал как учение Парацельса, так и алхимические поиски философского камня. Хотя было бы преувеличением считать его сторонником научного экспериментального метода, он ясно сознавал роль наблюдения и исследования для науки. «Я не имел иной книги, — утверждал он, — кроме неба и земли, которая известна каждому, и каждый может узнать и прочесть эту прекрасную книгу»\*\*.

\* См.: *Джуа М.* Указ. соч. — С. 76.

\*\* *Джуа М.* Указ. соч. — С. 78.



Титульный лист книги Ванноччо  
Бирингуччо «О пиротехнии»  
(Венеция, 1540)



Титульный лист книги «Пликто об искусстве крашения, обучающий окраске шерстяных, полотняных и шелковых тканей как особым, так и обычным способом», Джованни Вентура Россетти (Венеция, 1548)

по химии неорганических веществ, интересовался агрономией. Палисси утверждал, что минеральные соли необходимы в жизни растений, и поэтому рекомендовал прибавление растворимых солей и мергеля к навозу и другим органическим удобрениям.

Изданное в 1556 г. сочинение *Георга Бауэра*, известного как *Агрикола*, «О горном деле и металлургии» («*De Re Metallica*») включало двенадцать томов. Оно явилось первым специализированным изданием, которое было посвящено подробному описанию многих операций, связанных с добычей и переработкой металлических руд\*. Как

Благодаря своей огромной жизненной энергии, Б. Палисси сумел пройти путь от простого гончара до самых вершин мастерства в керамическом производстве. Используя опыт итальянских коллег, Палисси существенно развил и усовершенствовал технологию, особенно производство глазурей. Некоторые секреты производства цветных глазурей французского химика еще не раскрыты до настоящего времени. Среди его сочинений наиболее значимыми являются «Трактат о питьевом золоте», «Гончарное искусство» и «Трактат о металлах». В книгах Бернара Палисси читателю открывается кипучая энергия автора, удивительно сочетающаяся с простотой изложения.

Научный кругозор французского ученого был достаточно широк. Он выступал с лекциями

\* См.: Tylecote R. F. A History of Metallurgy // Woodhead Publishing Limited, Abington Hall. – Abington; Cambridge. – 1992. – P. 218.



отмечают все специалисты, одним из достоинств выдающегося сочинения Георга Бауэра являются 289 прекрасных рисунков, которые детально иллюстрируют описываемые процессы. Книга Агриколы стала настоящим шедевром, создавшим полную картину эволюции металлургии от древнейших времен до середины XVI в. Практически на протяжении двухсот лет сочинение «О горном деле и металлургии» оставалось авторитетнейшим изданием в своей области. И в настоящее время книгу Агриколы вполне заслуженно считают одним из наиболее почитаемых классических трудов в области металлургии.



Георг Бауэр (Агрикола) (1494–1555)



Система для обогащения руды  
(из книги Георга Бауэра (Агриколы)  
«О горном деле и металлургии»)

Становление технической химии требовало постоянного исследования не только конечных продуктов, но и качества исходного сырья, и все это предопределило возникновение аналитической химии. Нельзя сказать, что в XVI–XVII вв. существовали настоящие аналитические методы. Тем не менее необходимо признать, что наиболее видные последователи Парацельса и представители технической химии внесли существенный вклад в разработку многих методов *качественного химического анализа*. Конечно, они были еще далеки от настоящего систематического химического анализа, но уже догадывались о возможности целенаправленного поиска, а именно: как можно распознать составные части тел.

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. Магистериями называли осадки солей металлов, оксиды металлов, порошки и растворы солей металлов.

\* См.: Фигуровский Н. А. Указ. соч. – С. 148–150.

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 книге В. Бирингуччо «О пиротехнии» 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.

Необходимость систематических исследований веществ, применяемых в технике и повседневной жизни, обусловила создание многочисленных *лабораторий*, прежде всего металлургических. Безусловно, распространению первых аналитических лабораторий способствовала фармация, которая в тот период под влиянием ятрохимиков все больше утверждалась на рациональных позициях.

### 5.4. Элементаризм, атомистика и метафизика эпохи Возрождения

В XVI–XVII вв. многие ученые стремились связать воедино теорию, «экспериментальное искусство», а также потребности ремесленной химии; стремились объяснить природные явления не умозрительно, а на основании данных экспериментальных исследований. Важнейшей задачей всех естественных наук стала борьба против абсолютного засилья схоластического догматизма, который всячески поддерживала и насаждала католическая церковь. Противостоять церкви, обладавшей в то время громадной духовной и светской властью, было по силам далеко не каждому ученому, даже весьма известному и авторитетному.

Претензии схоластов на всеобщий характер их объяснения различных явлений привели к неразрешенным противоречиям, истоки которых следует искать в канонизации философской системы Аристотеля. Поэтому в XVI–XVII вв. создатели новых теоретических представлений в химии должны были постоянно, явно или скрыто, вести борьбу против схоластических учений, по-новому трактовать знания о природных явлениях, столь необходимых для развития химических и других ремесел, медицины, а также для прогресса общественных отношений.

Значительное влияние на развитие естествознания оказали произведения английского философа *Френсиса Бэкона*, который предложил вместо старого дедуктивного подхода применять



*Френсис Бэкон (1561–1626)*

индуктивный метод изучения природы и перейти к активному экспериментальному исследованию окружающего мира. Все это создало предпосылки для последующих революционных прорывов в области естествознания. В конечном итоге невиданный ранее подъем естественнонаучных и философских знаний привел к тому, что схоластические представления об окружающем мире уступили место научной методологии Галилео Галилея, Рене Декарта и Исаака Ньютона.

Переход к более активным экспериментальным исследованиям сыграл важную роль в химии XVII в. В первую очередь это способствовало трансформации (в различных направлениях) традиционных представлений о причинах разнообразия веществ. Насколько трудно было преодолеть устоявшиеся в веках и необычайно живучие представления о природе веществ, можно наблюдать на примере научной деятельности Парацельса. Несмотря на страстное стремление к научной самостоятельности, он смог предложить для объяснения состава и свойств веществ лишь несколько измененные представления Аристотеля об элементах и модифицированные теории алхимиков о превращениях веществ.

Традиционную натурфилософскую или алхимическую концепцию, согласно которой индивидуальность каждого вещества определялась комбинацией *элементов-качеств* (или *элементов-принципов*), соединяющихся с бескачественной материальной *сущностью* (*эссенцией*) тела, по-прежнему исповедовали многие ученые. Однако некоторые из них стали задумываться о бесплодности подобного абстрактного, «оторванного от сущности объекта» понимания элемента в условиях развития экспериментальных исследований. Эти сомнения приводили ученых к постепенному осознанию того факта, что между сущностью предмета и его чувственно воспринимаемыми свойствами должно быть некое соответствие. Сближение качеств объекта с самим объектом давало возможность более достоверно интерпретировать полученные экспериментальные результаты и делать обоснованные предсказания\*.

В трудах ятрохимиков можно отметить важные в методологическом плане позитивные изменения в химическом мышлении. Они проявились в том, что понятие «элемент» получило больший *вещественный статус*, несмотря на достаточно ощутимую долю абстрактности\*\*. Зарождающиеся аналитические методы определения составных частей тел принципиально отличались от традиционного подхода, выводящего наличие элемента в составе данного тела лишь на том основании, что оно обладает присущим этому элементу качеством. Химический анализ мог не подтвердить, что жидкое тело обязательно содержит воду, а горючее – серу\*\*\*.

Ученые того времени заинтересовались проведением циклических последовательностей превращений веществ с обратным выделением исходных реагентов. Например, интенсивно изучали процессы растворения оксидов металлов в кислотах с образованием солей и разложение последних до первоначального окси-

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 22.

\*\* Там же. – С. 21.

\*\*\* См. : Там же. – С. 23.

да. Итальянский ятрохимик А. Сала, проведя опыт по выделению меди на железном стержне из раствора медного купороса, пришел к выводу, что медь уже содержится в растворе последнего. Подобные эксперименты позволяли сделать вывод о том, что исходные вещества входят в продукты химической реакции в качестве составных частей и могут выделяться при разложении этого продукта. В сознании определенной группы естествоиспытателей стали возникать идеи о том, что компоненты, выделенные из веществ при их разложении, определенным образом предсуществуют в них и являются их составными частями. Например, И. Б. Ван Гельмонт допускал присутствие воды в некоторых органических телах, при горении которых она образовывалась\*.

Эпоха Ренессанса в Западной Европе характеризуется повышенным интересом к античной атомистике. Путь для непредвзятого описания явлений природы открылся только тогда, когда было показано, что основополагающие закономерности природы можно понять лишь на основе атомистических представлений\*\*.

Несмотря на то, что основной вклад ученые эпохи Возрождения сделали главным образом в развитие прикладных направлений, нельзя забывать о теоретических изысканиях ренессансных философов и естествоиспытателей в области химии. Еще в 1348 г. по приговору суда в Париже от определенных атомистических концепций заставляли отречься средневекового французского философа Никола д'Отрекура. Католическая церковь сочла явной ересью его высказывание о том, что «в явлениях природы нет ничего иного, кроме движения атомов, которые соединяются и разъединяются»\*\*\*.

Представитель средневекового неоплатонизма *Николай Кузанский* в своих трактатах затрагивал проблемы познания. Николай Кузанский возродил античный взгляд на человека как на микрокосм, подобный макрокосму. По его мнению, человек – существо, соединяющее в себе божественное и земное. Центральный герой ряда его диалогов – «простец», противостоящий схоластической «учености», выступал у Николая Кузанского как персонификация разума. Николай Кузанский внес значительный вклад в развитие математики, в частности в решение вопроса о квадратуре круга, в исчисление бесконечно малых величин. Он подчеркивал методологическое значение математики для познания природы и исходил из необходимости активного использования *количественных характеристик* (счета, измерения и взвешивания) в науке, выступая тем самым предтечей экспериментального естествознания Нового времени.

Идеи Николая Кузанского способствовали становлению атомистических воззрений *Джордано Бруно*, согласно теории которого, все тела состоят из неизменяемых и непроницаемых атомов – *монад*. Весь вещественный мир – есть результат соединения этих первичных элементов. Относительно делимости вещества Дж. Бруно в противоположность аристотелевой теории утверждал, что оно не может продол-

\* См.: *Зефирова О. Н.* Указ. соч. – С. 22.

\*\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 207.

\*\*\* *Джуа М.* Указ. соч. – С. 79.

жаться до бесконечности. Между атомами должен существовать эфир (вакуум) или мировой дух, проникающий в каждое тело. Эфир, согласно Дж. Бруно, есть небо, бесконечное пространство, неизменное и неразрушимое, как и монады. Таким образом, в своих представлениях о строении материи Дж. Бруно не смог полностью избавиться от спиритуалистического начала.

На формирование прогрессивных представлений о природе окружающего мира в XVII в. существенным образом повлияли труды французского математика и философа *Рене Декарта*, которого по праву считают одним из основоположников новой науки. В отличие от Ф. Бэкона, апеллировавшего к опыту и наблюдениям, Декарт обращался к разуму и самосознанию. По мнению французского ученого, научное знание должно быть построено как единая система, незыблемым основанием которой должны являться очевидные и наиболее достоверные утверждения.

Декарт рассматривал мир как совокупность однородных движущихся частиц разной формы и величины. Принципиально новым положением у Декарта явилось отождествление материи с пространством: материя делима до бесконечности. Неделимых атомов и пустоты он не признавал, а движение объяснял с помощью понятия вихрей. Очевидно, что воззрения французского ученого отличались от атомистических в традиционном (демокритовском) понимании этого слова\*. Тем не менее, научный авторитет Р. Декарта и его убежденность в материальности окружающего мира способствовали укреплению атомистических воззрений среди ученых Западной Европы XVII в. Приверженность этим убеждениям прослеживается у сравнительно большой группы естествоиспытателей и философов. Среди сторонников атомистической концепции можно выделить уже *три* основных течения.

Наиболее яркими представителями *естественноисторического* атомизма следует считать *Себастьяно Бассо* и *Даниеля Зеннерта*. Под влиянием идей ятрохимии (скорее всего, работ Анджело Сала) С. Бассо расширил



*Рене Декарт (1596–1650)*



*Даниель Зеннерт (1572–1637)*

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 25.

границы атомистической концепции и пришел к заключению, что образование веществ происходит путем соединения элементов, а разложение соединений на исходные составные части должно быть вызвано определенной физической причиной. В неявной форме в работах С. Бассо прослеживается мысль о том, что *элементы, входящие в состав соединений, не меняют своей сути* и могут быть выделены снова в процессе разложения.

Даниель Зеннерт пытался объяснить известные в его время химические процессы в свете атомистических представлений Демокрита. Он считал, что существует множество атомов, которые способны образовывать различные соединения, однако ему не удалось полностью освободиться от влияния господствовавших тогда представлений. Зеннерт пошел на своеобразный компромисс с учением Аристотеля, считая, что форма атомов в значительной мере определяет их природу. По сути концепция Д. Зеннерта представляет лишь усовершенствованное аристотелевское представление о форме, связанное с атомистическим строением материи. Ученый отвергал возможность замены одних форм другими. Вещества различной формы, по мнению Зеннерта, образуются в зависимости от природы атомов и характера их соединения. При этом, по его мнению, проявляется тенденция к образованию веществ наиболее совершенной формы.

*Метафизический* атомизм в XVII в. представлен главным образом работами французского философа и естествоиспытателя Пьера Гассенди. В 1647 г. появилась его книга «О жизни, нравах и учении Эпикура». В этом сочинении автор проводил мысль о том, что вещества состоят из атомов, отличающихся по величине, форме и массе. По мнению французского философа, атомы представляют собой непроницаемые и неделимые частицы, между которыми находится пустота. При движении атомы сталкиваются, поэтому их скорость может возрастать или уменьшаться. По мнению П. Гассенди, теплота и свет – «*невесомые флюиды*» – также образованы атомами. Кроме того в работах французского ученого прослеживается еще одна очень важная для химии мысль – тела состоят не из первичных атомов, а из их ассоциатов – *молекул* (от лат. moles – «масса» с уменьшительным

суффиксом – cula). Таким образом, в третьей декаде XVII в. в естествознание вошло одно из важнейших его понятий. Однако для того чтобы наполнить этот термин *подлинно научным содержанием*, потребовалось еще практически два столетия.

В развитие концепции *физического* атомизма наибольший вклад внесли работы Давида ван Горля, Доменико Гульельмини и Иоахима Юнгиуса. Основной идеей, которой Ван Горль дополнил атомистическое учение, следует считать его



мысль о том, что однородные по составу тела состоят из сходных атомов, а неоднородные – из различных частиц. Доменико Гульельмини рационально применил атомистические воззрения для объяснения внешней формы кристаллов. Он выступил против взглядов древних натурфилософов, которые видели в кристаллах лишь причудливую игру природы. Итальянский ученый был уверен, что кристаллы образуются под действием сил корпускулярной природы, которые подчиняются неизменным законам. К идеям Д. Гульельмини с определенным интересом отнеслись основоположники научной *кристаллографии*.



Иоахим Юнгиус (1587–1657)

Иоахим Юнгиус пытался применить атомистическое учение Демокрита для объяснений механизма химических превращений. Будучи приверженцем философии номинализма\*, И. Юнгиус полностью отрицал аристотелевское представление о форме и в связи с этим даже критиковал Зеннерта, взгляды которого по другим вопросам высоко ценил. Оспаривая представления Зеннерта, Юнгиус считал, что все многообразие веществ образуется из качественно одинаковых атомов. Атомы различной формы (с одинаковыми другими качествами) должны, по мнению Юнгиуса, образовывать различные тела, благодаря их разнообразному расположению в про-

странстве друг относительно друга. Эти тела, образованные, как разные слова из букв одного и того же алфавита, обладают различными оптическими, механическими и химическими свойствами. Поскольку Юнгиус отвергал любые виды сверхъестественных сил, ему приходилось искать новые объяснения способности элементов образовывать соединения друг с другом. Для этого Юнгиус выдвинул представление о том, что движение присуще атомам как их имманентное внутреннее качество. Он объяснял достоверную на первый взгляд 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 динамических представлений о движении и взаимовлиянии тел Юнгиус пытался решить проблему «сродства» соединений. Прогрессивным моментом в его взглядах была попытка по-новому рассмотреть элемент – как тело, состоящее из однородных частиц.

\* *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 *nomen* – имя). Номинализм возник в XI–XII вв. Особое распространение получил в XIV–XV вв.

Д. Зеннерт, И. Юнгиус, П. Гассенди, Д. Гульельмини и другие естествоиспытатели XVII в. стремились разрабатывать теоретические положения, опираясь на результаты опытов. Воззрения ученых, принадлежавших к различным течениям элементаризма и атомизма, отличались лишь неодинаковой степенью использования схоластических идей, тем не менее представители «физической» атомистики еще не могли со всей определенностью высказаться о роли эксперимента в развитии научных знаний. Правда, И. Юнгиус понимал недостаточность одних лишь достоверных наблюдений за протеканием превращений веществ, этим и объясняется осторожность, с которой немецкий ученый формулировал свои взгляды. Он указывал, что устранить некоторые логические неувязки можно будет на основе дальнейших экспериментов и таким образом призывал к проведению новых наблюдений и опытов, особенно тех, в которых учитывалось бы количественное соотношение веществ, вступающих в химические реакции. Для этого немецкий ученый рекомендовал шире использовать весы в химических лабораториях.

И. Юнгиус служил директором академической гимназии в Гамбурге и преподавал там логику и физику Аристотеля. В его интерпретации учение этого мыслителя древности было не лишено определенных недостатков. Для Юнгиуса критическая оценка натурфилософии Аристотеля была составной частью его борьбы за освобождение науки в целом, и атомистики в частности, от пережитков схоластики. Несмотря на то что в XVII в. число сторонников атомизма существенно возросло, схоластическая философия, основанная на взглядах Аристотеля, оставалась, как и ранее, господствовавшей научной и учебной дисциплиной. Д. Зеннерту приходилось защищаться от упреков в ереси, а И. Юнгиус за свою критику представлений Аристотеля даже попал 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. Однако вопреки всем нападкам и преследованиям, атомистические взгляды античных ученых получили развитие в философии эпохи Возрождения, а также в химии Нового времени для объяснения протекания превращений веществ. В результате были созданы условия для проведения систематических химических экспериментов. Признание необходимости систематических количественных исследований предопределило в дальнейшем коренные изменения в методологии научного познания не только в химии, но и в других естественных дисциплинах.

Одним из главных факторов, стимулирующих создание новых теорий, в то время являлись нерешенные проблемы, возникающие в химической практике. Разработка новых теоретических концепций, в основе которых лежали атомистические представления, была крайне необходима для выхода из лабиринтов традиционных схоластических концепций. Однако на основе одной лишь совокупности новых экспериментальных фактов, без их обобщающего анализа, не удавалось решительно опровергнуть устаревшие учения. В химии эту задачу выполняли сторонники атомизма, когда они «перековывали» практический ремесленный опыт и

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 210.



результаты экспериментов в идейное оружие, направленное против устаревших представлений\*. Этим оружием они прокладывали дорогу для новой химии, устанавливая диалектическое единство между теоретической и практической компонентами химической науки.

Тем не менее атомистические представления мыслителей эпохи Ренессанса не смогли вылиться в настоящую научную доктрину. Их значение прежде всего состоит в том, что они привлекли внимание других ученых к проблеме *дискретности* материи. Их атомистические труды не были напрасными, они указали путь, ведущий от античности к научному возрождению в XVII–XVIII вв.

## 5.5. Краткие биографические данные ученых

**ФИЧИНО (Ficino) Марсилио** (1433–1499), итальянский гуманист и философ-неоплатоник, глава флорентийской Платоновской академии. Образование Фичино получил в университете Флоренции. Чтобы читать Платона в подлиннике, он изучил греческий язык. Перевел на латинский язык сочинения Платона, Плотина, Ямвлиха, Прокла, Порфирия, Михаила Пселла, часть «Ареопагитик», сделав их достоянием европейской философии XV–XVI вв. Деятельность Фичино вызвала живейший интерес в обществе. Вокруг него начала складываться группа единомышленников, своего рода вольное учебное братство, получившее известность под именем Платоновской академии. В 1495 г. Фичино издал двенадцать книг своих «Посланий». Умер Фичино за комментированием «Послания к римлянам» апостола Павла. Идеи Фичино оказали сильное влияние на богословскую и гуманистическую мысль, а также на художественную культуру Возрождения конца XV–XVI вв.

**ПИКО ДЕЛЛА МИРАНДОЛА (Pico della Mirandola) Джованни** (1463–1494), итальянский мыслитель эпохи Возрождения, представитель раннего гуманизма. Современники называли Пико «божественным», видели в нем воплощение высоких устремлений гуманистической культуры. В 14 лет поступил в Болонский университет, затем учился в Ферраре, Падуе (1480–1482), Павии (1483) и Париже (1485–1486), осваивая право, древнюю словесность, философию, богословие. Он изучал новые и древние языки. «900 тезисов» Пико делла Мирандола (введение к ним – «Речь о достоинстве человека»), в которых он стремился к всеобщему «примирению философов» (все религиозные и философские школы – частные проявления единой истины), были осуждены папской курией. Подвергался гонениям инквизиции, содержался под стражей. С 1488 г. жил во Флоренции, вошел в кружок Лоренцо Медичи и флорентийских неоплатоников (Фичино); испытал воздействие Савонаролы. Философская антропология Пико делла Мирандола обосновывает достоинства и свободу человека как полновластного творца собственного «я». Вбирая в себя все, человек способен стать чем угодно, он всегда есть результат собственных усилий; сохраняя возможность нового выбора, он никогда не может быть исчерпан никакой формой своего наличного бытия в мире.

**ГУТЕНБЕРГ Иоганн** (1394(1399?)–1468), немецкий изобретатель книгопечатания. Происходил из рода майнцских патрициев. После смерти отца в 1419 г., вследствие борьбы патрициев с цехами Майнца за право управления городом и победой последних, был изгнан из города. Поселился в Страсбурге (Франция). И. Гутенберг изобрел печать

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 210–211.

с наборных литер, инструмент для отливки литер, типографский сплав (гарт), печатный пресс. В 1452–1456 гг. в Майнце Гуттенберг напечатал так называемую 42-строчную Библию в 2-х томах – первое полнообъемное печатное издание в Европе, признанное шедевром ранней печати. Для Библии был отлит новый шрифт (более узкий), в котором сохранялись аббревиатуры и лигатуры, характерные для рукописных книг. Декор книги (инициалы, орнаменты) воспроизводились от руки. Всего было отпечатано 35 экземпляров на пергаменте и 165 – на бумаге.

**КОПЕРНИК (Copernik, Copernicus) Николай** (1473–1543), польский астроном, создатель гелиоцентрической системы мира. Родился в Торне, в купеческой семье. 9-летним ребенком потерял отца и остался на попечении дяди по матери, каноника Ватцельрода. В 1491 г. Коперник поступил в Краковский университет, где с одинаковым усердием изучал математику, медицину и богословие. По окончании курса путешествовал по Германии и Италии, слушал лекции в разных университетах, а одно время даже сам профессорствовал в Риме. Главным и почти единственным сочинением Коперника, плодом более чем тридцатилетней его работы в Фрауенбурге, является книга «Об обращениях небесных сфер» («De revolutionibus orbium coelestium»). Сочинение издано в Регенсбурге в 1543 г. и посвящено папе Павлу III; оно разделено на 6 частей и печаталось под наблюдением лучшего и любимейшего ученика Ретикуса. Автор видел и держал в руках свое творение на смертном одре. Совершил переворот в естествознании, отказавшись от принятого в течение многих веков учения о центральном положении Земли. Объяснил видимые движения небесных светил вращением Земли вокруг оси и обращением планет (в том числе Земли) вокруг Солнца. Сочинения Коперника были запрещены католической церковью с 1616 по 1828 г.

**ВЕЗАЛИЙ (Vesalius) Андреас** (1514–1564), естествоиспытатель, основоположник современной анатомии. Родился в Брюсселе. Деятельность А. Везалия проходила во многих европейских странах. Одним из первых стал изучать человеческий организм путем вскрытий. В основном труде «О строении человеческого тела» (кн. 1–7, 1543) дал научное описание строения всех органов и систем, указал на многие ошибки своих предшественников, в том числе Галена. Преследовался церковью. Погиб при кораблекрушении.

**ПАРАЦЕЛЬС (Paracelsus)** (настоящее имя – **Филипп Ауреол Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм, von Hohenheim**) (1493–1541), врач и естествоиспытатель, один из основателей ятрохимии. Подверг критическому пересмотру идеи древней медицины. Способствовал внедрению химических препаратов в медицину. Писал и преподавал не на латинском, а на немецком языке. В 1530 г. в замке Бератцхаузен завершил работу над «Парагранумом» (издан в 1565). После непродолжительного пребывания в Аугсбурге и Регенсбурге перебрался в Санкт-Галлен и в начале 1531 г. закончил здесь многолетний труд о происхождении и протекании болезней – трактат «Парамирум» (издан в 1562). В 1533 г. он остановился в городе своего детства Виллахе, где написал «Лабиринт заблуждающихся медиков» (1553) и «Хронику Каринтии» (1575). В последние годы жизни им были созданы трактаты «Философия» (1564), «Потаенная философия» (первое издание осуществлено в переводе на фламандский язык, 1553), «Великая астрономия» (1571) и ряд небольших натурфилософских работ.

**ГЕЛЬМОНТ (Хелмонт, Helmont) Иоганн Баптист Ван** (1579–1644), нидерландский естествоиспытатель, видный представитель ятрохимии и витализма. Развил и углубил учение Парацельса. Ввел термин «газ». Впервые поставил опыты по изучению питания растений.

**САЛА Анджело** (1576–1637), итальянский химик и врач. Жизнь провел в странах. Занимался врачебной практикой во многих городах Западной Европы. Один из виднейших представителей ятрохимии. Разработал способ синтеза серной кислоты сжиганием серы под стеклянным колоколом в присутствии водяного пара. Разработал метод получения фосфорной кислоты из костей. Определил ферментацию как результат «естественного движения в растительных продуктах».

**ЛИБАВИЙ Андрей (Libavius)** (ок. 1550–1616), немецкий химик и врач, представитель ятрохимии, последователь Парацельса. Дал свод и систематизацию химических знаний XVI в. («Алхимия», 1597), описал получение серной и янтарной кислот, хлорного олова, солей аммония и др.

**ТАХЕНИЙ Отто**, немецкий врач, работал в Венеции. Занимал среди ятрохимиков особое положение, поскольку критиковал концепции Парацельса. Его главное сочинение «Химический Гиппократ» (Венеция, 1678).

**СИЛЬВИЙ Франциск** (1614–1672), нидерландский медик и естествоиспытатель, видный представитель ятрохимии. Начиная свою карьеру как врач, позднее стал профессором в Лейдене. Медицинские способности высоко оценены современниками. Сторонник ятрохимического учения, устранил из него духовные начала, введенные Парацельсом и Ван Гельмонтом (в частности пищеварение рассматривал как чисто химический процесс). Придавал большое значение химии в медицинской практике. В качестве лекарства предложил хлористый калий.

**ГЛАУБЕР (Glauber) Иоганн Рудольф** (1604–1670), немецкий химик и врач, сторонник ятрохимии. Получил в чистом виде азотную и соляную кислоты, многие соли, в том числе глауберову соль (1648). Применил стекло для изготовления химической посуды. Основал промышленное стекловарение в Тюрингии. Первым получил жидкое стекло.

**АГРИКОЛА (Agricola) Георг** (настоящая фамилия – **Бауэр, Bauer**) (1494–1555), немецкий ученый-естествоиспытатель. Впервые обобщил опыт горно-металлургического производства в труде «О горном деле и металлургии» (1550; 12 книг, издан в 1556), который вплоть до XVIII в. служил основным пособием по геологии, горному делу и металлургии.

**БИРИНГУЧЧО (Biringuccio) Ваноччо** (1480–1539), итальянский химик, металлург и архитектор. Сначала занимался алхимией, затем был директором монетного двора в Сиене. Жил в Италии и Германии. Занимался созданием военной техники во Флоренции. Последние годы своей жизни состоял на службе у папы Павла III. Широкую известность получил его труд «Пиротехния» в 10 книгах (1540), в котором описывались способы получения металлов, техника амальгамирования, метод получения азотной кислоты, технология приготовления различных горючих и взрывчатых смесей. В этой книге автор использовал опытные данные для устранения неясностей, вносимых алхимией в объяснение технологических процессов. Одним из первых наблюдал увеличение массы металлов при их обжиге на воздухе.

**ПОРТА Джованни Баттиста Делла** (1537–1615), неаполитанский естествоиспытатель, был также сведущ в математике. В его сочинении «Натуральная магия» (1560) собраны сведения по практической химии того времени. Занимался ятрохимией, керамическим производством, стеклом, искусственными драгоценными камнями и перегонкой («О перегонке», 1606). «Магия» Делла Порты была переведена на итальянский (Венеция, Аванци, 1560), английский (1658) и немецкий (1713) языки.

**ПАЛИССИ Бернар** (1499–1589), самый знаменитый химик Франции в XVI в. Его труды посвящены наблюдениям над природными явлениями и исследованиям. Было бы

преувеличением считать его сторонником научного экспериментального метода, однако он ясно сознавал роль наблюдения и исследования для науки; в этом смысле его следует признать предшественником Фрэнсиса Бэкона. «Я не имел иной книги, – утверждал он, – кроме неба и земли, которая известна каждому, и каждый может узнать и прочесть эту прекрасную книгу». Человек огромной энергии, Палисси от простого гончара сумел подняться до самых вершин техники. Он занимался керамическим производством и, используя опыт итальянцев, внес в него большой вклад, особенно в производство глазурей. В своих сочинениях критиковал как учение Парацельса, так и алхимические поиски философского камня; главные его сочинения – «Трактат о питьевом золоте», «Гончарное искусство», «Трактат о металлах». Полное собрание трудов было издано в 1844 г. Для сочинений Палисси характерен ровный стиль, лишенный алхимических прикрас. Он утверждал, что минеральные соли необходимы в жизни растений и рекомендовал прибавление растворимых солей и мергеля (уже употреблявшегося, по свидетельству Плиния, для той же цели римскими агрономами) к навозу и аналогичным удобрениям.

**БЭКОН Фрэнсис** (1561–1626), английский государственный деятель и философ, родоначальник английского материализма. Происходил из семьи «новых дворян», в свое время поддерживавших английскую монархию в феодальных междоусобицах; его отец некоторое время занимал должность лорда-хранителя королевской печати. В возрасте 12 лет Бэкон поступил в Кембриджский университет. Лорд-канцлер при короле Якове I. В трактате «Новый органон» (1620) провозгласил целью науки увеличение власти человека над природой, предложил реформу научного метода – очищение разума от заблуждений («идолов» или «признаков»), обращение к опыту и обработка его посредством индукции, основа которой – эксперимент. Бэкон был увлечен широкими проектами преобразования науки. Автор утопии «Новая Атлантида», в которой предвосхитил план создания в 60-е гг. XVII в. Лондонского Королевского общества. Первым приблизился к пониманию науки как социального института. Разделял теорию двойственной истины, разграничивающую функции науки и религии. Его позиция по отношению к религии близка деизму. Крылатые высказывания Бэкона о науке и ее роли неоднократно избирались знаменитыми философами и учеными в качестве эпиграфов для своих произведений.

**НИКОЛАЙ Д’ОТРЕКУР** (Nicolac d’Autrecourt) (ок. 1300 – после 1350), французский философ, представитель номинализма. Преподавал в Париже. Критиковал схоластический аристотелизм, защищал принципы античной атомистики. Осужден римской курией в 1346 г.

**НИКОЛАЙ КУЗАНСКИЙ** (Nicolaus Cusanus) (Николай Кребе (Krebs)) (1401–1464), философ, теолог, ученый, церковно-политический деятель. Ближайший советник папы Пия II, кардинал (1448). Исходя из идей неоплатонической диалектики и немецкой мистики, развил учение об абсолюте как совпадении противоположностей (тождество бесконечного «максимума» и бесконечного «минимума»). Человеческое знание есть «знание незнания» («ученое незнание»); будучи бесконечным приближением к истине, заключенной в абсолюте, оно осуществляется с помощью «догадок» или «предположений». Автор математических трактатов, один из предшественников космологии Коперника (Земля, как и любое другое тело, не может быть центром Вселенной) и опытного естествознания.

**БРУНО** (Bruno) Джордано (1548–1600), итальянский философ-пантеист и поэт. Обвинен в ереси и сожжен инквизицией в Риме. В гилозоистической натурфилософии Бруно, направленной против схоластического аристотелизма, неоплатонические понятия о едином начале и мировой душе переплетаются с представлениями ранней гре-

ческой натурфилософии и герметической традиции. Развивая идеи Николая Кузанского и гелиоцентрическую космологию Коперника, отстаивал концепцию о бесконечности Вселенной и бесчисленном множестве миров. Основные сочинения: «О причине, начале и едином», «О бесконечности, Вселенной и мирах», «О героическом энтузиазме». Автор антиклерикальной сатирической поэмы «Ноев ковчег», комедии «Подсвечник», философских сонетов.

**ДЕКАРТ (Descartes) Рене** (латинизированное – **Картезий (Cartesius)**) (1596–1650), французский философ, математик, физик и физиолог. С 1629 г. жил и работал в Нидерландах. Заложил основы аналитической геометрии, дал понятия переменной величины и функции, ввел многие алгебраические обозначения. Высказал закон сохранения количества движения, дал понятие импульса силы. Автор теории, объясняющей образование и движение небесных тел вихревым движением частиц материи (вихри Декарта). Ввел представление о рефлексе (дуга Декарта). В основе философии Декарта – дуализм души и тела, «мыслящей» и «протяженной» субстанции. Материю отождествлял с протяжением (или пространством), движение сводил к перемещению тел. Общая причина движения – Бог, который сотворил материю, движение и покой; человек – связь безжизненного телесного механизма с душой, обладающей мышлением и волей. Безусловное основоположение всего знания, по Декарту, – непосредственная достоверность сознания («мыслью, следовательно, существую»). Существование Бога рассматривал как источник объективной значимости человеческого мышления. В учении о познании Декарт – родоначальник рационализма и сторонник учения о врожденных идеях. Декарт обращался к разуму и самосознанию. По мнению французского ученого, научное знание должно быть построено как единая система, незыблемым основанием которого должны являться очевидные и наиболее достоверные утверждения. Основные сочинения: «Геометрия» (1637), «Рассуждение о методе...» (1637), «Начала философии» (1644). Многие историки науки считают, что с работы Декарта «Рассуждение о методе», и началась новоевропейская философия.

**ГАССЕНДИ (Gassendi) Пьер** (1592–1655), французский философ, математик и астроном. Был преподавателем риторики в Дине, потом профессором философии в Э (Aix), в Провансе. Курс свой он располагал таким образом, что сначала излагал учение Аристотеля, а потом показывал его ошибочность. Открытия Коперника и сочинения Джордано Бруно, а также чтение сочинений Петра Рамуса и Людовика Вивеса окончательно убедили Гассенди в непригодности аристотелевской физики и астрономии. Свои взгляды изложил в скептическом сочинении: «Exercitationes paradoxicae adversus Aristoteleos» (Гренобль, 1627), которое он не закончил: нападать на Аристотеля и защищать Коперника в то время было небезопасно. Обладал большим полемическим дарованием: умел отдать должное противнику, ясно и точно излагал его теорию, наконец, делал весьма тонкие и веские замечания. Его полемика с Декартом считается образцовой. Пропагандировал атомистику и этику Эпикура, в отличие от которого признавал сотворение атомов Богом. Атомы вечны, поскольку вечна Вселенная, но они, как и Вселенная, сотворены Богом; по Его же воле они сгруппировались в тело, ибо как из простого смешения букв не могут возникнуть поэмы, так и из случайной группировки атомов не могли при сотворении мира произойти тела без содействия Бога. С позиций сенсуализма выступал против учения о врожденных идеях. Основное сочинение: «Свод философии» (опубликовано в 1658 г., посмертно).

**БАССО Себастьяно**, итальянский философ XVII в. О его жизни известно очень мало. Свою атомистическую концепцию изложил в сочинении «Философия природы против Аристотеля» (Женева, 1621). В разработке ее он примыкает к итальянской естественноисторической мысли, особенно к Телезию. Исходя из неоплатонизма и опираясь на воззрения Лукреция, стремился согласовать учения Анаксагора и Демокрита. Под влиянием ятрохимических представлений расширил атомистическую концепцию, приняв, что образование веществ происходит путем соединения элементов, а разложение веществ на те же самые элементы вызывается определенной физической причиной. Таким образом, в неявной форме высказал мысль о том, что элементы, принимающие участие в образовании соединений, остаются неизменными и могут быть получены снова в процессе разложения. На формирование взглядов Бассо, вероятно, повлияли работы венецианца Анджело Салы. Проявил себя противником аристотелевского учения об элементах, но в то же время не дал объяснения свойств частиц.

**ЗЕННЕРТ Даниель** (1572–1637), немецкий врач и философ, профессор медицины университета г. Виттенберга. Независимо от С. Бассо, но под влиянием Фракасторо (1478–1553) и Агийона (1566–1617) пытался реалистически подойти к проблеме материи, однако, как показывают его сочинения, не освободился полностью от спиритуалистических воззрений. Из сочинений Зеннерта наибольший интерес представляют следующие: «Краткое изложение естественной науки» (1618), «О согласии и несогласии химиков со сторонниками Аристотеля и Галена» (1619) и «Физические записки» (1635). Зеннерт признавал важную роль химии среди естественных наук и стремился освободить ее от выводов, сделанных сторонниками Парацельса. Корпускулярная теория Д. Зеннерта, однако, не была оригинальной.

**ВАН ГОРЛЬ Давид** (Горлеус), нидерландский естествоиспытатель и философ. О его жизни достоверных сведений практически нет. Обсуждал атомистику в сочинении «Работы по философии... изданные после смерти автора» (1620). Ван Горль принимал, что однородные тела состоят из сходных атомов, неоднородные тела – из несходных.

**ЮНГИУС Иоахим** (1587–1657), немецкий естествоиспытатель, философ и педагог. Проводил атомистические взгляды в «Лекциях по физике» (1629 – 1631) и «Сокращенном изложении физики» (1636). Он применял весы в некоторых опытах и заметил увеличение веса при обжигании металлов. Его корпускулярная теория имела отвлеченный характер, что сближало ее с метафизикой материалистов древности и натуралистов Возрождения, а также с теорией Р. Бойля.

**ГУЛЬЕЛЬМИНИ Доменико** (1655–1710), болонский математик. В монографиях «Философские рассуждения, навеянные внешним видом солей» (1688) и «Рассуждение о солях, изложенное в форме писем» (1705) он рационально применил корпускулярную теорию для объяснения формы кристаллов. Он выступал против взглядов древних на кристаллы как на игру природы и, наоборот, утверждал, что они получаются под действием молекулярных сил, подчиняющихся неизменным законам. Таким путем Гульельмини заложил основы научной кристаллографии. Не исключено, что на взгляды Гульельмини оказали влияние труд «Неделимые» Бонавентуры Кавальери (1598–1647), который развивал подобный взгляд в книге «Геометрия, изложенная новым способом при помощи неделимых непрерывного» (1635). Считается, что деятельность Д. Гульельмини протекала в традициях галилеевской школы.

## ГЛАВА 6

### РАЗВИТИЕ ХИМИИ В XVII–XVIII ВВ.

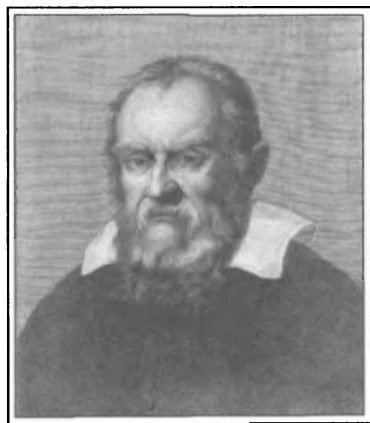
*Если бы люди принимали успехи истинной науки ближе к сердцу, нежели свои личные интересы, тогда можно было бы легко доказать им, что они оказывали бы миру величайшие услуги, если бы посвятили все свои силы производству опытов, собиранию наблюдений и не устанавливали никаких теорий, не проверивши предварительно их справедливость путем опытным.*

*Роберт Бойль*

#### 6.1. Научная революция в физике и астрономии

Несмотря на ту ощутимую пользу, которую принесла ятрохимия в XVI–XVII вв., в определенной степени она служила и помехой для дальнейшего развития химической науки. С одной стороны, ятрохимия боролась со схоластическим подходом в научном познании, пыталась вывести химические исследования из замкнутого круга алхимической концепции и расширить объем фактических знаний о жизненно важных соединениях; с другой – она стремилась уложить всю совокупность проблем, стоящих перед химией, в прокрустово ложе фармакологических и медицинских исследований. Многие ученые XVI–XVII вв. избирали путь практического внедрения в жизнь достижений химии, однако в тот период ни прикладная, ни техническая химия не могли еще сформулировать, а тем более решить, глобальных фундаментальных теоретических проблем, стоящих перед этой отраслью естествознания.

Необходимо подчеркнуть, что при достаточно динамичной эволюции в XVI–XVII вв. химия в определенном отношении отставала от уровня развития других естественных наук, особенно от физики и астрономии. Одной из наиболее ощутимых причин такого отставания историки науки называют отсутствие в химических исследованиях того времени строгих количественных измерений. Революционные по своей сути выводы о строении Солнечной системы, расширившие и углубившие воззрения Н. Коперника (см. гл. 5, п. 5.1), были сделаны выдающимися астрономами XVII в. – Тихо Браге, Джордано Бруно, Иоганном Кеплером и Галилео Галилеем. К 1604 г. Галилей уже имел математические доказательства вращения Земли. Наблюдения, сделанные при по-



*Galileo Galilei*  
Ritratto di Galileo Galilei  
Disegnato da Ottavio Leoni

Галилео Галилей (1564–1642)

мощи тридцатикратного телескопа, позволили итальянскому ученому утверждать, что Солнце вращается вокруг своей оси. Сокрушительный удар по геоцентрической теории с ее равномерным круговым движением нанес немецкий астроном Иоганн Кеплер. Основываясь на наблюдениях Тихо Браге, Кеплер продолжил изучение движения планет. Систематизация результатов проведенных наблюдений позволила ему открыть законы движения планет, известные сегодня как «законы Кеплера».

С именем Галилео Галилея связывают зарождение *научной методологии* конкретного уровня. До исследований Галилея в физике существовали методы и методологические представления, определяемые философской системой Аристотеля. Итальянскому ученому удалось преодолеть недостатки физики Аристотеля, что привело к формированию новой механистической методологии, которая господствовала в науке вплоть до начала XX в. Галилео Галилей доказал необходимость тщательных измерений и математической обработки данных физического эксперимента. По Галилею, научное познание должно основываться на тщательно спланированном и точном эксперименте – как мысленном, так и реальном\*. Для реального эксперимента необходимо непосредственное изменение условий возникновения явлений и установление между ними закономерных причинно-следственных связей, обобщаемых посредством математического аппарата.

Одновременно с астрономическими исследованиями Галилей смог заложить основы механики, ставшей фундаментом для построения теории тяготения И. Ньютона. Развитие некоторых идей Г. Галилея можно проследить в работах

Рене Декарта (см. гл. 5, п. 5.4). Сочинение французского ученого «Рассуждение о методе» оказало заметное влияние на становление философского фундамента научного познания Нового времени.

Безоговорочный триумф количественного подхода к физическим исследованиям связан с именем Исаака Ньютона. В своей книге «Начала математики» («Principia Mathematica»), опубликованной в 1687 г., Ньютон завершил разработку основ механики, сформулировав *три закона движения*. На базе этих законов в последующие два столетия развивалась классическая механика. При выведении закона тяготения И. Ньютон применил *теорию чисел* – новую и мощную область математики, которую он сам и разрабатывал. Как указывают многие историки науки, при Ньютоне *научная революция\*\** в физике и астро-



SIR ISAAC NEWTON.

Born at Woolsthorpe, near Grantham, in the county of Lincoln,  
Dec<sup>r</sup> 15<sup>th</sup> 1642, expired, March 20<sup>th</sup> 1727.  
London, William Dorian, 44, Mark Lane. 1851/52

Исаак Ньютон (1643–1727)

\* См.: Кравченко А. Ф. Указ. соч. – С. 63.

\*\* См.: Shapin S. The Scientific Revolution. – Chicago: University of Chicago Press, 1996. – P. 5–7; Kuhn T. The Copernican Revolution. – Cambridge: Harvard University Press, 1957. – P. 142; Westfall R. S. The Construction of Modern Science. – New York: John Wiley and Sons, 1971. – P. 17–21.



номии достигла своей высшей точки. Авторитет древнегреческих теорий был заметно поколеблен. Ученые Западной Европы «намного превзошли достижения античных философов и математиков, поэтому можно было больше не оглядываться назад»\*. В химии же переход от простого *качественного* описания к тщательному *количественному* измерению произошел лишь спустя много лет после открытий, сделанных Галилео Галилеем, Рене Декартом и Исааком Ньютоном.

## 6.2. Зарождение пневматической химии (химии газов)

На заре Нового времени химия как самостоятельная отрасль естествознания оказалась несколько в стороне от общенаучной программы той эпохи, которая была ориентирована на построение механической картины мира, на девальвацию качества и изучение однородного материала\*\*.

Практически в умах химиков XVI–XVII вв. соперничали три теоретические концепции. Во-первых, были еще очень сильны позиции традиционного алхимического учения, что накладывало отпечаток не только на интерпретацию результатов опытов (например, в виде утверждений об экспериментальных доказательствах трансмутации), но и на образ мышления в целом. Во-вторых, с развитием прикладной химии и зарождением основ химического анализа появились и стали усиливаться новые воззрения – *эмпирическая концепция предсуществующих элементов*, сформировавшаяся именно в результате осмысления результатов экспериментальных исследований. В-третьих, можно отметить усиление позиций *корпускуляристского* учения, получившего распространение в результате возрождения атомизма\*\*\*.

Выбор дальнейшего пути развития химии фактически зависел от сложных взаимоотношений между элементаристской и корпускуляристской концепциями. В химии XVIII в. преобладала первая доктрина, поскольку именно она в наибольшей степени соответствовала уровню развития экспериментальных исследований. Необходимо отметить, что многие сторонники элементаристской концепции не отрицали факта существования атомов или корпускул, но воспринимали их лишь как абстрактную «структурную» единицу тел. В таком понимании атом уже не рассматривали в качестве объекта химических превращений, а следовательно, и объекта химических исследований. Химия, как отмечал французский ученый Николя Лефевр, оставляла вне поля зрения недоступные опыту малые части и устремлялась «к сущностям видимым и осязаемым»\*\*\*\*.

\* Азимов А. Указ. соч. – С. 29.

\*\* См.: Становление химии как науки. Всеобщая история химии / Под ред. Ю. И. Соловьева. – М.: Наука, 1983. – С. 16.

\*\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 27.

\*\*\*\* Там же. – С. 28.

Хотя и медленно, химия все же продолжала движение вперед. Во времена Г. Галилея в методологии химической науки наметились определенные приметы грядущих революционных перемен. Так, упоминаемый ранее И. Б. Ван Гельмонт (см. гл. 5, п. 5.2) первым среди ученых-химиков стал изучать газообразные вещества, образующиеся в процессе некоторых реакций; не имеющие постоянного объема и формы, они напомнили Ван Гельмунту греческий «хаос» – бесформенное и беспорядочное вещество первоначала, из которого, согласно древнегреческой мифологии, был создан космос. Благодаря изменениям, вызванным фонетикой фламандского языка, слово «хаос» стали произносить как «*gas*» или «*gaz*». Газ, образующийся при горении дерева, а также при брожении молодого вина, Ван Гельмонт назвал «лесным газом» (*gas sylvestre*) и изучал с особой тщательностью. При изучении углекислого газа и других газообразных веществ как простейшей формы материи голландским ученым впервые была использована техника точных измерений, которая, в конечном итоге, привела в мир современной химии\*.

Вдохновленные новой методологией естествознания, ученики и последователи Г. Галилея обратили свое внимание на изучение воздуха и других газов. В 1643 г. итальянский физик Эванджелиста Торричелли сумел доказать, что воздух оказывает давление. По-видимому, первым, кто выступил с утверждением о существовании атмосферного давления, был «философствующий о природе и смеющийся над Аристотелем и всеми перипатетиками» *Джованни Батиста Бальяни* (1582–1666). В частности, он писал: «Мы погружены на дно безбрежного моря воздушной стихии, которая, как известно из неоспоримых опытов, имеет вес, причем он наибольший вблизи поверхности Земли...».

С изобретением манометра газы стали казаться менее загадочными. Появились предположения, что, подобно жидкостям и твердым телам, газы имеют массу и отличаются лишь гораздо меньшей плотностью. Немецкий физик Отто фон Герике изобрел воздушный насос и убедительно доказал, что атмосферный воздух имеет массу. В 1654 г. он продемонстрировал опыт с «магдебургскими полушариями»: соединив два медных полушария, откачал из полученного сосуда воздух. Атмосферный воздух давил на полушария и удерживал их вместе, так что их не могли разъединить упряжки лошадей, изо всех сил тянувшие полушария в разные стороны, когда же фон Герике впускал в сосуд воздух, полушария распадались без внешних усилий.

Успехи ученых-физиков в изучении воздуха и атмосферного давления вдохновляли представителей химической науки продолжить изучение газов, начатые еще И. Б. Ван Гельмонтом. Одним из химиков, проявивших интерес к изучению газов, стал Роберт Бойль.

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 29–30.

### 6.3. Роберт Бойль



*Роберт Бойль (1627–1691)*

В процессе эволюции химической науки второй половины XVII в. выдающуюся роль сыграл ирландский химик Роберт Бойль. Как отмечает М. Джуа, «в истории науки редко встречаются такие мыслители, как Роберт Бойль, в котором выдающиеся способности к аналитическому мышлению сочетались с даром наблюдательности и искусством экспериментатора»\*.

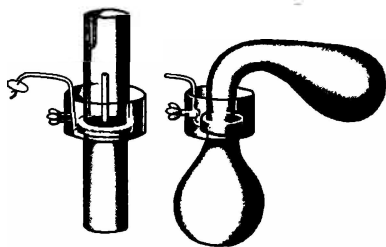
Как считают многие биографы Роберта Бойля, его воззрения на проведение научных исследований сформировались под воздействием взглядов английского философа Френсиса Бэкона (см. гл. 5, п. 5.4), поэтому наблюдение у Бойля скорее относится к эмпирическому методу познания, в то время как эксперимент он считал проявлением рационального подхода. Тем не менее нельзя отрицать,

что при изучении газов Бойль пользовался методологией, предложенной Галилео Галилеем. В силу объективных причин, обусловленных уровнем развития химии того времени, Бойль не был настолько подготовленным, особенно математически, чтобы использовать в полной мере галилеевский метод в химии. Если бы ему это удалось, исследования ирландского ученого, возможно, смогли бы предвосхитить труды А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, п. 6.5) и Джона Дальтона (см. гл. 8, п. 8.3). Однако научная доктрина Р. Бойля во многом еще не выходит за рамки абстракции, в ней можно увидеть идейное влияние основателей Королевского научного общества, в особенности Дж. Глэнвилля, мировоззренческий анимизм\*\* которого хорошо замечен в его труде «Научный скептицизм» (1665).

В научной деятельности Роберта Бойля обычно выделяют три составные части:

- а) физические исследования;
- б) химические исследования;
- в) разработка основ корпускулярной теории.

Эксперименты с газообразными веществами, успешно осуществленные представителями физической науки, увлекли Бойля. Освоив методику откачивания воздуха из сосуда, он сумел осуществить обратный эксперимент – сжатие воздуха. В результате проведенных количественных экспериментов он установил обратную зависимость объема воздуха от величины вне-



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

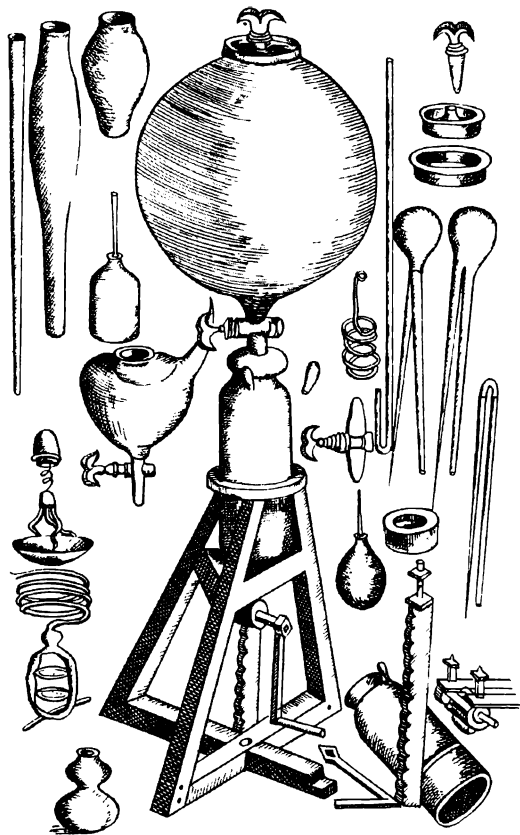
\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 87.

\*\* Анимизм (от лат. *anima*, *animus* – душа, дух), вера в существование душ и духов, обязательный элемент всякой религии.

шнего давления –  $pV = \text{const}$ . Первое сообщение об этом законе было опубликовано в 1662 г. Роберт Бойль не оговаривал особо, что его закон справедлив только при постоянной температуре. Французский физик Эдм Мариотт независимо от Бойля открыл этот закон в 1676 г. Он особо подчеркивал, что изученная зависимость объема газа от давления наблюдается только при постоянной температуре. Закон Бойля–Мариотта явился первой попыткой применить *точное измерение* при выяснении причин изменения веществ.

Роберт Бойль имел совершенно особый взгляд на цели и задачи химических исследований. Он считал химию наукой, способной добиться истинной самостоятельности. «Химики до сих пор руководствовались чересчур узкими принципами, не требовавшими особенно широкого умственного кругозора; они усматривали свою задачу в приготовлении лекарств, в извлечении и превращении металлов. Я смотрю на химию с совершенно другой точки зрения; я смотрю на нее не как врач, не как алхимик, а как должен смотреть на нее философ» – утверждал Р. Бойль\*.

Большое значение для дальнейшего развития химии имели начатые Р. Бойлем исследования фосфора. Занимаясь получением фосфора, он пришел к открытию ортофосфорной кислоты и фосфина  $\text{PH}_3$ . Кроме количественного изучения различных химических процессов, Бойль систематически использовал некоторые реакции для распознавания веществ. Подобно многим химикам XVII в. ирландский ученый в своих химических исследованиях применял анализ веществ с помощью огня (*analysis by fire*). Изучая явления термического разложения веществ, Бойль усомнился в том, «что тело разлагается огнем на свои ингредиенты, предполагаемые простыми...». Он находил все больше подтверждений тому, что образующиеся при прокаливании веществ «субстанции на самом деле не являются подлинными и настоящими элементами, а произведены акцидентально огнем, который, рассы-



Фронтиспис книги Р. Бойля «Новые опыты»  
с изображением воздушного насоса

\* Джуга М. Указ. соч. – С. 87.

пая тело на мельчайшие части (особенно если они находятся в замкнутых сосудах), вынуждает их соединяться друг с другом, но уже иначе, чем раньше...». Огонь как инструмент анализа «в большинстве случаев не разлагает тело на гипостатические начала, но лишь образует из этих частей новые структуры»\*. Анализируя результаты проведенных экспериментов, Р. Бойль высказал догадку, что в процессах прокаливания принимает активное участие какая-то составная часть воздуха.

Понимая, что в результате термической деструкции могут образовываться продукты вторичных процессов, ирландский ученый занимался поиском других методов анализа: например, экстракционных или индикаторных. В хронологии важнейших событий и открытий в химии 1654 год отмечен введением Робертом Бойлем термина «*химический анализ*»\*\*. По всей видимости, исследования, которыми Р. Бойль занимался в своем замке в Стэлбридже с 1645 г., и заложили основы современной *аналитической химии*. В этот период своей деятельности он увлеченно изучал реакции кислот и щелочей с индикаторами, процессы разложения, осаждения и идентификации веществ. В апреле 1652 г. Бойль вынужден был покинуть имение Стэлбридж и направиться в родовой замок графов Корк в Ирландию. Незадолго до этого в семье Р. Бойля произошла трагедия: его отец граф Ричард Корк погиб в сражении с армией Кромвеля. В апреле 1654 г. ирландский ученый написал из Корка Фредерику Клодию письмо, в котором содержались такие слова: «Поскольку я не имею колб и печей, чтобы выполнять *химические анализы* неживых объектов, я упражняюсь в анатомировании животных»\*\*\*.

Весь последующий ход эволюции химических знаний показал, что введение Р. Бойлем нового термина «*химический анализ*» оказалось необходимым и своевременным. Этот термин явился своего рода лозунгом, вокруг которого многие ученые координировали свои исследования, направленные на изучение «составных частей сложных тел», что, в конечном итоге, привело к становлению новой научной дисциплины – *аналитической химии*.

Существенный вклад в развитие химического анализа внесло первое систематическое описание индикаторов, данное Р. Бойлем в книге «Опыты и рассуждения о цветах» (1664), хотя отрывочные сведения об этом можно встретить в более ранних работах. Первым индикатором, который Р. Бойль использовал в своих опытах, был настой сандалового дерева *Lignum nephriticum*. Значительно позже было обнаружено, что первый индикатор Бойля был флуоресцентным\*\*\*\*. В качестве кис-

\* Становление химии как науки. – С. 55.

\*\* См.: Шапошник В. А. Первая страница истории аналитической химии: К 350-летию введения Р. Бойлем термина «химический анализ» // Журн. аналит. химии. – 2004. – Т. 59, № 8. – С. 886–888.

\*\*\* Сабадвари Ф., Робинсон А. История аналитической химии. – М.: Мир, 1984. – С. 37. (См.: Maddison R. E. W. Notes Records Royal Soc. – 1958. – Vol. 13. – P. 128; Maddison R. E. W. Notes Records Royal Soc. – 1963. – Vol. 18 – P. 104).

\*\*\*\* См.: Ранке-Мадсен Е. История индикаторов // Индикаторы / Под ред. Э. Бишоп. – М.: Мир, 1976. – Т. 1. – С. 9–24.

лотно-основных индикаторов Бойль применил доступные экстракты пигментов растительного происхождения – лепестков фиалок, васильков, роз, цветов деревьев, а также некоторых ягод. Уместно напомнить, что некоторые из этих экстрактов применяли еще древние греки (см. гл. 2, п. 2.4). Кроме того, он первым применил *неорганический индикатор*, содержащий ион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , который имел синее окрашивание в щелочной среде и был бесцветным в кислоте. В своей книге Бойль описал *heliotropium tricoccum*, который впоследствии получил название *лакмуса* и стал одним из распространенных кислотно-основных индикаторов.

Роберт Бойль существенно усовершенствовал лабораторное оборудование, ввел в лабораторную практику градуированные приборы для измерения объемов газов и жидкостей, а также весы (хотя и невысокой точности – от 1 до 0,5 грана, т.е. 60–30 мг)) и усовершенствовал способ взвешивания. Р. Бойль начал разрабатывать сероводородный метод качественного анализа химических элементов.

В 1661 г. Бойль опубликовал свою книгу «Химик-скептик» («The Sceptical Chymists») сначала анонимно, а позднее и под своей фамилией. Не удивительно, что в названии своей книги автор сознательно опустил первый слог в слове «алхимия». Этим поступком ирландский ученый подчеркнул, что подлинное развитие химической науки возможно лишь в том случае, если традиционные алхимические доктрины окажутся окончательно отвергнутыми. По мнению целого ряда историков, в том, что в дальнейшем эта отрасль естествознания стала называться *химией*, а специалисты, работающие в этой области, – *химиками*, далеко не последнюю роль сыграли авторитет Роберта Бойля и его научные заслуги.

Как свидетельствуют биографы, мировоззрение ирландского ученого формировалось под влиянием трудов П. Гассенди (см. гл. 5, п. 5.4) и его английского последователя У. Чарлтона. В книгах П. Гассенди и У. Чарлтона подробно обсуждалось учение Эпикура. Мысль о союзе химиков и сторонников корпускулярного учения проходила лейтмотивом через все натурфилософские сочинения Р. Бойля. Именно здесь, в точке пересечения *атомистической* и *химической* традиций рождалась новая наука\*.

В последующих книгах Р. Бойль изложил содержание своей *корпускулярной теории*, которая представляла по своей сути *атомистическое* учение и стремилась опереться на химические факты, хотя некоторые идеи, в частности, об универсальности материи, общей для всех тел и непроницаемой, ему пришлось заимствовать у античных философов. По Бойлю, все тела образованы этой универсальной материей, которая обладает тремя основными свойствами – *формой*, *величиной* и *движением*. Среди свойств или *акциденций* материи самую важную роль Бойль отводил *движению*. Как акциденции, так и корпускулы у Бойля подвержены определенной иерархии: они могут быть первого и второго порядка. Первичные корпускулы (*minima* или *prima naturalia*) и есть по своей сути *непосредственные начала* тел различных видов\*\*. При объединении корпускул первого

\* См.: Становление химии как науки. – С. 39.

\*\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 92.

порядка образуются конгломераты или сложные составные тела (*primitive cluster* или *prima mixta*), из которых могут образовываться различные смеси веществ. Эти вторичные образования играли в учении Р. Бойля важнейшую роль. В качестве структурных единиц макротел ирландский химик рассматривал именно конгломераты первичных корпускул, характеристики которых – величина, форма, структура и движение определяли качественную индивидуальность каждого тела\*. Каждому конкретному виду корпускулярного движения у Бойля соответствовал определенный набор других характеристик частиц, что в итоге и определяло совокупность свойств макротела.

По мнению Бойля, изменение свойств вещества при протекании химических превращений представляло собой *модификацию типа движения*, а следовательно, и других характеристик конгломератов в результате их внутренней перестройки или дополнительного объединения с другими корпускулами и распада этих объединений. Такая точка зрения позволила ирландскому ученому объяснить возможность осуществления трансмутации, но не алхимической (оперирующей с абстрактными элементами-принципами), а осуществляемой путем механического изменения внутренней «структуры» тела, вследствие которого исчезают одни свойства и возникают другие\*\*.

В теории Р. Бойля движущей силой объединения корпускул выступает особого рода *сродство* их друг к другу. Ученый пришел к выводу, что корпускулы и их конгломераты, из которых образованы тела, остаются неизменными при различных превращениях этих тел. Например, растворив в азотной кислоте серебро, ртуть или медь, можно снова получить из растворов исходные металлы. Однако он не считал это требование абсолютным, поскольку не настаивал с полной определенностью, что конгломераты корпускул обязательно входят в состав макротел, не теряя собственной природы.

Свою корпускулярную концепцию Р. Бойль использовал для объяснения различного агрегатного состояния вещества. Согласно его представлениям, газообразное состояние, характерное главным образом для воздуха, обусловлено присутствием частиц самой разнообразной формы, что и определяет упругие свойства газов; корпускулы жидкостей соприкасаются только в немногих местах своих поверхностей и поэтому обладают некоторой свободой движения, в твердых же телах частицы соединены между собой настолько прочно, что не могут перемещаться – твердое состояние возможно благодаря плотности корпускул, нахождения их в состоянии покоя и сближенности.

При желании в понятиях частиц материи *minima* или *prima naturalia* Р. Бойля можно увидеть и элементарные частицы – протоны, нейтроны и электроны, которые образуют атомы, подобно тому, как, по его мнению, они образовывали кластеры. Разумеется, что Бойль не мог знать об электромагнитной природе взаимодействия частиц, более того, он писал свои труды до того, как был сформулирован Ньютоном

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 27.

\*\* Там же.

закон всемирного тяготения (1687), однако он рассматривал взаимодействия частиц с позиций гравитационного взаимодействия. Корпускулярная теория Р. Бойля демонстрирует попытку связать механико-материалистическое понимание природы с атомистическими представлениями о строении материи. Существует мнение, что в Новое время *познавательная деятельность человека отождествлялась с конструирующей\**. В этих условиях природа уподоблялась гигантскому часовому механизму, поэтому у Р. Бойля представления о строении вещества позволяют распространить методы изучения макрообъектов на микромир. По мнению ирландского ученого, химик прежде всего является микромехаником\*\*.

Попытка Р. Бойля объяснить природу макроскопических свойств веществ и их изменения в химических превращениях с позиций корпускулярной концепции имела для химии чрезвычайно важное *методологическое* значение. Такое объяснение впервые наполнило понятие *качества* или *свойства* макротела реальным физическим содержанием, представив его не «как нечто, имеющее неизвестное происхождение и изначально присутствующее в теле, а как результат определенного внутреннего устройства вещества\*\*\*».

Исследования Р. Бойля способствовали сближению химии и физики. Намечившийся союз двух отраслей естествознания существенным образом изменял представления о химии как о разделе медицины и в перспективе способствовал ее становлению как самостоятельной науки (см. Приложение).

Основные принципы корпускулярной теории Р. Бойля для того времени были, безусловно, прогрессивными, однако одной лишь их констатации оказалась недостаточно для построения подлинно *научной теории*. Концепция Бойля носила во многом абстрактный характер и не могла наметить экспериментальных путей для определения характеристик первичных корпускул и их конгломератов. В силу объективных причин, Бойль не смог использовать в своей теории стержневое количественное понятие *атомной массы*. Именно отсутствие количественных принципов определения атомных масс элементов не позволило корпускулярным воззрениям Р. Бойля превратиться в целостное научное учение экспериментальной химии.

Исследование Р. Бойлем процесса окисления показывает, как сложно было в то время объяснять полученные экспериментальные факты, исходя из имеющихся теоретических представлений. По его предположению, увеличение массы металлов при прокаливании происходит за счет того, что в металл проникают «огненные» частицы. Бойль искал объяснение этому явлению с атомистических позиций, но не смог установить связь между потреблением воздуха и явлением увеличения массы металла при его окислении.

К объяснению сути химических процессов Р. Бойль попробовал подойти, пытаясь переосмыслить понятия об *элементе*. Исходя из анализа накопленных экспериментальных данных, ирландский химик ставил задачу опровергнуть пред-

\* См.: Лекторский В. А. Субъект, объект, познание. – М.: Наука, 1980. – С. 164.

\*\* См.: Становление химии как науки. – С. 19.

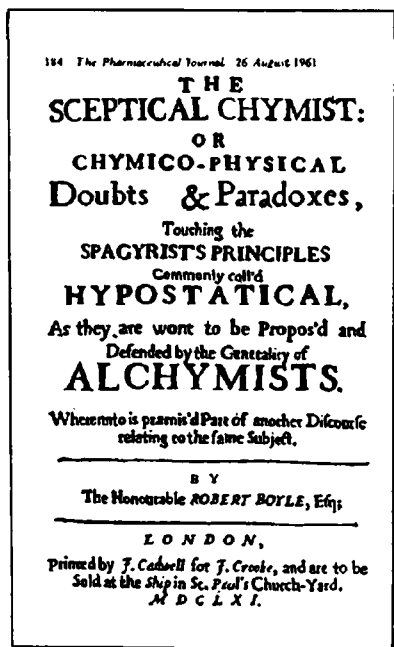
\*\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 27.



ставления о неделимости известных элементов Аристотеля и трех начал арабской алхимии и Парацельса.

Свои взгляды на природу элементов он изложил в книге «Химик-скептик», которая была написана в форме беседы четырех вымышленных ученых. Корнеад, названный по имени древнегреческого ученого и оратора, отстаивал корпускулярную теорию автора книги; Фемист выступал как последователь учения Аристотеля, а Филопон разделял взгляды Парацельса. И, наконец, Элевтерий (греч. «вольный», «независимый») играл роль беспристрастного судьи.

Подавляющее большинство историков химии, от Г. М. Коппа до Дж. Р. Партингтона и Б. М. Кедрова, единодушны в стремлении представить Роберта Бойля автором *первого научно обоснованного определения химического элемента* как предела разложения вещества. Представители этого направления в истории химии утверждают, что своим отрицанием значения аристотелевских и алхимических элементов, слишком *немногочисленных и недостаточных* для объяснения всех известных фактов, Р.



Титульный лист первого издания книги Р. Бойля «Химик-скептик» (Лондон, 1661)

Бойль показал, что элементы представляют собой неразлагаемые далее составные части тел, которые можно определить практическим путем. После того как это определение было положено в основу объяснения всех химических процессов, оказалось возможным определить «предмет химии как науки, изучающей в первую очередь химические элементы и их соединения»\*.

Чтобы представить дух того времени, достаточно одного примера: Р. Бойль, пытаясь доказать, что тыква не состоит из земли и воды, показал, что земля, на которой росла тыква, не изменилась\*\*. С точки зрения Бойля, *первостихии* в понимании Аристотеля (огонь, вода, земля и воздух) никак не могут быть элементами, а представляют собой сложные составные тела. Многие специалисты уверены, что Роберту Бойлю удалось дать хотя и неполное, но достаточно рациональное определение элемента, которое легло в основу химии того времени.

Иной точки зрения придерживаются Т. Кун, Л. Ланжевен, В. П. Зубов\*\*\*, Ю. И. Соловьев\*\*\*\*

\* Кедров Б. М. Энгельс о развитии химии. – М.: Наука, 1979. – С. 56–57.

\*\* См.: Шапошник В. А. Указ. соч. – С. 886–888.

\*\*\* Зубов В. П. Развитие атомистических представлений до начала XIX века. – М.: Наука, 1965. – С. 257.

\*\*\*\* Соловьев Ю. И. Представления Р. Бойля о химических элементах // Химия в школе. – 1981. – № 1. – С. 13–15.

и ряд других исследователей. Существует мнение, что определение химического элемента, аналогичное представленному в «Химике-скептике», впервые вывел французский медик и химик Э. де Клав в 1641 г. Французский ученый писал: «Элементы – суть простые тела, из которых изначально состоят все сложные тела и на которые эти последние в конечном счете разлагаются или могут быть разложены»\*.

Томас Кун считает, что «вербальные определения, подобные определению Бойля, обладают малым научным содержанием, когда рассматриваются сами по себе. Они не являются полными логическими определениями (specifications) значения, но преследуют в большей степени педагогические цели. Научные понятия, на которые указывают определения, получают полное значение только тогда, когда они соотнесены в учебниках или в другой систематической форме с другими научными понятиями, с процедурами исследования. Из этого следует, что понятия, подобные понятию элемента, едва ли могут мыслиться независимо от контекста»\*\*. Контекстом в данном случае являются новые экспериментальные методы химического анализа, которые развивал Бойль и его современники. Согласно мнению этой группы ученых, Р. Бойль вложил в уста Корнеада определение химического элемента только для того, чтобы доказать, что химические элементы *вообще не существуют*.

Разобраться в истинности двух противоположных точек зрения довольно сложно. Из анализа основных положений корпускулярной теории очевидно, что теоретические концепции ирландского химика исключали какую-либо возможность существования в природе химических элементов. Детальный анализ многих высказываний Бойля показывает, что он не удовлетворился отрицанием элементов Аристотеля или Парацельса, а поставил вопрос гораздо шире и глубже: «надо ли, вообще, для описания химических явлений вводить представление об элементах?»\*\*\*. Бойль-теоретик, последователь кинематического корпусуларизма, склонялся к мнению, что конгломераты (*prima mixta*), определяющие свойства тел, лабильны и разложимы. Следовательно, суть химических процессов можно объяснить без привлечения понятия об элементах.

Как правило, историки науки, изучающие наследие Р. Бойля, не обращают внимания на глубокие противоречия между выводами, логически вытекающими из его корпускулярной теории, и результатами, которые он получал при проведении экспериментальных исследований. Бойль-теоретик был решительным противником идеи об элементах, тогда как Бойль-экспериментатор был вынужден признавать существование неразложимых «субстанциальных форм», которые к тому же не поддавались искусственному синтезу\*\*\*\*. Представления о существовании некоторых простейших образований, об относительно неизменных компонентах сложных тел в XVII столетии уже составляли необходимый минимум

\* Становление химии как науки. – С. 52.

\*\* Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1977. – С. 188.

\*\*\* Становление химии как науки. – С. 52.

\*\*\*\* Там же.

химического мышления. Без этих представлений было уже невозможно обойтись при объяснении химических процессов.

Особый интерес вызывает еще одна точка зрения, возникающая при анализе творческого наследия ирландского ученого, согласно которой, понятие о химическом элементе у Р. Бойля в полной мере не соответствует ни одной из приведенных ранее трактовок. Представления Бойля о химическом элементе вообще не уместятся в одностороннюю схему анализа. Они требуют учета скрытых за этим понятием реальных противоречий в эволюции теоретических представлений в химии\*.

Жизнь Роберта Бойля была целиком посвящена науке. Он был человеком редкой скромности и доброты, в силу чего избегал личных столкновений и даже уклонялся от научной полемики. Материальная обеспеченность и положение сына аристократа позволили ему получить образование в привилегированной школе Итон вблизи Лондона, затем учиться в Женеве, путешествовать по странам Европы, слушая лекции и знакомясь с учеными. Бойль представлял собой *новый тип ученого*, который работал в *научном сообществе*. В Оксфорде он был активным участником научного коллектива, который получил название «Невидимого колледжа» (Invisible College).

Помимо химических экспериментальных и теоретических исследований Р. Бойль принимал непосредственное участие в организации крупных научных сообществ. Расцвет деятельности Бойля совпал с образованием Лондонского королевского общества и Парижской королевской академии наук. Лондонское королевское общество было создано в 1660 г. и утверждено хартией короля Карла II в 1662 г. Бойль, как и большинство участников «Невидимого колледжа», переехал в Лондон, где они стали ядром этой организации. В 1680 г. Бойля избрали Президентом Лондонского королевского общества, однако он от этой почетной должности отказался\*\*.

Роберт Бойль прекрасно понимал громадное значение химических знаний для изучения явлений природы и развития ремесел. Наиболее плодотворной для развития химии оказалась его мысль о том, что химические исследования должны быть направлены главным образом на изучение реакций и веществ, которые принимают в них участие. Химия обязана Р. Бойлю не только изучением многочисленных качественных реакций, разработкой аналитических методик, но прежде всего – глубокой постановкой вопроса о *характере аналитических процедур*, в котором явно различимы исторические корни современной концепции приборного эксперимента\*\*\*.

Если для многих естествоиспытателей XVII столетия химия была лишь искусством, помогающим аптекарям готовить лекарства, а алхимикам – искать философский камень, то для Роберта Бойля она представляла *самостоятельную науку* со своими собственными *задачами и методами*. Многие ученые по праву считают Роберта Бойля основателем современных *физической и аналитической химии*.

\* См.: Становление химии как науки. – С. 53.

\*\* См.: Крицман В. А. Роберт Бойль, Джон Дальтон, Амадео Авогадро. – М.: Просвещение, 1978.

\*\*\* Становление химии как науки. – С. 55.

В XVII в. накал борьбы между различными теоретическими направлениями за установление «истинной химической философии» был достаточно высок. Без учета противостояния этих учений нельзя дать истинную оценку значения корпускулярной теории Роберта Бойля. В XVII в., кроме Р. Бойля, было много других ученых, поддерживающих атомистические представления. Однако никто из них не смог так близко подойти к современной трактовке некоторых *фундаментальных понятий* химии и остановиться буквально в нескольких шагах от формулировки подлинно научного атомно-молекулярного учения. Заслуги ирландского ученого перед естествознанием Ф. Энгельс охарактеризовал краткой и емкой формулой: «Бойль делает из химии науку»\*.

#### 6.4. Ученые – современники Роберта Бойля



Роберт Гук (1635–1703)

французского химика и врача Жана Рея, а также опирался на результаты собственных наблюдений, согласно которым масса металлов при обжиге всегда увеличивалась. Анализ всех этих экспериментальных фактов привел Роберта Гука к выводу о том, что в воздухе содержится особая «субстанция», которая способствует горению.

Взгляды Гука разделял его соотечественник Джон Мэйоу, научное мировоззрение которого складывалось под влиянием личности Р. Бойля. Мэйоу продвинулся дальше Гука, признав, что существует прямая аналогия между процессами горения и дыхания. Он полагал, что воздух со-

Безусловно, деятельность Бойля наложила отпечаток на развитие всей химии в XVII в. Из современников и сторонников Р. Бойля необходимо назвать *Роберта Гука, Николая Лемери и Джона Мэйоу*.

Знаменитый впоследствии Роберт Гук в Оксфорде был в числе ассистентов Роберта Бойля\*\*.

Еще в 60-х гг. XVII в. Роберт Гук высказывал оригинальные суждения о сути процесса горения. При разработке своей концепции он использовал описания опытов В. Бирингуччо (см. гл. 5, п. 5.4),



Джон Мэйоу (1641–1679)

\* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 501.

\*\* Боголюбов А. Н. Роберт Гук. – М.: Наука, 1984. – С. 43.

держит вещество, необходимое для горения и дыхания. Наблюдая процесс разложения нитратов щелочных металлов при нагревании, он заметил, что выделяющийся при этом «селитряной воздух» \* (*spiritus igneo-aereus* или *nitro-aereus*) может и быть этой загадочной составной частью воздуха. Наблюдая горение в замкнутом пространстве (под стеклянным колоколом, погруженным в воду), Мэйоу установил, что в этом процессе принимает участие лишь приблизительно одна четвертая часть воздуха. (Некоторые исследователи истории химии уверены, что Джон Мэйоу является непосредственным предшественником А. Л. Лавуазье\*\*.) Так в сознании английских ученых уже смутно начали проступать догадки о существовании кислорода. К сожалению, ни Р. Гук, ни Дж. Мэйоу не могли подойти к идентификации кислорода и четкому объяснению его свойств по вполне объективным причинам: во-первых, они еще не обладали приборами, которые помогли бы им собрать загадочную субстанцию и изучить ее свойства; во-вторых, английские химики в основном разделяли теоретические представления своего времени. Например, одним из объяснений процесса горения, которое использовал Дж. Мэйоу, было следующее: частицы «селитряного воздуха» в процессах горения «разлагают» металл – они соединяются с частицами соли (несмотря на прогрессивность своих исследований, Мэйоу еще верил, что металл состоит из элементов серы, ртути и соли!), и за счет такого взаимодействия происходит увеличение массы оксида по сравнению с чистым металлом.

Сторонником идей Роберта Бойля во Франции был Николя Лемери – блестящий преподаватель и популяризатор химии. Ему принадлежит книга «Курс химии» (1675), которая получила широкое распространение благодаря ясности изложения и способу истолкования основных понятий. Николя Лемери определял химию как «искусство разделять различные вещества, которые находятся в смешанных телах». Под «смешанными телами» французский ученый понимал минералы, растения и животных в соответствии с выделением в окружающем мире «трех царств природы». Такая точка зрения о классификации природных объектов в то время была общепринятой в естественных науках. В своих трудах Н. Лемери пропагандировал идеи Роберта Бойля, но не смог придать им сколько-нибудь заметного развития, можно сказать, что деятельность французского ученого главным образом способствовала укреплению положения фармации и распространению химических знаний.



Николя Лемери (1645–1715)

\* См.: Hudson J. The History of Chemistry. – New York: Chapman and Hall, 1992. – P. 44–46.

\*\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 92.



Оборудование химических лабораторий XVII–XVIII вв. Из. Книги Н. Лемери «Курс химии» (Париж, 1756): А, D – медные водяные бани для перегонки алембиков; В – воронка; С – железная печь; H – перегонная колба на песчаной бане; I, M – шлемы; К – приемник; L – перегонная колба; P, Q – соединенные сосуды; X – керамическая чашка; Y – ступка



Иоганн Иоахим Бехер (1635–1682)

Еще одним современником Р. Бойля являлся немецкий ученый Иоганн Иоахим Бехер. Его жизнь была достаточно бурной, полной путешествий и приключений. Ему пришлось послужить придворным алхимиком у многих влиятельных европейских князей и государей. Но везде он проявил себя честным человеком, не способным на алхимическое мошенничество. Как пишет М. Джуа, скорее всего И. Бехер был в большей степени романтиком и фантазером, чем скрупулезным химиком-практиком\*. Немецкий химик модернизировал учение Парацельса о трех принципах и представил свою теорию о трех «землях» или трех видах первоматерии, которые возникают из одной первичной «земли». Свои взгляды он изложил в книге «Подземная физика» (1669). Одна из этих субстанций – «жирная земля»

или «горючая земля» (*terra pinguis*) – по смыслу в чем-то соответствует алхимическому принципу сере, однако не совсем идентична ей по своим свойствам. Согласно представлениям Бехера, «жирная земля» содержится во всех горючих веществах или телах, способных к окислению, и выделяется в процессе горения. В отличие от реальной серы, «жирная земля», по Бехеру, является гипотетической субстанцией, которой можно было оперировать при построении различных теорий, не пытаясь обнаружить ее экспериментально. Как считают некоторые историки химии, теорию флогистона следует рассматривать как дальнейшее развитие взглядов И. Бехера.

В самом начале XVIII в. Исаак Ньютон (см. гл. 6, п. 6.1) представил свою версию корпускулярной теории. Подобно Р. Бойлю и другим атомистам, Ньютон считал, что все макротела построены из неизменяемых, неделимых, состоящих из единой субстанции и существующих в пустоте корпускул\*\*. Однако в отличие от Бойля, главную причину возникновения индивидуальных свойств веществ Ньютон видел в *сочетании* корпускул за счет особых сил притяжения, действующих на малых расстояниях\*\*\*. Корпускулярная концепция И. Ньютона оказала серьезное влияние на процесс формирования новых представлений о химическом родстве. Теория английского физика о взаимодействии тел, обусловленном проявлением сил притяжения различной природы, в последующем была взята на вооружение атомистами начала XIX в.

\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 99.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 27.

\*\*\* Корпускулярную теорию И. Ньютона обычно называют *динамической*, чтобы отличать ее от *кинематической* концепции Р. Бойля.

Подводя итог анализа развития химии второй половины XVII в., можно выделить три концепции генезиса свойств химических соединений, которые функционировали и противоборствовали между собой в то время\*:

– *субстанциалистская* – свойства тела определяются особыми сущностями, субстанциальными формами и качествами, способными соединяться с косной и бескачественной материей;

– *преформационистская* – свойства тела определяются свойствами входящих в него компонентов, т.е. качественным составом соединения (как правило, имелись в виду компоненты элементарной природы);

– *корпусуляристская* – свойства тела определяются характером локальных движений составляющих его корпускул, а также их структурой, размерами и формой (кинематико-геометрическими параметрами кластеров).

Борьба между перечисленными теоретическими концепциями, нацеленными на объяснение природы и свойств вещества, определила практически все существенные особенности развития химии вплоть до начала XIX в.\*\*. Однако невозможность последовательно проводить идеи корпускулярной теории

и архаичный характер учения о субстанциональных формах заставили химиков обратиться в итоге к преформационистским концепциям. Именно в рамках этой концепции удалось осуществить первую систематизацию соединений по их составу и свойствам.

При всех его недостатках корпускулярное учение Роберта Бойля сыграло в истории химии выдающуюся роль, поскольку из нее постепенно проросла новая структура химического мышления. Однако при этом нельзя забывать о том, что влияние на последующее поколение ученых Р. Бойля как *экспериментатора* было намного серьезней, нежели авторитет его *теоретических* изысканий. Однако в конце XVII – начале XVIII в. химия не пошла по пути, указанному Бойлем и его ближайшими единомышленниками. Главной причиной этого явились вставшие перед химической наукой новые задачи, продиктованные общими тенденциями и темпами развития промышленного производства.



Фронтиспис книги Иоганна Иохима Бехера  
«Подземная физика» (Лейпциг, 1738)

\* См.: Становление химии как науки. – С. 57.

\*\* См.: Там же.



### 6.5. Эпоха теории флогистона

Если бы идеи Роберта Бойля, Джона Мэйю и Роберта Гука получили в свое время соответствующее экспериментальное и теоретическое обоснование, то процесс эволюции химических знаний в XVIII в. мог пойти в совершенно ином направлении. Однако история распорядилась иначе. Первая химическая теория появилась только на рубеже XVII–XVIII вв. Почти на протяжении целого столетия она владела умами подавляющего большинства ученых-химиков. Ирония истории заключается в том, что в конечном итоге эта теория оказалась ошибочной.

В самом начале XVIII столетия английские инженеры Томас Севери и Томас Ньюкомен разработали первые образцы паровых машин. Эти модели были позднее усовершенствованы шотландским механиком Джеймсом Уаттом, которого считают создателем *универсальной паровой машины*.

Появление паровой машины ознаменовало начало *промышленной революции*: человечество теперь имело средство производства во много раз мощнее лошади или быка. Люди перестали зависеть от капризов силы ветра или месторасположения падающей воды, энергию которых они были вынуждены использовать для выполнения тяжелой механической работы.

Не совсем обычное использование огня в паровой машине возродило у химиков интерес к процессу горения\*. Все предшествующие годы, несмотря на настойчивые попытки западноевропейских алхимиков, ятрохимиков и последователей Роберта Бойля объяснить процессы, протекающие при горении, дыхании и обжиге металлов, сущность этих явлений оставалась неразгаданной и не доступной для экспериментальных исследований.



Georg Ernestus Stahl. Onoldo Francus.  
Med. Doct. h. t. Prof. Publ. Ord. Hall. –

Георг Эрнст Шталь (1659–1734)

В конце XVII в. при систематизации экспериментальных фактов химики рассматривали не столько сами вещества, сколько процессы, которые можно осуществить с их помощью. Ученые пытались выявить то общее, что объединяет химические процессы, и установить, что придает телам горючесть\*\*. Именно сравнение процессов горения, обжига металлов, а также извлечения металлов из руд и стало отправным пунктом при создании единой теории, охватывающей все явления, относящиеся к превращению материи, которая получила название *теории флогистона*.

Термин *флогистон* (от греч. φλογιστος – горючий, воспламеняющийся) использовали врачи для указания на особое воспалительное состояние органов дыхания. Для немецкого

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 37.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 29.

врача и химика *Георга Эрнста Шталь* – основоположника этой теории, флогистон представлял собой особый *флюид* – составную часть всех горючих тел, которая выделяется при горении или обжиге. Шталь предложил схему процесса горения, объяснявшую роль флогистона. Основы своих представлений Г. Э. Шталь изложил в 1697–1703 гг., а фундаментальное освещение его взгляды получили в 1723 г. в книге «Основания химии». Согласно Шталю, все горючие вещества богаты флогистоном. При этом флогистон является материальным лишь тогда, когда он находится в сочетании с другими веществами в сложных телах. В процессе горения флогистон улетучивается, а то, что остается после завершения горения, флогистона не содержит и потому гореть не может. Шталь утверждал, что ржавление металлов подобно горению дерева. По его мнению, металлы содержат флогистон, а в ржавчине (или окалине) флогистона уже нет. С позиций теории флогистона был объяснен процесс извлечения металлов из руды, что можно считать *первым теоретическим открытием в области химии\**. По мнению Шталь, руда, которая практически не содержит флогистона, нагревается на древесном угле, весьма богатом флогистоном. Флогистон при этом переходит из древесного угля в руду, в результате чего уголь превращается в золу, бедную флогистоном, а руда обогащается флогистоном и превращается в металл.

Анализ трудов Г. Э. Шталь позволяет сказать, что его взгляды были наиболее близки к эмпирическому элементаристскому направлению. Немецкий ученый считал *химическими началами* макротел те компоненты, на которые их можно разложить при помощи химических операций (например обжига). Эти компоненты, по мнению Шталь, не являлись элементами, т.е. неразлагаемыми на более простые составные части. Напротив, немецкий ученый полагал, что в результате обжига образуются сложные компоненты, поскольку выделения действительных элементов нельзя добиться химическими способами. Подобно многим химикам конца XVII – начала XVIII в., Шталь придерживался преформационистской концепции о предсуществующих в макротелах псевдоэлементах\*\*. С позиций современной химии это означает, что Шталь не видел четкого различия между понятиями *элемент* и *химическое соединение*.

Сторонники теории флогистона в процессах горения и окисления отводили важную роль *воздуху*. Он служил *переносчиком* флогистона, а также «вбирал» его при окислении или горении. Из воздуха флогистон попадал в листья растений, а затем в древесину. При восстановлении флогистон снова освобождался и возвращался к телу, например, к оксиду металла, нагреваемому на куске древесного угля.

На первых порах теория флогистона встретила резкую критику. Ее противники особенно возражали против представления горения и ржавления по сути одним и тем же явлением. Однако Шталь опроверг эти нападки заявлением, что при горении флогистон улетучивается настолько быстро, что нагревает окружающую

\* См.: *Джуа М.* Указ. соч. – С. 96.

\*\* См.: *Зефирова О. Н.* Указ. соч. – С. 30.

среду и становится видимым, а при ржавлении флогистон улетучивается медленно, поэтому пламя не образуется. Итак, реакция окисления соответствует потере флогистона, а восстановления – его приобретению. Аналогичным образом при помощи флогистона можно было объяснить процесс дыхания.

В результате работ химиков-флогистиков была сформулирована теория, *новизна и отличительные особенности которой состояли в том, что она одновременно и взаимосвязано рассматривала противоположные реакции окисления и восстановления*. Теория флогистона позволила качественно объяснить протекание многих процессов, используемых в химических ремеслах и, самое главное, в металлургии, а также оказала влияние на совершенствование методов «экспериментального искусства».

Еще одной отличительной чертой эпохи теории флогистона следует считать бескомпромиссную полемику, которую Шталь и его последователи развернули со сторонниками алхимических представлений. Немецкий ученый осознавал не только бесперспективность, но и явный вред алхимической доктрины, поэтому решительно с ней боролся, стремясь отграничить от нее химию. «Именем алхимии... можно и следует называть, говоря кратко, златоделие, – подчеркивал Шталь. – Напротив, химия обозначает обоснованные, разумные исследования, в результате которых возникают надежные, проверенные фундаментальные знания»\*. Однако стоит отметить, что при всем этом Шталь считал трансмутацию *теоретически возможной* и лишь ставил под сомнение необходимость изготовления благородных металлов из обычных, считая такой процесс крайне нерентабельным. Своей критикой, основанной главным образом на экономических соображениях, создатель флогистонной теории инициировал кампанию, направленную против алхимиков. В предисловии к немецкому изданию его книги «Основания зимотехники» (1734) Шталь пишет: «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».

В соперничестве флогистиков с алхимиками сталкивались не только два различных взгляда на протекание химических процессов, но и два основополагающих учения о *природе и обществе*. Сторонники алхимии защищали свою доктрину с помощью религиозных, мистических, астрологических, каббалистических и магических воззрений, а также опираясь на алхимические традиции и авторитет крупнейших алхимиков прошлого. Более прогрессивные ученые – флогистики считали эксперимент, разум и критическое осмысление наблюдений высшими «судьями», которые и должны были решать, правильна данная теория или ошибочна. Химики-флогистики, деятельность которых отвечала интересам промышленной буржуазии, одержали победу над алхимиками прежде всего потому, что им удалось преодолеть ограниченность алхимических представлений, эмпирических, с одной стороны, и сугубо умозрительных – с другой.

\* Штрубе В. Указ. соч. – С. 112.

Однако нельзя забывать, что противникам алхимии приходилось вести борьбу в условиях, когда феодальные общественные отношения в Европе были еще достаточно прочными. Эта проблема отчетливо просматривается, например, в первом учебнике «флогистонной» химии И. Юнкера «Полное руководство по химии» (1749). 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». Представление о превращении неблагородных металлов в благородные, по мнению Юнкера, полезно, поскольку оно позволяет, в частности, рассмотреть процесс «улучшения металлов». 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», а для тех, «кто стремится к истине – несравненно более ценному и вечному идеалу, чем золото»\*. 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». Алхимики, по мнению Юнкера, написали «лживые и фальшивые книги», чтобы «водить за нос легковверных». Выступая против «алхимической чумы» или «сумасшествия», он говорил, что не следует испытывать даже малейшей надежды на успех, работая в этом направлении.

В своем учебнике И. Юнкер иронизировал над доверчивыми адептами и всячески отговаривал их от занятий алхимией. Не без сарказма он замечает: чтобы добиться успеха в поисках философского камня, алхимик должен обладать выдающимися «человеческими и сверхчеловеческими качествами», ну а поскольку такие качества простому смертному вряд ли присущи, следовательно, этот камень не дано найти никому. Таким же образом Юнкер критиковал тех врачей и алхимиков, которые пытались создать универсальное лекарство. Он считал 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».

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

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 114.

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». 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 10000 талерами само по себе заставляло считать, что их обладатель умен, а 100000 талерами – очень умен. Золото могло убедить в чем угодно»\*.

В середине XVIII столетия капиталистические общественные отношения в Западной Европе развивались быстрыми темпами. Как ученые, так и владельцы мануфактур все яснее осознавали необходимость непосредственного применения химических знаний в производстве. Последователи теории флогистона понимали, что алхимики со своими эмпирическими и умозрительными обобщениями, тратившие массу сил и средств в погоне за недостижимыми целями и несбыточными иллюзиями, отвлекали интеллектуальные и материальные ресурсы общества от решения насущных задач, и тем самым тормозили прогресс науки. Магия, астрология, вера в существование призраков и чудеса постепенно уступали место научному анализу материального и духовного мира.

Среди немецких ученых-флогистиков, решительно выступавших против алхимии, особое место занимал аптекарь и химик *Иоганн Христиан Виглеб*. В 1777 г.



*Иоганн Христиан Виглеб*  
(1732–1800)

он опубликовал книгу «Историко-критическое исследование алхимии, или воображаемого искусства получения золота». От других аналогичных работ это произведение отличается обоснованностью, последовательностью и ясностью изложения основных концепций. С помощью исторического анализа Виглебу удалось доказать, что основные представления алхимиков и большая часть их экспериментов оказались бесплодными. Он считал возможность опытной проверки *важнейшим критерием* правильности химических теорий и ценности 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»\*\*.

Виглеб подробно исследовал «гнилое дерево» алхимических заблуждений. Разбирая сначала лишь неко-

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 117.

\*\* Там же. – С. 118.

торые 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, а также ложность доказательств.

Несмотря на все трудности концептуального противостояния, сторонникам теории флогистона удалось одержать решительную победу над алхимиками. Это еще раз подчеркивает, насколько насущным и необходимым явился поиск новых, прогрессивных направлений в химических исследованиях. Эти новые направления были необходимы не только для развития производства, но для совершенствования экспериментальной базы и создания химических теорий. По словам Ф. Энгельса, «химия освободилась от алхимии посредством флогистонной теории»\*.

Последователям флогистонной теории, среди которых наиболее известными учеными были *К. Нейман*, *И. Т. Эллер*, *И. Г. Потт* и *А. С. Маргграф*, приходилось сражаться одновременно на разных идеологических фронтах. С одной стороны, им приходилось отбивать контратаки сторонников алхимических воззрений, а с другой – противостоять критическим высказываниям в адрес самой флогистонной теории со стороны других крупных ученых-химиков. Одним из наиболее решительных противников теории флогистона был знаменитый голландский врач *Герман Бургава*. Однако имеющихся у него критических сомнений было не достаточно, чтобы поколебать теорию флогистона. В противоположность господствующему тогда мнению Бургава утверждал, что между веществами, не сходными друг с другом, имеется большое стремление к химическому соединению. Современники высоко ценили



Герман Бургава (1668–1738)

Г. Бургава за удивительное лекторское искусство и энциклопедическую эрудицию. В 1732 г. он издал большой трактат «Основания химии» («*Elementa chymiae*»), в котором с поразительной четкостью представил систематизацию известных к тому времени фактических знаний по химии. Как пишет М. Джуа, ясная логика и четкость изложения, присущие работам всех без исключения выдающихся голландских химиков, живших в более позднее время: Х. Вант-Гоффа, Х. В. Розебома и других, явились продолжением той замечательной традиции, которую заложили книги Г. Бургава\*\*. Полемизируя с приверженцами теории флогистона, Бургава, правда со многими оговорками, склонялся к мысли, что трансмутации в принципе возможны. Он с почтением относился к авторитетам и считал маловероятным, чтобы все доказательства успехов алхимии за всю ее многовековую историю были сплошной

\* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. – 2-е изд. – Т. 20. – С. 348.

\*\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 124.



Лекция Г. Бургава в Лейденском университете. Гравюра XVIII в.

мистификацией. Бургаве подчеркивал, что алхимией занимались многие именитые и эрудированные ученые, поэтому, учитывая лишь несовершенство человеческих знаний, нельзя с уверенностью утверждать, что занятия алхимией были непрерывной цепью обманов и фальсификаций.

Несмотря на критику, теория флогистона завоевывала все новых и новых сторонников. К 1780 г. она была принята европейскими учеными практически повсеместно, поскольку позволяла давать четкие и однозначные ответы на многие вопросы химиков-экспериментаторов, хотя одну проблему ни Шталь, ни его последователи разрешить не могли. Утверждение, что в реакциях горения или ржавления теряется флогистон,

противоречило твердо установленному экспериментальному факту – при обжиге металлов происходит увеличение их массы. Сам основатель теории флогистона не придавал этому факту большого значения, а его последователи, чтобы предупредить возражения, стали приписывать флогистону *отрицательную массу*.

Идея об отрицательной массе флогистона, по всей видимости, впервые была высказана *Пьером Жозефом Макером*, которого считают одним из наиболее ревностных сторонников этой теории среди французских ученых. Наиболее известными сочинениями П. Ж. Макара является «Химический словарь» (1766) и «Основания практической химии» (1751). В «Химическом словаре» французский ученый высказал свои теоретические соображения, которые в определенной степени созвучны некоторым положениям Р. Бойля. Согласно идее Макара, сложные вещества построены из основополагающих принципов (*principlate principes*), которые различаются степенью простоты и подчиняются строгой иерархии\*. В теории П. Ж. Макара материальные сущности, которые не могут быть далее расчленены на составляющие части, следует рассматривать как простые и называть *первичными принципами*; *вторичные принципы* образуются в результате объединения первичных принципов, *принципы третьего порядка* – это те, которые составлены из вторичных принципов, и так далее.



Пьер Жозеф Макер  
(1718–1784)

\* Становление химии как науки. – С. 78.

Уловка с отрицательной массой флогистона для приспособления теории к экспериментальным фактам ярко демонстрирует, насколько мало химические исследования даже в XVIII в. прониклись духом значимости точных измерений. Теория флогистона хорошо объясняла причины изменения внешнего вида и свойств веществ, а изменения массы, как считали в то время многие химики, не так уж и важны. Необходимо отметить, что теорию флогистона для объяснения своих открытий привлекали такие великие химики XVIII в., как *Джозеф Блэк*, *Генри Кавендиш*, *Джозеф Пристли* и *Карл Вильгельм Шееле* (см. гл. 6, п. 6.6).

Возникновение теории флогистона и развитие «экспериментальной философии» можно считать одним из проявлений духа Просвещения в химии. Все это, в конечном счете, способствовало становлению химии как самостоятельной науки. Теория флогистона очень показательна в плане особенности понимания химического мышления, состоявшей в переходе от алхимического и натурфилософского восприятия веществ и их превращений к научному мировоззрению.

Г. Э. Шталь считал флогистон наилегчайшей материальной субстанцией (а не качеством), и в его взглядах чувствовалось характерное для сторонников элементаристского направления принятие зависимости свойств тела от его состава. Тем не менее среди флогистиков была еще довольно сильна традиция выведения состава тела из его свойств: если вещество горит – значит, оно содержит горючую материю. Таким образом, в теории флогистона осталось представление о горении как о процессе распада, а не соединения, доставшееся «в наследство» от античных натурфилософов и алхимиков\*.

При том что во второй половине XVIII в. теория флогистона получила весьма широкое распространение во многих странах Европы, необходимо признать существование немалочисленной группы химиков-эклектиков, которые, хотя и не разделяли ее идей, тем не менее не принимали участия в ее последовательной критике. Деятельность этих ученых способствовала прогрессу главным образом экспериментальной химии. Наиболее заметными фигурами в этой группе были профессор медицины университета в Галле *Ф. Гофман*, французские химики *Э. Ф. Жоффруа* и *А. Л. Де Монсо*, а также итальянские ученые *Я. Б. Беккари* и *Дж. Б. Беккариа*.

Наибольший интерес для истории химии представляют работы Этьена Франсуа Жоффруа. Опубликованная в «Записках Парижской академии наук» его знаменитая «Таблица различных соотношений» (1718) явилась результатом размышлений автора над проблемой *химического сродства*. Эта таблица имеет большое историческое значение и заслуживает упоминания в контексте эволюции химических символов, используемых для обозначения элементов, простых веществ и химических соединений\*\*.

\* См.: *Зефирова О. Н.* Указ. соч. – С. 32.

\*\* См.: *Anderson W. C.* Figurative language and the scientific ideal: The preface to P. J. MacQuer's Dictionnaire de Chymie // *Neophilologus*. – 1981. – Vol. 65, № 2. – P. 185–199.



								SM									
SM																	

Esprits acides.  
 Acide du sel marin.  
 Acide nitreux.  
 Acide vitriolique.  
 Sel alcali fixe.  
 Sel alcali volatil.

Terre absorbante.  
 Substances metalliques.  
 Mercure.  
 Regule d'Antimoine.  
 Or.  
 Argent.

Cuivre.  
 Fer.  
 Plomb.  
 Etain.  
 Zinc.  
 Pierre Calaminaire.

Soufre mineral. [Principe.  
 Principe huileux ou Soufre  
 Esprit de vinaigre.  
 Eau.  
 Sel [denta  
 Esprit de vin et Esprits ar

Таблица соотношений,  
наблюдаемых между различными веществами  
Э. Ф. Жоффруа (1718):

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1 – кислые спирты (кислоты);               | 13 – медь;                           |
| 2 – кислота морской соли (соляная);        | 14 – железо;                         |
| 3 – селитряная (азотная) кислота;          | 15 – свинец;                         |
| 4 – купоросная (серная) кислота;           | 16 – олово;                          |
| 5 – нелетучая щелочная соль (поташ, сода); | 17 – цинк;                           |
| 6 – летучая щелочная соль (аммиак);        | 18 – галмей;                         |
| 7 – поглощающая земля;                     | 19 – ископаемая сера;                |
| 8 – металлические вещества;                | 20 – маслянистое (серное) начало;    |
| 9 – ртуть;                                 | 21 – уксусный спирт (кислота);       |
| 10 – король сурьмы;                        | 22 – вода;                           |
| 11 – золото;                               | 23 – соль;                           |
| 12 – серебро;                              | 24 – винный спирт или горючие спирты |

## 6.6. Открытие газов

В середине XVIII в. сторонниками учения Г. Э. Штала предпринимались многочисленные попытки собрать и выделить флогистон. Серьезную трудность для безоговорочного торжества теории флогистона представлял хорошо известный к тому времени факт, что для поддержания горения необходим воздух. Именно воспламенением и растворением в воздухе последователи Штала объясняли невозможность получить флогистон в чистом виде\*.

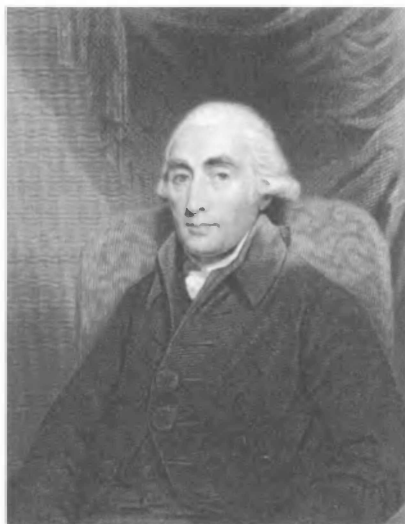
Хотя факт существования других газов, кроме воздуха, был установлен еще в XVI–XVII вв., в эпоху теории флогистона химики практически не обращали на них внимания, поэтому процесс накопления знаний о газах шел очень медленно.

Важный шаг в исследовании газов сделал в начале XVIII в. английский ботаник и химик *Стивен Гейлс*. Он изобрел примитивный эвдиометр и прибор для собирания газов под водой, который получил название «пневматической ванны». Сам Гейлс не идентифицировал собранные газы и не изучал их свойств, однако сконструированные им приборы сыграли важную роль в дальнейшем развитии пневматической химии.

### 6.6.1. Открытие углекислого газа и азота

Еще одним важным шагом к разгадке химической природы газов явились исследования шотландского ученого *Джозефа Блэка* – одного из выдающихся химиков XVIII в. Своим экспериментаторским искусством Джозеф Блэк поражал многих современников. В 1762 г. он обнаружил существование скрытой теплоты плавления твердых веществ. Основными объектами химических исследований Дж. Блэка в 1754–1757 гг. были щелочи, гидроксиды магния и кальция, а также карбонаты щелочных металлов, магния и кальция. Первоначально ему удалось установить различие между карбонатом и оксидом магния. Несмотря на то что при взаимодействии с кислотами они образовывали одни и те же соли, только реакция с  $\text{MgCO}_3$  сопровождалась выделением пузырьков газа.

Дж. Блэк серьезно подошел к изучению газов, которые выделялись при действии кислот на карбонаты магния и кальция. Он признал, что выделяющийся газ является составной частью магнезита, известняка и поташа. Блэк установил, что карбонат кальция при нагревании



DR. BLACK.  
PROFESSOR OF CHEMISTRY, GLASGOW & EDINBURGH

*Joseph Black*

Джозеф Блэк (1728–1799)

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 32.

разлагается с образованием извести (оксида кальция). Выделившийся при этом газ можно вновь соединить с  $\text{CaO}$  и получить  $\text{CaCO}_3$ . Этот газ ( $\text{CO}_2$ ) был идентичен открытому Ван Гельмонтом «лесному газу», но Блэк предложил ему другое название – «связанный воздух». Изучая химические реакции, протекающие при прокаливании  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  и их взаимодействии с кислотами, Блэк использовал методы количественных измерений. Например, он установил, что при прокаливании 12 массовых частей магнезита дают всего лишь 5 массовых частей жженой магнезии.

Полученные Блэком результаты изучения карбонатов и «связанного воздуха» были встречены научной общественностью весьма неоднозначно. Одни ученые высказывались восторженно, в то время как другие демонстрировали свое отрицательное отношение к новым экспериментальным фактам. Наиболее активно против результатов Дж. Блэка высказывался немецкий химик и аптекарь Иоганн Фридрих Мейер.

Открытие Блэка имело большое значение в силу ряда причин. Во-первых, было показано, что  $\text{CO}_2$  может образоваться как при разложении минералов, так и при горении древесины, и таким образом была установлена *связь* между живой и неживой природой. Во-вторых, Блэк доказал, что газообразные вещества не только выделяются твердыми телами и жидкостями, но и могут вступать с ними в *химические реакции*. Результаты экспериментов Блэка сделали газы менее загадочными. Он установил, что если оксид кальция оставить на воздухе, то он медленно превращается в  $\text{CaCO}_3$ . Исходя из этого факта, Блэк пришел к правильному заключению, что в атмосфере содержится небольшое количество  $\text{CO}_2$ . Это было *первое четко экспериментально установленное указание на то, что воздух является смесью веществ* и, следовательно, вопреки представлениям древних греков *не может быть элементом* в определении Аристотеля.

Изучая свойства  $\text{CO}_2$ , Блэк обнаружил, что этот газ не поддерживает горения и дыхания. Более удивительным для Блэка было то, что воздух, который оставался после удаления образовавшегося при горении свечи в замкнутом сосуде  $\text{CO}_2$ , также не поддерживал горения. Блэк предложил изучить эту проблему одному из своих учеников – шотландскому химику *Даниэлю Резерфорду*. Резерфорд осуществил серию последовательных опытов: в замкнутом сосуде он держал мышь, пока она не погибла, затем в том же сосуде он держал горящую свечу, пока она не погасла. Оставшийся в сосуде кислород был израсходован на горение фосфора. Далее воздух из сосуда был пропущен через избыток раствора щелочи для поглощения всего  $\text{CO}_2$ . Газ, оставшийся после поглощения  $\text{CO}_2$ , не поддерживал горения и дыхания: свеча



Даниэль Резерфорд (1749–1819)

в нем гасла, а мышь задыхалась. Результаты этого опыта Резерфорд обнаружил в 1772 г. Будучи убежденными сторонниками теории флогистона, Резерфорд и Блэк использовали ее основные положения для объяснения полученных результатов. Согласно их объяснениям, воздух, из которого удалили углекислый газ, содержал чрезвычайно много флогистона и больше не мог его принять. Поэтому в нем не горели ни свеча, ни фосфор. Выделенный им газ Резерфорд назвал «флогистированным воздухом». Сегодня этот газ в русском химическом языке называется *азотом*; его название в других европейских языках происходит от латинского слова *nitrogenium* – «рождающий селитру».

### 6.6.2. Открытие водорода и кислорода

Одновременно с Блэком и Резерфордом больших успехов в изучении газов достигли другие английские химики – Генри Кавендиш и Джозеф Пристли, которые также придерживались теории флогистона.

*Генри Кавендиш* имел знатное происхождение, восходящее к прямым потомкам норманнских завоевателей. Он был сыном лорда и состоял в родстве с герцогом Девонширским и герцогом Кентским. Г. Кавендиш получил блестящее образование – окончил Кембриджский университет в 1753 г. Унаследовав крупное состояние, он вел очень скромный образ жизни и тратил почти все доходы на проведение экспериментов. Современники считали его богатым чудаком и женоненавистником, поскольку он вел замкнутый образ жизни и занимался исследованиями в самых различных областях естествознания. Особый интерес у Кавендиша вызывали исследования в области физики. Он далеко не всегда печатал результаты своих экспериментов, но, к счастью, все работы по изучению газов все же оказались опубликованными.

В 1766 г. Г. Кавендиш первым провел систематическое изучение газа, образующегося при взаимодействии кислот с некоторыми металлами. Еще средневековым алхимикам было известно, что при действии минеральных кислот на некоторые металлы выделяется «горючий воздух», однако установить природу этого вещества в то время не удалось. Кавендиш не только получил этот газ в чистом состоянии



Генри Кавендиш (1731–1810)

взаимодействием цинка и серной кислоты, но и количественно охарактеризовал его свойства. Ему удалось впервые установить массы определенных объемов различных газов, результатом чего явилось определение плотности каждого из них. Он обнаружил, что плотность самого легкого среди газов в 14 раз меньше плотности самого воздуха. Этим самым легким газом был продукт взаимодействия кислот с металлами, в частности, с цинком. В 1766 г. Генри Кавендиш опубликовал первую важную работу по химии «Искусственный воздух» («On Factitious Airs»), в которой сообщалось об открытии «горючего воздуха». Сейчас этот газ мы называем *водородом*. Ввиду малой плотности и легкости воспламенения изученного газа, английский ученый не исключал возможности, что им открыт чистый флогистон.

В 1784 г., продолжая наблюдения, начатые англичанином Джоном Уолтайром и французом Пьером Жозефом Макером, Г. Кавендиш доказал, что при взрыве в эвдиометре смеси обычного воздуха с «горючим воздухом» образуется вода. Более того, в работе «Опыты над воздухом» английский ученый сообщал, что при надлежащих пропорциях в воду превращается весь «горючий воздух» и одна пятая часть обычного воздуха. Годом позже в статье, опубликованной в «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», Г. Кавендиш сообщил, что при пропускании электрической искры через влажный воздух в эвдиометре над ртутью образуется азотная кислота. Английскому ученому удалось достаточно точно установить состав атмосферного воздуха. По мнению Генри Кавендиша, 79,167 % приходится на «флогистированный воздух» (азот) и 20,833 % на «дефлогистированный воздух» (кислород). Поражает проницательность английского ученого – в атмосферном воздухе он обнаружил присутствие третьего газа, доля которого составляла, по мнению Кавендиша, 1/120 часть по объему\*. Только на рубеже XIX–XX столетий удалось установить, что этим газом является *аргон*.

Было бы несправедливым по отношению к великому английскому естествоиспытателю не напомнить о выдающихся открытиях, сделанных Генри Кавендишем в области физики. В 1771 г. он экспериментально установил влияние среды на емкость конденсаторов и определил значение диэлектрических постоянных ряда веществ. В 1798 г. сконструировал крутильные весы и измерил с их помощью силу притяжения двух сфер, подтвердив закон всемирного тяготения, массу и среднюю плотность Земли. Кроме того, Кавендиш занимался определением теплоты фазовых переходов и удельной теплоемкости различных веществ. Английский ученый предвосхитил многие изобретения XIX в. в области электричества, но практически все его работы оставались достоянием семейного архива в Девоншире, пока в 1879 г. Джеймс Максвелл не опубликовал его избранные труды. Всю жизнь Генри Кавендиш тратил немалые суммы на научные исследования и благотворительность, оказывал материальную поддержку молодым ученым. Благодарные потомки не забыли

\* См.: Clotfelter B. E. The Cavendish Experiment as Cavendish Knew It // American Journal of Physics. – 1987. – Vol. 55, № 3. – P. 210–213.

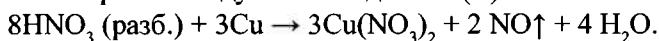
заслуги Генри Кавендиша перед мировой наукой. Его именем названа знаменитая физическая лаборатория в Кембриджском университете, организованная в 1871 г.\*

Несмотря на свою глубочайшую научную проницательность, Генри Кавендиш в объяснениях своих поистине выдающихся химических экспериментов оставался сторонником теории флогистона, тем не менее его чрезвычайно точные опытные данные оказались крайне необходимыми для реформы фундаментальных теоретических положений химии, которую осуществил великий французский ученый А. Л. Лавуазье.



*Джозеф Пристли (1733–1804)*

Когда Пристли занялся изучением газов, химики четко различали только три газа – собственно воздух,  $\text{CO}_2$  и водород Кавендиша. Английский химик оказался удачливым экспериментатором – он выделил и изучил целый ряд газообразных веществ. Опыты с  $\text{CO}_2$  показали, что газы могут растворяться в воде и, следовательно, «теряться». Поэтому Дж. Пристли стал собирать их над ртутью. Таким образом, ему удалось выделить и изучить такие газы, как  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{SO}_2$ . Действием азотной кислоты на некоторые металлы Пристли получил «селитряной воздух» – оксид азота (II):



Оставляя полученный газ на продолжительное время в контакте с серой или железом, он обнаружил, что

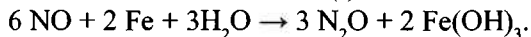
Соотечественник Генри Кавендиша *Джозеф Пристли* был протестантским священником, глубоко и страстно увлеченным химией. Интерес к естественным наукам у Пристли появился в 1767 г., однако первые публикации в «Philosophical Transactions» появились только в 1772 г. Деятельность Дж. Пристли в области пневматической химии приходится на 1772–1777 гг. Первоначально Пристли проводил эксперименты с  $\text{CO}_2$ , который получал с расположенного поблизости пивоваренного завода. Собирая  $\text{CO}_2$  под водой, Дж. Пристли обнаружил, что часть газа растворяется в воде, придавая ей приятный кисловато-терпкий привкус, т.е. по сути дела получил содовую или газированную воду, а поэтому его можно считать отцом современной индустрии безалкогольных напитков.



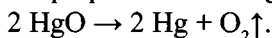
*Приборы, с помощью которых Дж. Пристли открыл кислород*

\* См.: Falconer I. Henry Cavendish: The Man and the Measurement // Measurement Science & Technology. – 1999. – Vol. 10, № 6. – P. 470–477.

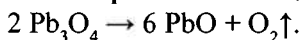
свойства «селитряного воздуха» меняются, следовательно, образуется новый газ – закись азота или оксид азота (I):



В 1774 г. Дж. Пристли сделал свое самое важное открытие. Он заметил, что если с помощью увеличительного стекла направить пучок солнечных лучей на кирпично-красный оксид ртути, то в верхней части пробирки образуются блестящие шарики серебристого металла. Но самое удивительное заключалось в другом – при разложении  $\text{HgO}$  выделялся газ с весьма необычными свойствами:



Пристли получил этот газ еще одним способом – разлагая свинцовый сурик:

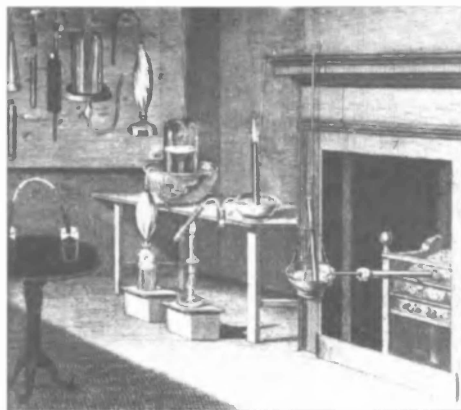


Горючие вещества воспламенялись в этом газе быстрее и ярче, чем на воздухе. Тлеющая лучина, опущенная в сосуд с этим газом, вспыхивала ярким пламенем.

Пристли пытался объяснить это явление, используя теорию флогистона: поскольку в этом газе горение протекает интенсивнее, а при горении выделяется флогистон, значит, этот газ совсем не содержит флогистона. Поэтому английский ученый назвал открытый им газ «дефлогистированным воздухом». Однако через несколько лет этот газ получает название, которым мы пользуемся и сегодня – *кислород*. «Дефлогистированный воздух» казался своего рода антиподом «флогистированного воздуха» Резерфорда, Пристли сам пробовал дышать «дефлогистированным воздухом» и чувствовал себя при этом «легко и свободно».

Находясь в 1774 г. в Париже, Джозеф Пристли, по его собственным словам, сообщил о результатах своих опытов А. Л. Лавуазье. Как считают многие исследователи истории науки, справедливость этого утверждения не вызывает сомнения\*. В свое время Пристли не сумел разглядеть всех глобальных последствий своего открытия и не смог сделать правильных выводов из анализа процессов горения. Только А. Л. Лавуазье удалось дать подлинно научную интерпретацию результатов экспериментов Г. Кавендиша и Дж. Пристли и тем самым разрушить теоретические построения, в основе которых лежали представления о флогистоне.

Как показал проведенный позднее исторический анализ деятельности естествоиспытателей в XVIII в., в открытии кислорода Дж. Пристли опередил выдающийся шведский химик *Карл Вильгельм Шееле*. Шведский ученый называл полученный им газ «огненным воздухом». Несмотря на то, что всю свою



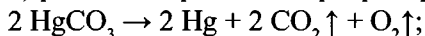
*Внутренний вид лаборатории  
Дж. Пристли. Рисунок из первого  
тома «Опытов и наблюдений над  
различными видами воздуха»*

\* См.: *Джюа М.* Указ. соч. – С. 118.

жизнь Шееле оставался скромным аптекарем, в научных познаниях он превосходил многих именитых академиков того времени. Как свидетельствуют историки, К. В. Шееле неоднократно помогал своими консультациями академику Торберну Бергману. Шееле открыл ряд кислот растительного и животного происхождения, в том числе винную, лимонную, бензойную, яблочную, щавелевую, галловую и молочную, и такие минеральные кислоты, как молибденовая и мышьяковая. Шведский ученый получил и изучил три сильно ядовитых газа: фторид водорода, сероводород и синильную кислоту или циановодород. Предполагается, что его ранняя смерть явилась следствием медленного отравления химикалиями, с которыми он работал. К. В. Шееле расширил и углубил знания во многих отраслях химии: неорганической, органической, аналитической и технической. Открытие хлора и кислорода является наиболее важными среди других исследований К. В. Шееле. По мнению многих историков науки, исследования кислорода, проведенные шведским химиком, оказались более глубокими и разносторонними, чем у Дж. Пристли. Кислород Шееле получил несколькими способами:

а) нагревая оксид ртути (реакция, изученная Пристли);

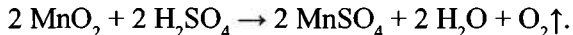
б) разлагая карбонаты серебра и ртути



в) прокаливая нитраты калия и магния



г) нагревая смесь пиролюзита с серной кислотой



К сожалению, по вине его издателя результаты опытов К. В. Шееле под заглавием «Химические статьи о воздухе и огне» вышли в свет только в 1777 г.

Химическая интуиция шведского ученого была поистине поразительной. Выдающийся французский химик-органик XIX в. Ж. Б. Дюма (см. гл. 9, п. 9.3.) справедливо сказал, что Шееле «не мог прикоснуться к какому-либо телу, без того чтобы не сделать открытия»\*. Работы К. В. Шееле способствовали теоретическому развитию химии. Например, он установил, что одна и та же масса железа может присоединять разное количество муриевого радикала (хлорид-аниона). Резуль-



*Карл Вильгельм Шееле  
(1742–1786). Статуя работы  
скульптора Й.-Л. Бересона.  
Стокгольм (Швеция)*

\* См.: Дюма М. Указ. соч. – С. 122.



таты исследования им соединений некоторых металлов (железа, ртути, меди) в различных степенях окисления повлияли на разработку теории валентности химических элементов (см. гл. 9, п. 9.4).

За свои научные заслуги К. В. Шееле получил много наград, уже в 32 года он был удостоен звания члена Стокгольмской академии наук. Король Пруссии Фридрих II предложил ему место преподавателя в Берлине с окладом в 1200 талеров, однако ученый отклонил это предложение и предпочел оставаться простым аптекарем, что позволяло ему проводить исследования, не будучи связанным преподавательскими обязанностями или академическими отношениями.

К. В. Шееле был одним из представителей той блестящей плеяды химиков, благодаря пытливости ума и упорству в изысканиях которых в XVIII в. Швеция вырвалась на передовые позиции в науке. Скандинавские ученые внесли огромный вклад прежде всего в создание основ химического анализа природных руд и минералов. В результате этих исследований были открыты новые химические элементы. Приблизительно в 30-е гг. XVIII в. шведский химик *Георг Брандт* начал изучать голубоватый минерал, напоминавший медную руду. Несмотря на видимое сходство, получить медь из этого минерала никак не удавалось. Местные рудокопы полагали, что эта руда заколдована гномами «кобольдами». В 1742–1744 гг. Брандт сумел доказать, что «заколдованный» минерал содержит не медь, а совершенно другой металл, напоминавший по своим химическим свойствам железо. Этот металл получил название *кобальт*.

В 1751 г. *Аксель Фредрик Кронстедт* открыл *никель*, очень похожий на кобальт. Шведские химики открывали новые металлы на протяжении всего XVIII столетия: в 1774 г. *Йоганн Готлиб Ган* выделил *марганец*, а *Петер Якоб Гельм* в 1782 г. получил *молибден*. При изучении минералов Ган и Кронстедт впервые применили *паяльную трубку*. Минералы, нагреваемые в пламени паяльной трубки, окрашивали его в различные цвета, по окраске пламени можно было судить о природе и составе минерала, а также образующихся паров и твердого остатка. На протяжении целого столетия паяльная трубка оставалась основным инструментом *химического анализа*.

Благодаря использованию новых технических приемов химикам удалось накопить достаточно много данных о минералах. Исходя из этих данных, Кронстедт вполне справедливо полагал, что минералы следует классифицировать не только по их внешнему виду, но и в соответствии с их химической структурой.

Подводя итог этому периоду в развитии химии, необходимо отметить следующее. Как считают историки науки, по значимости для дальнейшего развития химической науки *открытия кислорода*, по масштабности последствий, которые привели к революционным изменениям в теоретическом фундаменте химии, его можно приравнять только к открытию радиоактивности\*. Однако сами первооткрыватели – Дж. Пристли и К. В. Шееле не оценили в полной мере судьбоносности результатов своих исследований. Они были убежденными сторонниками

\* См.: Кукушкин Ю. Н., Дремов А. В. Указ. соч. – С. 123.

теории флогистона и не подозревали, что своими открытиями подрывают основы этой теории, способствуя началу нового этапа в эволюции химической науки.

Развитие пневматической химии и аналитических методов исследования обогатило естествознание открытием *различных газов* (различных *форм воздуха*), среди которых не было установлено вещество, идентичное флогистону. Эти выдающиеся открытия оказали определенное влияние на представления химиков об элементах. Появились факты, свидетельствующие о существовании различных видов первоэлементов (разновидностей воздуха). Факты укрепляли уверенность, что эти вещества обладают химической индивидуальностью и ослабляли позицию традиционных представлений Аристотеля о воздухе как элементе-качестве. Более того, химики постепенно подходили к *разграничению понятий элемент и соединение*. Все чаще под элементами понимали неразложимые и нетрансформируемые компоненты, сочетания которых образуют химические соединения и обуславливают их свойства\*.

Во второй половине XVIII в. произошло заметное увеличение количества объектов химических исследований. Это, в свою очередь, повлекло за собой открытие множества самых разнообразных экспериментальных фактов, которые уже не удавалось систематизировать в рамках теории флогистона. Сама теория флогистона, по словам французского ученого А. Ф. Фуркруа, «казалась потерянной среди этих обширных приобретений»\*\*. К концу XVIII в. все острее ощущалась необходимость теоретического переосмысления всего объема накопленных данных, позволяющая преодолеть условности теории флогистона и разработать новую концепцию о составе, свойствах химических веществ и их превращениях.

## 6.7. Антуан Лоран Лавуазье

### 6.7.1. Борьба против теории флогистона

Миссия открыть новую страницу в истории становления современной химии выпала на долю выдающегося французского ученого *Антуана Лорана Лавуазье*.

Лавуазье происходил из очень состоятельной семьи, принадлежащей к третьему сословию. Первоначальное образование он получил в колледже Мазарини, а затем прошел курс юридического факультета и в 1764 г. получил степень лиценциата прав. Одновременно с прохождением курса юридических наук и по окончании его Лавуазье много и основательно занимался естественными и точными науками под руководством лучших парижских профессоров того



*Антуан Лоран Лавуазье  
(1743–1794)*

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 34.

\*\* Там же.

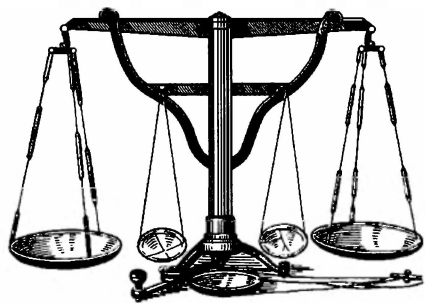
времени. Математику и астрономию он изучал у известного аббата Ла-Кайля, а курс химии прошел у *Гийома Франсуа Руэля*.

Г. Ф. Руэль был, безусловно, одним из самых крупных французских химиков XVIII в. Занимая должность профессора в парижском «Королевском саду», он создал школу подлинной экспериментальной химии. Студентов привлекала его живая манера изложения материала и проведение демонстрационных опытов. Научная деятельность Г. Ф. Руэля была направлена на разработку теоретических вопросов химии. Французский ученый стал постоянно использовать термин «основание» и обогатил теоретическую химию точным определением понятия «соли» как продукта взаимодействия между *кислотой* и *основанием*. Не только современники, но и последующие поколения ученых восхищались проницательностью и экспериментальным мастерством этого ученого. Именно Руэль убедительно доказал различия между *средними*, *кислыми* и *основными* солями. Результаты изучения природы солей были опубликованы в 1745 г. в «Записках Парижской академии наук». Славу научной школы Г. Ф. Руэля составили его ученики – выдающиеся французские химики А. Л. Лавуазье и Ж. Пруст (см. гл. 8, пп. 8.2–8.4).

С самого начала своей научной деятельности А. Л. Лавуазье осознал важность *точного измерения* при проведении химических исследований. Подход к этим работам можно с полным основанием считать *физико-химическим*, поскольку ученый последовательно применял экспериментальные методы и теоретические представления физики того времени. Следуя главным канонам классической механики, Лавуазье воспринимал массу как наиболее существенное свойство материальных частиц. Первым среди химиков он сознательно применил в своих исследованиях положение И. Ньютона о том, что масса материи «определяется по весу тела, ибо она пропорциональна весу»\*. Французский химик систематически использовал точное взвешивание всех участвующих в реакции веществ, в том числе и газообразных. По заказу Лавуазье знаменитый парижский мастер Фортэн изготовил весы неслыханной для того времени чувствительности: средние весы при нагрузке 600 г имели погрешность до 5 мг, а малые при нагрузке до 4 г позволя-



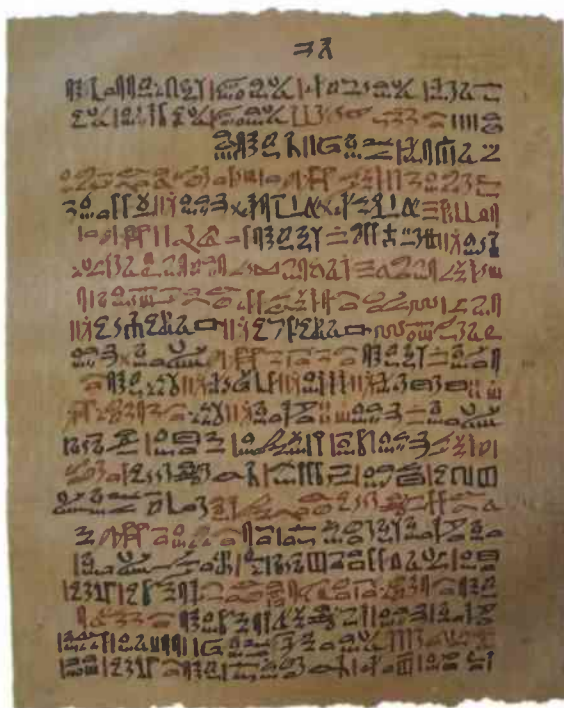
Гийом Франсуа Руэль  
(1703–1770)



Весы А. Л. Лавуазье

дованиях положение И. Ньютона о том, что масса материи «определяется по весу тела, ибо она пропорциональна весу»\*. Французский химик систематически использовал точное взвешивание всех участвующих в реакции веществ, в том числе и газообразных. По заказу Лавуазье знаменитый парижский мастер Фортэн изготовил весы неслыханной для того времени чувствительности: средние весы при нагрузке 600 г имели погрешность до 5 мг, а малые при нагрузке до 4 г позволя-

\* Становление химии как науки. – С. 105.

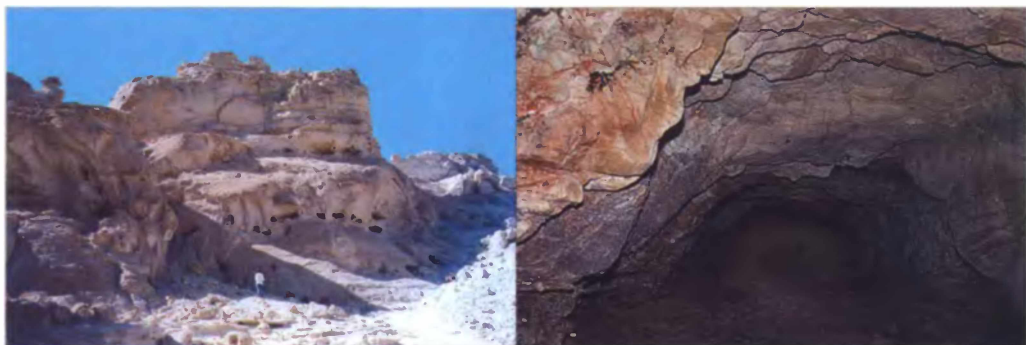


Керамический сосуд.  
Эпоха неолита  
Йесилова-Гуюк.  
Западная Анатолия (Турция)

Фрагмент папируса Эберса.  
Древний Египет.  
Середина II тыс. до н.э. Библиотека  
университета Лейпцига (Германия)



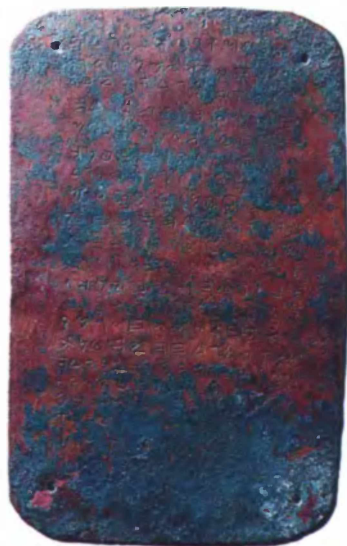
Керамическая посуда раннего бронзового века (3500–2000 лет до н.э.).  
Венгерский национальный музей



Древнеегипетские шахты по добыче медной руды  
(III–I тыс. до н.э.). Синайский полуостров. Территория современного Израиля



Один из древнейших слитков меди,  
найденный при раскопках поселения Закрос  
на острове Крит (Греция). III тыс. до н.э.

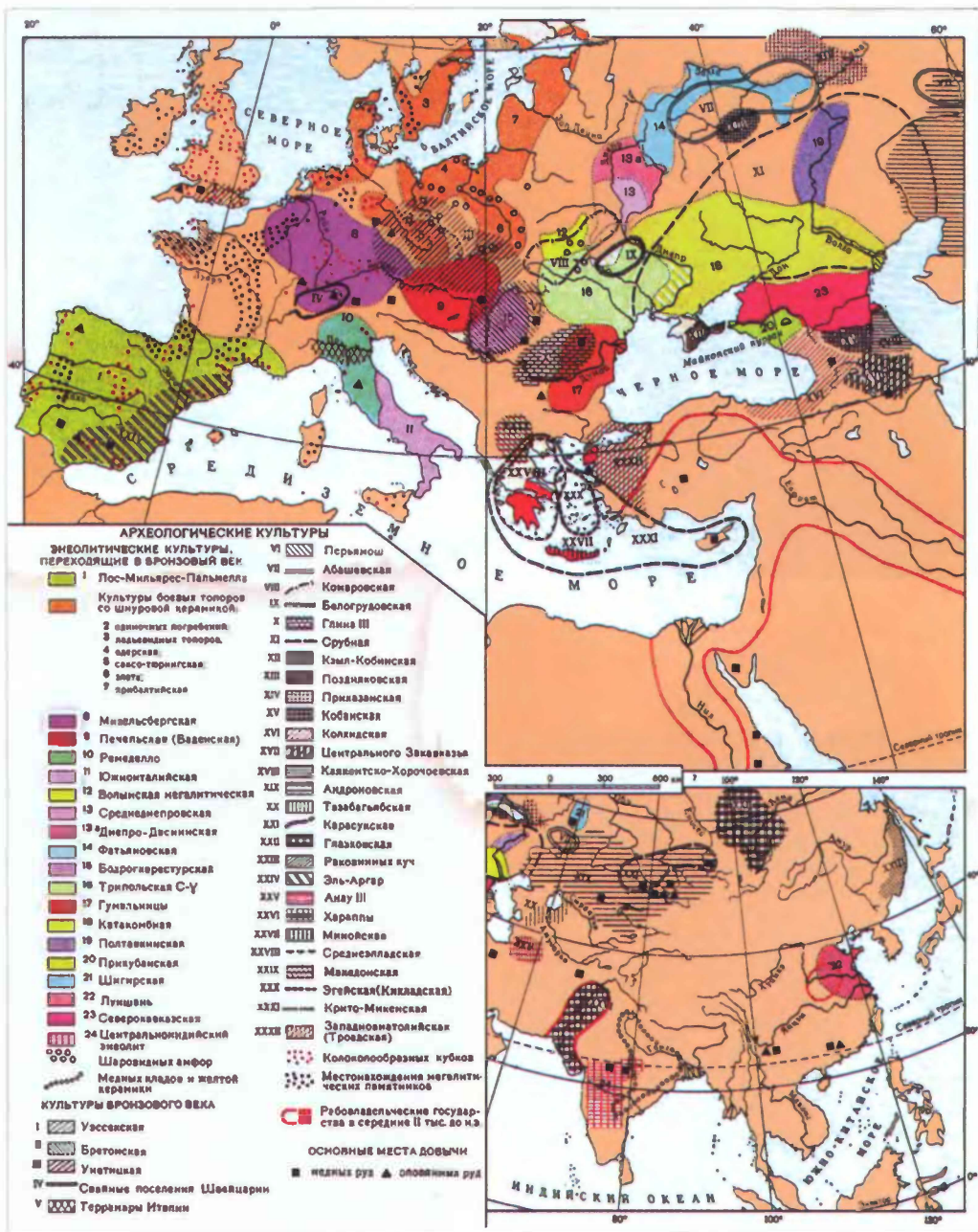


Медная пластина. Один  
из ранних памятников  
древнегреческой  
письменности. Греция.  
VIII в. до н.э.

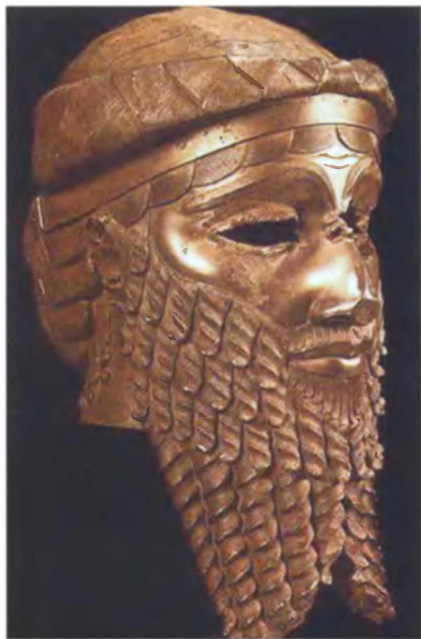


Бронзовый кинжал. Междуречье или Сирия. II тыс. до н.э.

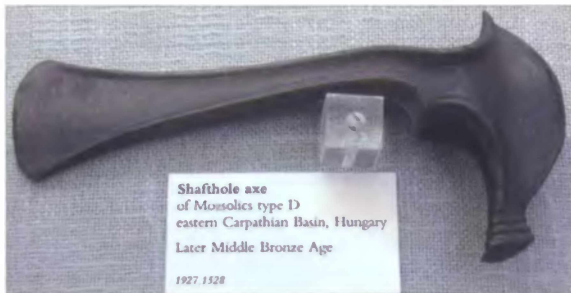




Распространение культур энеолита и бронзового века у племен и народностей Европы, Азии и Северной Африки



Голова аккадского царя  
Саргона Древнего (бронза).  
Ок. 2250 г. до н.э. Ниневия.  
Багдад. Иракский музей



Бронзовый топор с отверстием  
для рукояти. Средний бронзовый век  
(2100–1600 гг. до н.э.). Восточные Карпаты.  
Венгерский национальный музей



Бронзовые наконечники копий  
(1200–800 гг. до н.э.): а – Британия; б – Кипр.  
Нью-Йорк (США). Музей Метрополитен



Статуэтка коленопреклоненного  
фараона Тутмоса III. Древний Египет.  
1479–1425 гг. до н.э. Нью-Йорк  
(США). Музей Метрополитен



Передняя часть кирасы  
древнегреческого воина (бронза).  
Ок. IV в. до н.э. Нью-Йорк (США).  
Музей Метрополитен



Бронзовая лошадка. Древняя Греция. Лаконика  
Ок. 740 г. до н.э. Париж (Франция). Лувр



Шлем этрусского воина  
(бронза). VII–VI вв. до н.э.  
Париж (Франция). Лувр



Бронзовый сосуд для хранения вина. Китай.  
Эпоха династии Чжоу (770–476 гг. до н.э.).  
Париж (Франция). Лувр

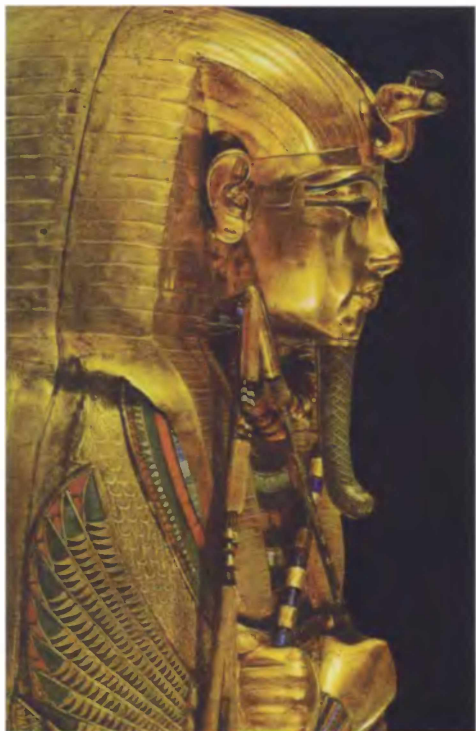


Железный шлем кельтского  
воина. Британия. II в. до н.э.  
Частная коллекция

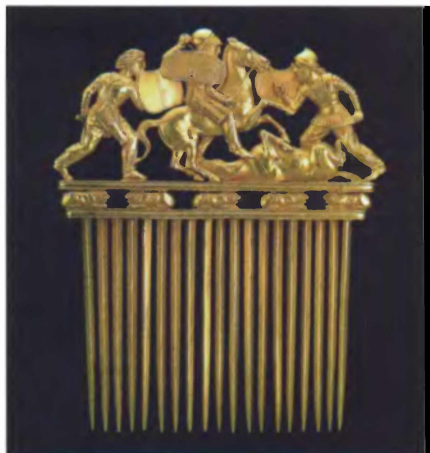


Кельтский железный меч. Рукоять и ножны выполнены из бронзы.  
V в. до н.э. Нью-Йорк (США). Музей Метрополитен





Третий внутренний саркофаг  
египетского фараона Тутанхамона.  
1347–1338 гг. до н.э. Золото и эмаль.  
Каир (Египет). Национальный музей



Золотой скифский гребень  
с изображением батальной сцены.  
Курган Солоха. Поднепровье.  
(Украина). Конец V – начало  
IV в. до н.э. Санкт-Петербург.  
Государственный Эрмитаж



Золотая маска из Микен.  
II тыс. до н.э. Афины (Греция).  
Национальный археологический музей



Жена Генриха Шлимана София  
в золотом убранстве: большой диадеме  
из 90 цепочек с подвесками,  
ожерелье и серьгах. Троя 2400–2200 гг.  
до н.э. Москва. Государственный  
музей изобразительных  
искусств им. А. С. Пушкина



Золотой сарматский сосуд («Мигулинская чаша»). Донская область. I в. до н.э. Москва. Государственный исторический музей



Золотой бюст императора Марка Аврелия. Рим. II в. н.э. Лозанна (Швейцария). Музей археологии и истории



Золотой статер Александра Македонского. На аверсе – профиль царя, на реверсе – богиня победы Ника. 336–318 гг. до н.э. Москва. Государственный исторический музей



Сарматская золотая гривна с оленьими головами. Станица Старокорсунская (Краснодарский край). I в. до н.э. – I в. н.э. Краснодарский государственный историко-археологический музей-заповедник



Железный скифский меч в золотых ножнах. На ножнах изображена сцена битвы скифов с греками. IV в. до н.э. Ростов-на-Дону. Ростовский областной музей краеведения



Серебряный ковш для вина. Римская провинция  
Галлия (Южная Франция). III в. н.э.  
Нью-Йорк (США). Музей Метрополитен



Древнеегипетская  
керамическая ваза с  
иероглифами. Конец  
III тыс. до н.э.  
Париж (Франция). Лувр



Стеклянный миниатюрный  
сосуд для хранения духов  
или благовоний. Древний  
Египет. 1550–1370 гг. до  
н.э. Вашингтон (США).  
Галерея Фриера и Саклера



Древнегреческий  
керамический кратер.  
Дипилон, Афины. Ок. 740 г.  
до н.э. Нью-Йорк (США).  
Музей Метрополитен



Древнегреческая  
керамическая амфора.  
Чернофигурный  
стиль. V в. до н.э.  
Афины (Греция).  
Национальный музей



Литейные формы для изготовления украшений.  
Ольвия. Москва. Государственный исторический музей





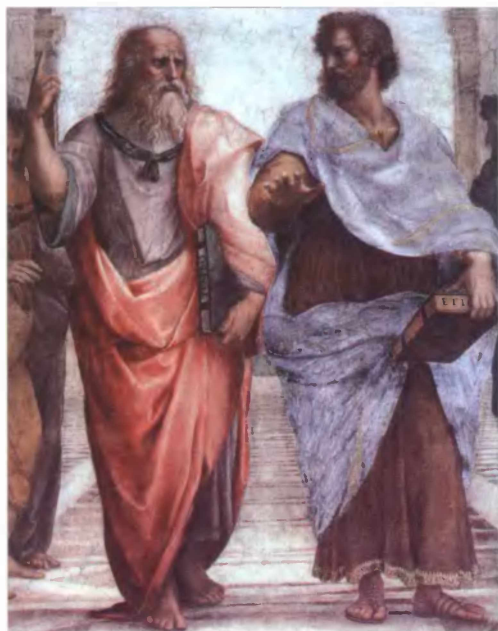
Анаксагор и Перикл. Картина кисти Августина-Луи Белля (1757–1841)



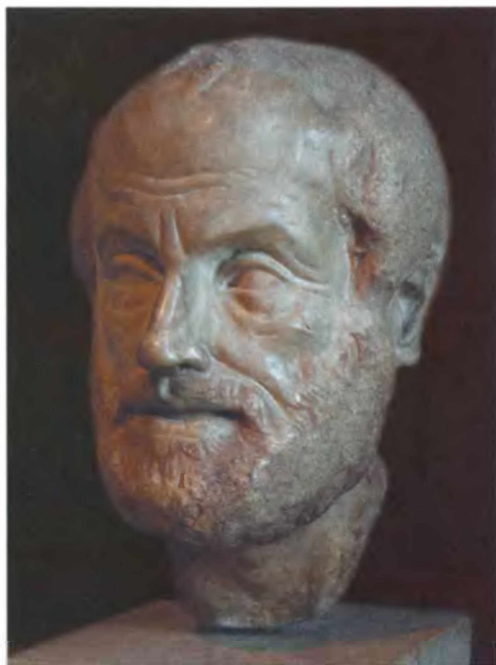
Академия Платона. Античная мозаика



Фреска Рафаэля Санти «Афинская школа». Ватикан. Станца делла Сеньятура

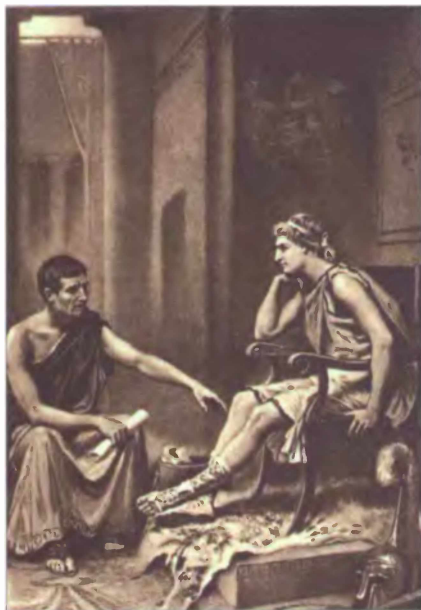


Платон и Аристотель. Центральный фрагмент фрески Рафаэля Санти «Афинская школа»



Бюст Аристотеля. Мрамор. Париж (Франция). Лувр

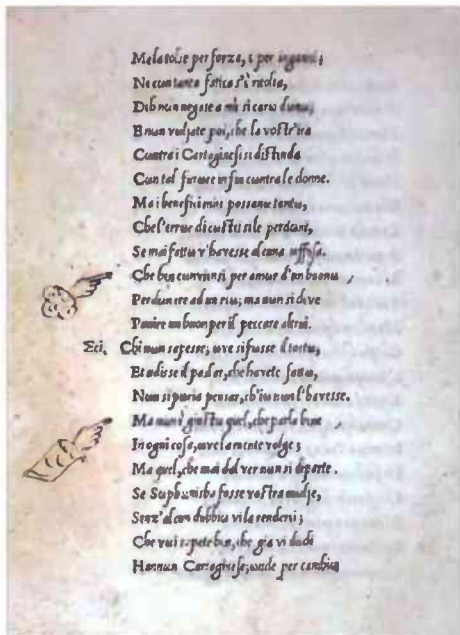




Аристотель и Александр  
Македонский. Рисунок  
Дж. Л. Ферриса. 1895



Бюст Эпикура.  
Мрамор.  
Париж (Франция). Лувр



Страница из книги Тита  
Лукреция Кара «О природе  
вещей» с пометками на полях  
с изображением герба  
римского папы Сикста IV



Тит Лукреций Кар.  
«О природе вещей».  
Венеция, 1515



Гермес Трисмегист. Мозаика на полу в соборе. Сиена (Италия)

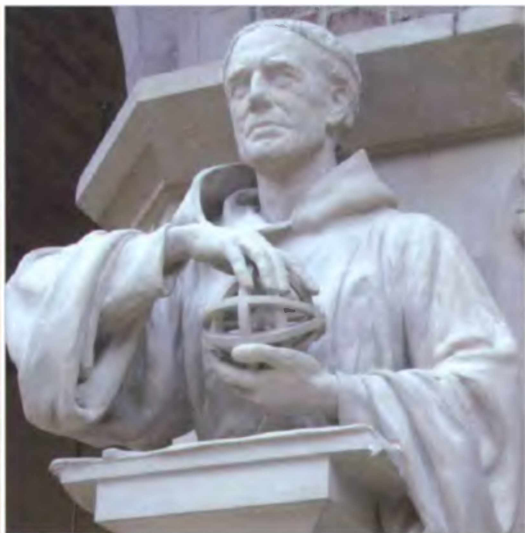
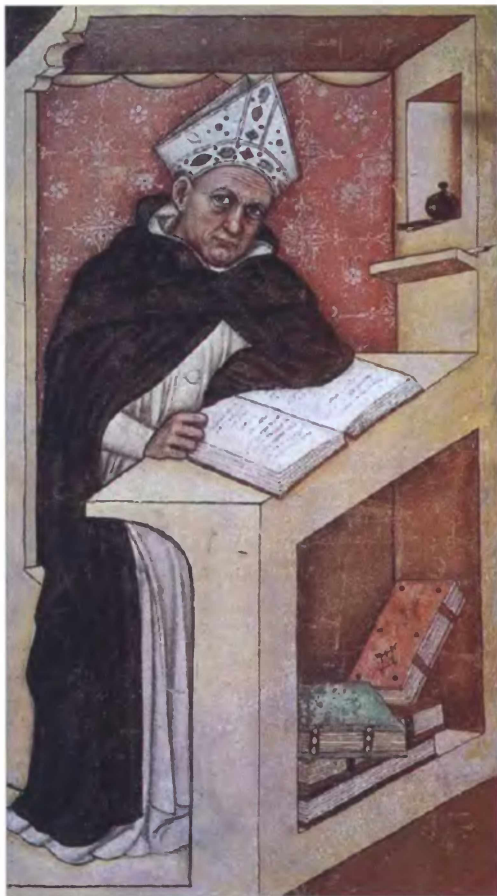


Арабский алхимик.  
Рисунок из рукописи VIII в.



Алхимическая лаборатория. Швейцария. Экспозиция музея алхимии





Статуя Роджера Бэкона.  
Оксфорд (Великобритания).  
Музей естественной истории

Альберт Великий в своей рабочей  
комнате. Фреска Томазо да Модена.  
Треviso св. Никколо, зал Капитула



Польский алхимик Михаил Сендивогий. Картина кисти  
Яна Матейко (1838–1893). Лодзь (Польша). Музей изобразительного искусства

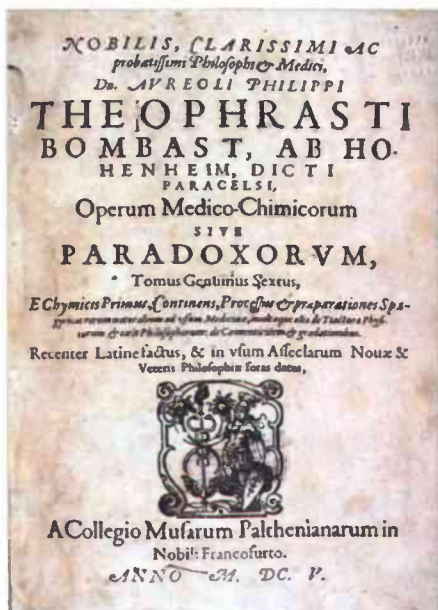




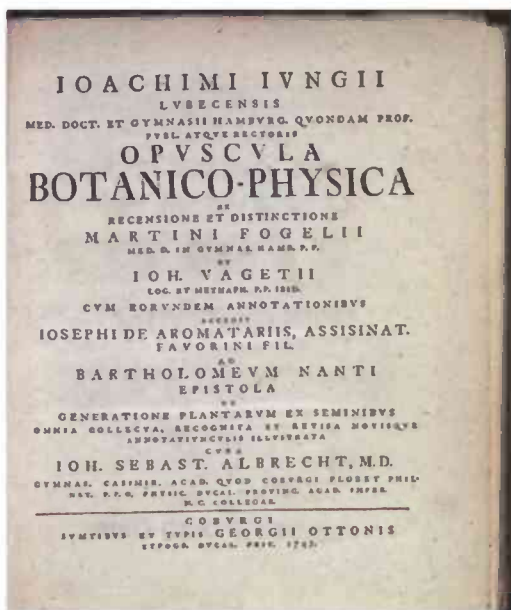
Открытие фосфора Хеннигом Брандом.  
Картина кисти Джозефа Райта. 1771



Алхимик. Картина кисти Давида Теньерса (1610–1690)



Титульный лист сочинения  
Парацельса «Парадоксорум».  
Франкфурт, 1605



Титульный лист  
книги Иоахима Юнгиуса.  
Кобург, 1747



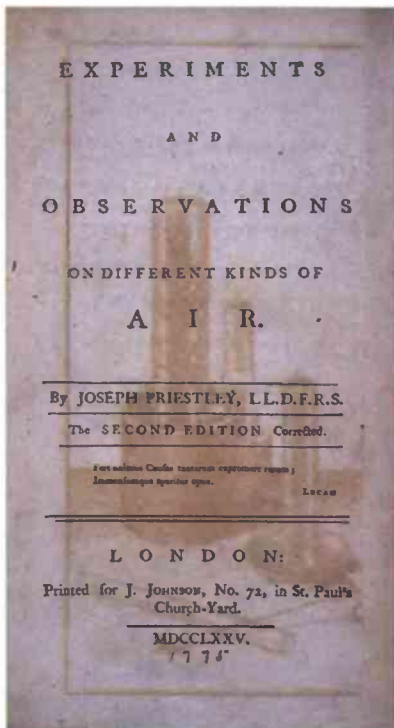
Рене Декарт и шведская королева Кристина.  
Картина кисти придворного художника



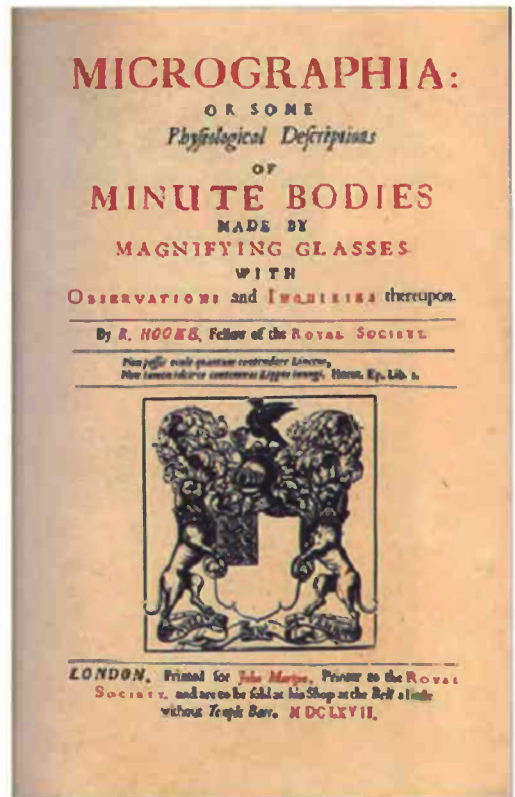
Роберт Бойль. Портрет работы Иоганна Керсбоума. 1689



Микроскоп Роберта Гука, изготовленный Кристофером Коком из Лондона. Великобритания. Национальный музей здоровья и медицины

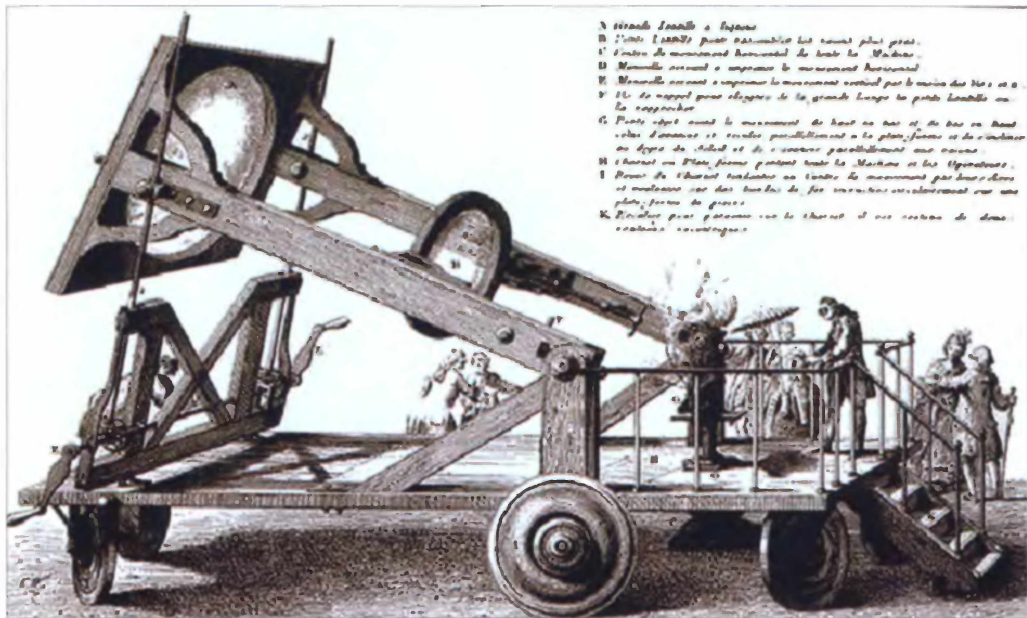


Титульный лист книги Джозефа Пристли «Опыты и наблюдения над различными видами воздуха». Лондон, 1774



Титульный лист книги Роберта Гука «Микрография». Лондон, 1667





Публичные демонстрационные опыты по воспламенению горючих веществ под действием солнечного света, сфокусированного мощными оптическими линзами, проводимые А. Л. Лавуазье в 70-х гг. XVIII в.



Точная копия интерьера лаборатории А. Л. Лавуазье. Мюнхен (Германия). Deutsches Museum



А. Л. Лавуазье с женой.  
Картина кисти Жака Луи Давида



А. Л. Лавуазье в лаборатории беседует  
с К. Л. Бертолле. Картина кисти Теобальда Шартмана  
(1849–1907). Париж (Франция). Сорбонна



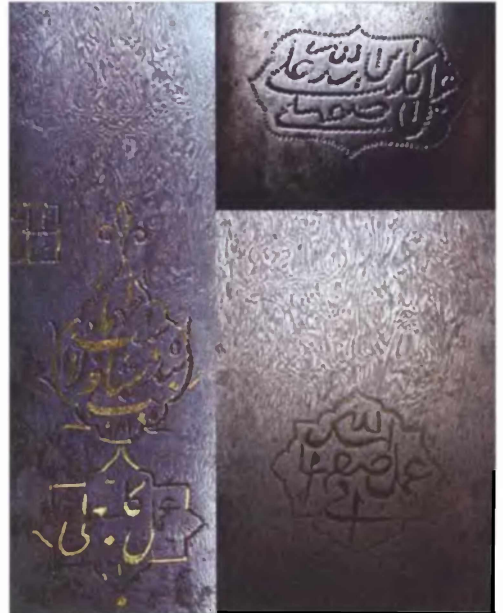
Позолоченный железный шлем с изображением воинов и драконов. Принадлежал королю Восточной Англии Редвальду или его сыну Саттон-Ху. 625–630 гг. Лондон (Великобритания). Британский музей



Тяжелые стальные доспехи конного рыцаря. Середина XV в. Нью-Йорк (США). Музей Метрополитен



Клинки из булатной стали (шамшира): а – XIII в., Сирия; б – XVIII в., Персия



Характерная узорчатая структура дамаскской булатной стали; на фрагментах видны клейма оружейников





Стальной клинок, выкованный оружейниками г. Толедо (Испания). Начало XVII в.



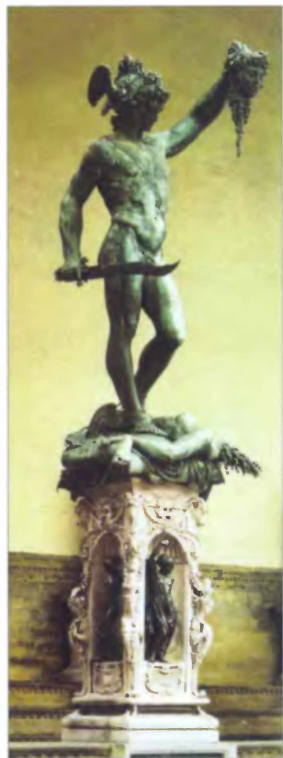
Титульный лист книги Лазаря Эркера «Описание всех известных минеральных руд» («Beschreibung Allerfürnemisten Mineralischen Erztz»), изданной в 1574 г.



Пушка Джайвана, отлитая в 1720 г., – крупнейшее в мире орудие на колесном лафете



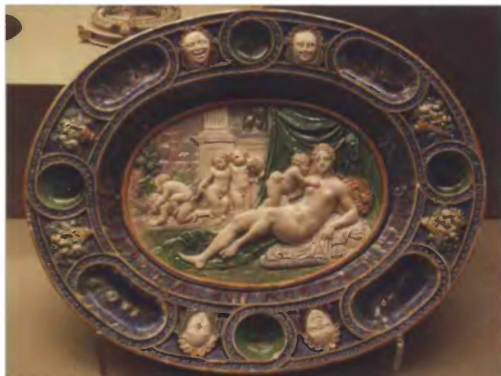
Первый в мире мост, построенный из литых чугунных деталей английским металлургом Абрахамом Дарби III в 1779 г. через р. Северн в местечке Коулбрукдейл (Великобритания). Современный вид



Солонка Франциска I. Золото и эмаль. Работа Бенвенуто Челлини. 1542–1543. Вена (Австрия).  
Художественно-исторический музей

Персей. Бронза. Скульптура работы Бенвенуто Челлини.  
1553. Флоренция (Италия)





Керамическая посуда работы Бертрана Палисси. 1570–1591.  
Лондон (Великобритания). Виктория и Альберт Мьюзеум



Вазы производства мануфактуры Дж. Веджвуда.  
Графитовый стиль. Конец XVIII в.



Лампа. Стекло и серебро.  
XVI в. Марокко



а

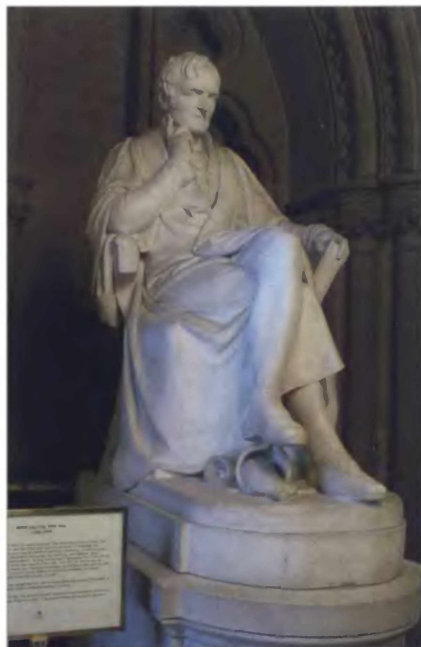
Средневековая цветная стеклянная мозаика: а – Собор Кентерберри, XII в.; б – аббатство Грейт Малверн. Вустершир. XV в. (Великобритания)



Средневековый пергамент (веллум). XV в. Великобритания



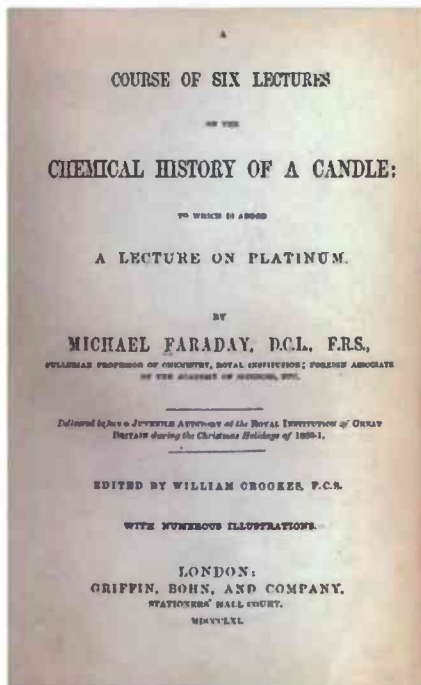
Статуя Луиджи Гальвани.  
Болонья (Италия)



Статуя Джона Дальтона.  
Манчестер Таун Холл.  
Манчестер (Великобритания)



Статуя Майкла Фарадея работы  
скульптора Дж. Г. Фоля. Савой  
Плейс. Лондон (Великобритания)



Титульный лист книги  
Майкла Фарадея «Химическая  
история свечи». Лондон, 1861

ли измерять массу с точностью до 0,1 мг\*. Лавуазье не только сделал весы главным инструментом химика, но усовершенствовал технику взвешивания, а также ввел в практику правило держать весы в отдельной комнате, оберегая их от агрессивной атмосферы.

В своих работах Лавуазье количественно определял не только массу, но и другие физико-химические характеристики исходных веществ и продуктов реакции. Он добивался самой тщательной постановки опытов и стремился к устройству наиболее *точных и совершенных* приборов. В этом отношении научная техника во Франции во многом обязана А. Л. Лавуазье. Используя систематический физико-химический подход к проведению количественных измерений, он сумел доказать несостоятельность старых теорий, не просто уже бесполезных, а мешавших дальнейшему развитию химии.

В 1765 г. Лавуазье представил работу на заданную Парижской академией наук тему – «О лучшем способе освещать улицы большого города». При выполнении этих исследований проявилась необыкновенная настойчивость Лавуазье в достижении намеченной цели и точность в изысканиях – достоинства, которые составляли отличительную черту всех его работ. Чтобы повысить чувствительность своего зрения к слабым изменениям силы света, Лавуазье шесть недель провел в темной комнате. За эти исследования в 1766 г. Лавуазье был удостоен золотой медали Парижской академии наук\*\*.

Первым успехом систематических количественных измерений были эксперименты, позволившие проверить возможность превращения воды в землю. В течение 101 дня ученый кипятил воду в герметически закупоренной реторте, в которой водяной пар конденсировался и возвращался обратно в сосуд, поэтому потеря вещества во время опыта была исключена. При этом он постоянно взвешивал сосуд и воду. Столь длительный эксперимент действительно привел к образованию осадка, но масса воды при этом не изменилась. Следовательно, осадок образовался не из воды. Далее выяснилось, что масса самого сосуда уменьшилась как раз на столько, сколько весил осадок. Другими словами, Лавуазье удалось установить, что осадок образовался за счет медленного взаимодействия кипящей воды со стеклянными стенками колбы. Осадок представлял собой выщелоченное стекло, выпавшее в виде твердых пластинок. Этот пример наглядно показывает, что простое *наблюдение зачастую может привести к ошибочным выводам, в то время как количественное измерение позволяет установить истинные причины явления.*

Над разгадкой природы процесса горения бились многие химики XVIII в. Не могла эта проблема обойти и А. Л. Лавуазье. Французский ученый стал догадываться, что теория флогистона ставит под угрозу дальнейшее развитие химии. Начало целенаправленных исследований, результаты которых парали-

\* См.: Становление химии как науки. – С. 106.

\*\* См.: *Donovan A. Antoine Lavoisier: Science, Administration, and Revolution.* – Cambridge: Cambridge University Press, 1993. – P. 76.



зовали эту теорию, можно датировать 1772 г. и связать с изучением процесса разрушения алмаза под действием огня. Купленный за собственные деньги алмаз он поместил в закрытый сосуд и нагревал до тех пор, пока тот полностью не исчез. При этом в сосуде образовался углекислый газ. Таким образом Лавуазье убедительно доказал, что алмаз,

так же как и древесный уголь, содержит один и тот же элемент – углерод. Для своих исследований французский ученый не щадил сил и средств: например, опыты по выявлению состава воды стоили ему 50000 ливров.

В 1772 г. Лавуазье обнародовал свое решение начать исследование различных газов. Приступая к этим экспериментам, он предчувствовал, что изучение этой области должно произвести переворот в физике и химии, свидетельство тому – запись в его лабораторном журнале в 1773 г. Прежде всего он подвергал проверке тот факт, что масса металлов при превращении их в «известы» (оксиды) увеличивается. Лавуазье получил результаты, которые совпадали с данными, полученными Ж. Реем (1630), Дж. Мэйоу (1669) и рядом других ученых. Он доказал, что увеличение массы в этом случае происходит за счет присоединения части воздуха, а не частиц огня, как думал Р. Бойль.

Продолжая свои опыты, Лавуазье нагревал олово и свинец при помощи увеличительного стекла в закрытых сосудах с ограниченным объемом воздуха. Сначала на поверхности металлов образовывался слой окалины, но в определенный момент времени окисление прекращалось. Когда после нагревания Лавуазье взвесил сосуд со всем содержимым, оказалось, что его масса точно такая же, как и до нагревания. Лавуазье открыл охлажденный сосуд, туда устремился воздух, и масса сосуда с содержимым увеличилась. Так Лавуазье сумел доказать, что металл превращается в оксид не в результате потери мистического флогистона, а вследствие присоединения порции самого обычного воздуха. Он также определил, что количество взятого воздуха после опыта уменьшается на  $1/5$  и что оставшийся воздух не поддерживает горения и дыхания. Лавуазье провел аналогичные опыты по сжиганию серы и фосфора и снова обнаружил увеличение массы у продуктов реакции. Эти факты он описал в двух статьях: «Opuscules physiques et chimiques»



А. Л. Лавуазье проводит эксперименты в своей лаборатории.

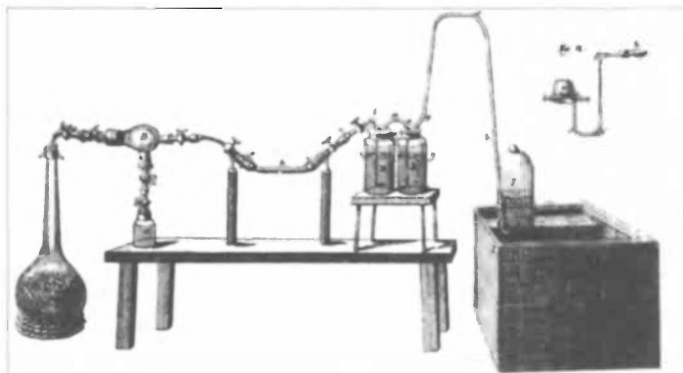
Рисунок Марии Анны Лавуазье – супруги ученого

(1773) и «Mémoire sur la calcination de l'étain dans les vaisseaux fermés et sur la cause de l'augmentation du poids qu'acquiert ce métal pendant cette opération» (1774)\*. Однако для ученого открытым оставался вопрос – почему во взаимодействии с металлами участвует не весь воздух, а лишь его пятая часть? Встреча с Дж. Пристли, в результате которой Лавуазье узнал об открытии «дефлогистированного воздуха», вдохновила его на дальнейшие исследования. В 1775 г. Лавуазье выступил в Академии с докладом, в котором он утверждал, что воздух является смесью двух газов. В 1777 г. в статье «О горении вообще» Лавуазье утверждал, что лишь одна пятая часть воздуха представляет собой «дефлогистированный» или «жизненный воздух», который необходим для живых организмов и соединяется с горящими или ржавеющими металлами. Лавуазье предложил назвать этот газ кислородом (oxugine или, позднее, oxugene), т.е. порождающим кислоты, поскольку полагал его необходимым компонентом всех кислот.

В 1775 г. министр Тюрго начал преобразования в производстве пороха во Франции и назначил Лавуазье одним из четырех управляющих этим делом (régisseurs des poudres)\*\*. Вплоть до 1791 г. Лавуазье имел непосредственное отношение к производству пороха. Он жил в пороховом арсенале, и здесь же помещалась его лаборатория, из которой вышли почти все химические работы, обессмертившие имя ученого. Лаборатория Лавуазье была одним из главных научных центров Парижа. Для обсуждения научных вопросов в ней собирались представители различных отраслей знания, сюда же приходили начинающие молодые работники науки общаться с великим французским ученым и искать его указаний, которыми он охотно делился с ними.

Для завершения теории горения Лавуазье стремится постичь процесс дыхания животных и человека. В результате проведенных опытов он убедился, что жизненный воздух необходим для дыхания и что животные выделяют «связывающийся воздух» так же, как и горящие углеродсодержащие тела.

Эти опыты имели историческое значение и для *физиологии*. После неопровержимых доказательств того, что горение веществ невозможно без кислорода и что в



Установка А. Л. Лавуазье для изучения газов. Рисунок из книги «Основы антифлогистонной химии» (1792)

\* См.: Jackson J. A World on Fire: A Heretic, An Aristocrat And The Race to Discover Oxygen. – Viking, 2005. – 325 p.

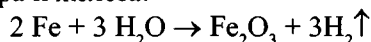
\*\* См.: Grey V. The Chemist Who Lost His Head: The Story of Antoine Lavoisier. – Coward: McCann & Geoghegan, Inc., 1982. – 287 p.

процессе дыхания животных он выполняет аналогичную функцию, Лавуазье настаивал, что теория флогистона не отвечает экспериментальным данным и должна быть отброшена\*.

Второй газ, составляющий четыре пятых всего объема воздуха («флогистированный воздух» Резерфорда), Лавуазье признал совершенно самостоятельным веществом. Поскольку этот газ не поддерживал горения, и находившиеся в нем мыши погибали, Лавуазье назвал его *азотом* – безжизненным. Позднее азот был переименован

в *нитроген*, что в переводе с латинского означает «рождающий селитру», поскольку стало известно, что азот как основной элемент входит в состав различных селитр.

Лавуазье изучал также процесс разложения воды: через раскаленный ружейный ствол он пропускал водяные пары и собирал выделяющийся при этом газ. Исследования показали, что это был водород, а железный ствол покрывался внутри слоем железной окалины, представляющей соединение железа с кислородом. Эту реакцию водяного пара и железа:



Лавуазье позднее предложил Парижской академии наук в качестве наиболее экономичного способа получения водорода для аэростатов. Кроме того, немало времени французский ученый затратил на изучение реакций восстановления оксидов металлов при помощи водорода, в результате которых также образовывалась вода.

Качественный состав воды Лавуазье установил не только *анализом*, но и *синтезом*, дублируя опыты Кавендиша по сжиганию «горючего газа» – водорода. Решающий эксперимент был осуществлен совместно с выдающимся французским математиком П. С. Лапласом в присутствии ряда академиков и англичанина Ч. Блэгдена, который позднее оспаривал приоритет Лавуазье в пользу своего соотечественника Г. Кавендиша. Собрав жидкость, полученную при горении водорода и кислорода, Лавуазье и Лаплас убедились, что она идентична дистиллированной воде.

Таким образом, независимо друг от друга А. Л. Лавуазье и Г. Кавендиш пришли к выводу, что газы, образующиеся при горении «горючего газа», конденсируются в жидкость, которая представляет собой чистую воду. Следовательно,



Лабораторное оборудование, которое использовал  
А. Л. Лавуазье в 80-х гг. XVIII в.

\* См.: Становление химии как науки. – С. 119.

вода является соединением кислорода и «горючего газа», названного Лавуазье *водородом* – рождающим воду. Важность этого открытия трудно переоценить. Аристотелевой теории элементов-качеств был нанесен еще один серьезный удар, поскольку выяснилось, что вода является не простым веществом, а соединением, образующимся при взаимодействии двух газов. Осмысливая результаты опытов по изучению процесса дыхания животных, Лавуазье высказал предположение, что ткани живых организмов, а также продукты питания представляют собой различные соединения углерода и водорода.

К 1783 г. А. Л. Лавуазье был уже абсолютно убежден в своей правоте и в полной бесполезности теории флогистона.

### 6.7.2. Кислородная теория строения веществ

Благодаря использованию метода количественных измерений, Лавуазье достиг столь очевидных успехов, что многие ученые-химики вынуждены были принять его выводы практически безоговорочно. Глубокий анализ всех полученных экспериментальных данных в сопоставлении с результатами других ученых позволил А. Л. Лавуазье сформулировать *кислородную теорию горения и строения химических соединений*. Опираясь на свойства кислородных соединений различных простых тел, Лавуазье первым дал классификацию веществ, известных в химической практике того времени. Основой его классификации служили понятия *окись*, *кислота* и *соль*, которые он использовал вместе с представлениями о простых телах.

Наиболее существенные положения созданной Лавуазье теории можно представить следующим образом:

а) при всех химических реакциях изменяется только форма материи, количество же ее остается неизменным. На основании этого закона можно делать соответствующие вычисления;

б) при горении *неметалла* происходит его соединение с кислородом и образуется *кислота*, а при горении *металла* образуются металлические *известки* или *земли*;

в) все *кислоты* содержат кислород, соединенный с *радикалом*. В неорганических веществах в качестве радикала чаще всего выступает элемент, в органических соединениях радикал содержит атомы углерода и водорода, реже азота и серы.

Как показали дальнейшие исследования, последнее положение, регламентирующее состав кислот, было неправильным. Некоторые кислоты, например соляная, синильная, сероводородная не подходили под эти определения – они не содержат атомов кислорода. Только в начале XIX в. появилась верная теория, согласно которой общие свойства кислот обусловлены присутствием атомов водорода. В рамках своей теории соляную кислоту Лавуазье считал соединением кислорода с неизвестным еще муриевым радикалом (хлорид-анионом), а хлор рассматривал как соединение кислорода с соляной кислотой.

При изучении процессов горения Лавуазье не избежал искушения заняться изучением тепловых эффектов химических реакций. Эти работы были выполнены



в сотрудничестве с *Пьером Симоном Лапласом*. С помощью сконструированного ими ледяного калориметра французские ученые измеряли теплоемкости многих тел и теплоты, освобождающиеся при различных химических превращениях, например, при сгорании угля, фосфора, водорода; при взрыве смеси селитры, серы и угля. Этими работами Лавуазье и Лаплас заложили фундамент новой области исследования – *термохимии* и установили ее основной принцип (закон Лавуазье–Лапласа), сформулированный ими в следующей форме: *количество тепла, необходимое для разложения соединения на простые части, в точности равно количеству тепла, выделяющемуся при образовании того же соединения из его составных частей*. В то время не существовало единой точки зрения на природу теплоты. Одна из гипотез рассматривала теплоту как флюид (*теплород*), а другая – как вид движения. Лавуазье оказался приверженцем первой концепции, при этом в своей книге «*Элементарный курс химии*», опубликованной в 1789 г., он поместил теплород в список химических элементов.

Калориметрические и термохимические исследования Лавуазье и Лапласа были описаны в статье «*Sur la chaleur*» (1780). В 1781–1782 гг. французские ученые разработали известный способ измерения расширения твердых тел при нагревании. Вслед за тем Лавуазье применил количественный термохимический подход для изучения тепловых процессов, происходящих в живых организмах. Изучение процесса дыхания животных, осуществленное в 1789–1790 гг., имело громадное значение для физиологии. Лавуазье увидел, что дыхание животных можно представить как медленное горение, за счет которого в организме поддерживается всегда постоянный тепловой баланс. Французский ученый показал, что энергетические затраты в процессе жизнедеятельности восполняются пищеварением. В этих исследованиях



*Ледяной калориметр (разрез), используемый А. Л. Лавуазье и П. С. Лапласом*

Лавуазье старался установить соотношение между количеством выделяемой организмом углекислоты и состоянием, в котором организм находится. Лавуазье правильно понял значение и связь трех важных функций живых организмов – дыхания, пищеварения и транспирации.

Результаты исследований А. Л. Лавуазье, убедительно доказывающие несостоятельность теории флогистона, были весьма неоднозначно восприняты научной общественностью не только во Франции, но и в других странах Западной Европы. Одни ученые с восторгом встретили кислородную теорию горения и дыхания, другие же (например, П. Ж. Макер) скептически отнеслись к новым идеям Лавуазье. Особенно агрессивно воззрения А. Л. Лавуазье восприняли немецкие химики – в Берлине сочинения французского ученого как еретика науки были преданы публичному сожжению. К счастью, Лавуазье не тратил времени

на полемику со сторонниками теории, несостоятельность которой он столь ярко и убедительно доказал. Настойчиво и терпеливо изучая факты, постепенно, шаг за шагом, Лавуазье укреплял основы своей научной доктрины. Объяснение состава воды было решительным ударом для теории флогистона, многие ее сторонники стали переходить на сторону учения Лавуазье.

Изданная в 1789 г. книга Лавуазье «Элементарный курс химии» («*Traité élémentaire de chimie*»), которую по праву можно назвать первым учебником химии в современном понимании, тотчас же была переведена на многие иностранные языки. Некоторые прежние противники его системы изменили теории флогистона. Английский химик Р. Кирван, ранее написавший книгу «Опыт о флогистоне», полную жестоких нападок на учение Лавуазье, в 1792 г. признал его взгляды верными, в письме к К. Л. Бертолле он признавался: «я кладу оружие и оставляю флогистон»\*. Этот факт далеко не единственное доказательство того, как высочайшая степень аргументированности новой теории, основанная на методе количественных измерений, завоевывала все новых и новых сторонников. Поэтому Лавуазье можно отнести к тем ученым, которые еще при жизни становятся свидетелями полного торжества своего учения.

### 6.7.3. Реформа химии

Всю научную деятельность Лавуазье можно разделить на две части: главная задача первой из них заключалась в правильном истолковании процессов горения, обжигания и дыхания и представляла собой борьбу против теории флогистона. Основной целью второй части была реформа химии – определение химического элемента и экспериментальное доказательство закона сохранения массы вещества.

Лавуазье не занимался специально атомистикой, однако результаты его работ так или иначе способствовали ее утверждению. В отличие от своих предшественников Лавуазье не пытался дать метафизическое определение химическому элементу, подгоняя затем под это определение экспериментальные результаты. Наоборот, он дал определение понятию элемента в *релятивистско-экспериментальном* смысле потому, что именно оно оказалось плодотворным для химии того времени. В «Элементарном курсе химии» Лавуазье привел перечень всех известных в то время элементов или, вернее, всех веществ, которые он *считал* элементами. При этом он руководствовался правилом, согласно которому *элементом* является вещество, которое нельзя разложить на более простые вещества существовавшими тогда аналитическими методами исследования. Элементы стали трактоваться не как предсуществующие в объекте продукты его разложения, а как последний предел, до которого вещества можно разложить в принципе. В литературе отмечено, что первая таблица простых веществ и первая их классификация, данная Лавуазье, представляют собой «документ огромной исторической важности»\*\*.

\* Donovan A. Указ. соч. – Р. 123.

\*\* См.: Становление химии как науки. – С. 116.

Историки химии отмечают, что в основу предела разложимости тела у Лавуазье легли результаты *гравиметрического (весового)* метода анализа. Если при последующих операциях масса продукта реакции переставала уменьшаться, считали, что предел разложения достигнут. Необходимо подчеркнуть, что А. Л. Лавуазье и его последователи были уверены, что химические элементы *не превращаются* друг в друга во всех известных тогда реакциях\*. Этот факт свидетельствует о том, что алхимические и аристотелевы представления об элементах-качествах к этому времени оказались уже практически изжитыми.

Лавуазье отрицал значения аристотелевских и алхимических элементов, слишком *немногочисленных и недостаточных* для объяснения сути химических процессов. Работы французского ученого позволили сформировать очень важные представления об ограниченном *множестве* элементов и их *качественной разнородности*\*\*.

Особое значение этих представлений заключалось в том, что на их основе *разнообразие свойств химических веществ* можно было объяснить *разнообразием качеств множества элементов*.

В целом Лавуазье классифицировал немногим более тридцати элементов, исходя из их химических свойств. Однако он не утверждал со всей категоричностью, что все эти тела действительно простые. С поистине гениальной прозорливостью он предвидел, что так называемые *земли* (оксиды металлов) вскоре перестанут причислять к простым веществам\*\*\*. Лавуазье предположил, что безразличие по отношению к кислороду может свидетельствовать о том, что земли насыщены кислородом и представляют собой оксиды металлов. Тем не менее, Лавуазье всегда стремился не смешивать истину, установленную экспериментально, с гипотетическими предположениями.

В своей книге Лавуазье привел таблицу элементов, сгруппировав их в четыре больших класса:

а) *принадлежащие к трем царствам природы простые вещества, которые можно рассматривать как элементы* – свет, теплород, кислород, азот и водород;

б) *простые неметаллические вещества, способные окисляться и давать кислоты* – сера, фосфор, углерод, муриевый радикал, плавиковый радикал, борный радикал;

в) *простые металлические вещества, способные окисляться и давать кислоты* – сурьма, мышьяк, серебро, висмут, кобальт, медь, олово, железо, марганец, ртуть, молибден, никель, золото, платина, свинец, вольфрам, цинк;

г) *простые землистые вещества, способные давать соли* – известь, магнезия, барит, глинозем, кремнезем.

Как видно из этого списка, только в двух случаях Лавуазье допустил *несомненные ошибки*: это касается «света» и «теплорода». Впоследствии выяснилось, что они представляют собой не материальные субстанции, а формы энергии.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 37.

\*\* Там же. – С. 38.

\*\*\* См.: Дзюга М. Указ. соч. – С. 144.

В отличие от предшествующих теорий о качественно однородной материи концепция Лавуазье не требовала для объяснения происхождения свойств веществ привлечения физических и геометрических параметров, как в корпускулярном учении Р. Бойля. Химическую специфику соединения (наличие определенных химических свойств вещества) Лавуазье объяснял их качественным и количественным элементарным составом\*. При этом полагалось, что каждое качественно индивидуальное вещество обладает определенным и свойственным только ему количественным составом\*\*.

Таким образом, согласно концепции французского ученого, уже не содержание элемента выводилось из наличия у этого вещества определенных свойств, а свойства выводились из элементарного состава\*\*\*. В качестве иллюстрации этого положения часто приводят работы Лавуазье о природе кислот.

В традиционных представлениях о кислотах полагали, что все они содержат некую *единую первичную кислоту*, которая и придает этой группе веществ их общие свойства. Лавуазье на основании своих экспериментов по разложению серной, фосфорной и азотной кислот (в современном понимании –  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) связал свойство кислотности с наличием в их составе специфического элемента – кислорода. Отсюда, как уже говорилось выше, происходит и его название – рождающий кислотный принцип\*\*\*\*. Лавуазье пришел к выводу, что все кислоты отличаются друг от друга лишь соединенным с кислородом *радикалом*\*\*\*\*\*.

Очевидно, что во взглядах Лавуазье еще прослеживается влияние прежних представлений об универсальном начале, определяющем свойства вещества. Тем не менее принципиальная новизна их проявилась в том, что это начало мыслилось как реальная составная часть соединения, существование которой устанавливалось *не умозрительно*, а на основе результатов аналитических методов и количественных весовых измерений.

С проблемой установления элементов тесно связано экспериментальное обоснование *закона сохранения массы*. Анализируя результаты своих опытов, А. Л. Лавуазье пришел к выводу о том, что если учитывать все вещества, участвующие в химической реакции, и все образующиеся продукты, то изменения в их массе наблюдаться не будут. Фундаментальный принцип сохранения материи высказывался еще в древности в виде идеи о ее неуничтожимости (см. гл. 3, п. 3.6). В работах по истории химии отмечается, что и в Новое время некоторые ученые (например Э. Мариотт и М. В. Ломоносов) придерживались этого принципа в своих исследованиях\*\*\*\*\*.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 38.

\*\* Явление изомерии во времена А. Л. Лавуазье еще не было известно.

\*\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 39.

\*\*\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 39.

\*\*\*\*\* В начале XIX в. английский химик Г. Дэви разработал свою концепцию кислот, которая и стала родоначальницей современных представлений.

\*\*\*\*\* См.: Становление химии как науки. – С. 105.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.		
	Noms nouveaux.	Noms anc. correspond.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois règnes, et qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
	Calorique.....	Matière du feu et de la chaleur.
	Oxygène.....	Air déphlogistiqué. Air empiréal Air vital. Base de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogistiqué. Mofète. Base de la mofète.
	Hydrogène.....	Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
<i>Substances simples non métalliques oxidables et acidifiables.</i>	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique.	Inconnu.
	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arsenic.....	Arsenic.
	Bismuth.....	Bismuth.
<i>Substances simples métalliques oxidables et acidifiables.</i>	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercure.....	Mercure.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
	Platine.....	Platine.
<i>Substances simples salifiables terreuses.</i>	Plomb.....	Plomb.
	Tungstène.....	Tungstène.
	Zinc.....	Zinc.
	Chaux.....	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie.....	Magnésie, base du sel d'Ep-som.
	Baryte.....	Barote, terre pesante.
	Alumine.....	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
	Silice.....	Terre siliceuse, terre vitriifiable.

Таблица «простых тел» А. Л. Лавуазье

Другими словами, Лавуазье доказал экспериментально, что в химических превращениях масса никогда *не создается и не уничтожается*, а лишь переходит от одного вещества к другому. Дату экспериментального подтверждения этого фундаментального теоретического положения можно точно отнести к 1789 г. *Закон сохранения массы* стал краеугольным камнем всей химии XIX в. Строгое экспериментальное подтверждение этого закона, подкрепленное авторитетом великого французского ученого, оказало влияние на дальнейшее развитие не только химии, но и всего научного естествознания.



Луи Бернар Гитон де Морво  
(1737–1816)

Еще один аспект переворота в химии конца XVIII в. связан с получением в работах Лавуазье и его последователей экспериментального обоснования закона сохранения элементов и закона сохранения массы в химических реакциях. В дальнейшем эти законы явились основой при составлении химических уравнений (см. гл. 8, п. 8.10). А. Л. Лавуазье писал: «Можно положить в виде принципа, что во всякой операции количество материи одинаково до и после операции, что качество и количества начал (элементов) остаются теми же самыми, что происходят только превращения, изменения. На этом принципе основано все искусство делать опыты в химии: необходимо предполагать существование равенства или уравнения между началами (элементами) исследуемых тел и получаемыми из последних посредством анализа»\*.

Работы Лавуазье были настолько результативными, что привлекли к себе внимание трех наиболее известных химиков Франции: *Гитона де Морво*, *Клода Луи Бертолле* (см. гл. 8, п. 8.3) и *Антуана Франсуа Фуркруа*. В середине 1786 г. они объединились с Лавуазье для изучения проекта новой рациональной номенклатуры и плана реформы химии, насущную необходимость которой все они хорошо понимали. Результаты их совместного труда по созданию логической системы химической номенклатуры увидели свет в 1787 г.

Реформа химической номенклатуры, проведенная под руководством Лавуазье, принесла существенные плоды. С этого момента химия пе-



Антуан Франсуа Фуркруа  
(1755–1809)

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 41.

рестала путаться в названиях веществ времен алхимии, когда каждый исследователь, используя свою собственную систему, мог поставить коллег в тупик. До создания рациональной номенклатуры вещества называли по месту происхождения (например, масло голландских химиков, берлинская лазурь), по характерным признакам – цвету, вкусу, запаху (красная кровяная соль, горькая соль), но особенно часто – по имени ученых, впервые получивших это соединение (глауберова соль, бертолетова соль). На смену этому пришла номенклатура, основанная на логических принципах. Названия соединений, предложенные этой номенклатурой, позволяли определять их *химическую функцию* и *качественный* состав, т.е. установить те элементы, из которых они состоят. В новой номенклатуре каждое вещество рассматривали с точки зрения его *общих* (например, кислота) и *конкретных* (например, серная кислота) свойств, устанавливаемых на основе экспериментальных данных о его элементном составе. Для того чтобы судить о *количественных соотношениях* входящих в состав вещества элементов, была разработана четкая система приставок и суффиксов. Разработанные Лавуазье и его коллегами принципы номенклатуры химических соединений во многом сохранились и до сегодняшнего дня. Например, диоксид углерода (углекислый газ –  $\text{CO}_2$ ) содержит больше кислорода, чем монооксид углерода (угарный газ –  $\text{CO}$ ). Содержание кислорода максимально в *перхлорате* калия и падает при переходе к *хлорату* и *хлориту* калия, в то время как *хлорид* калия совсем не содержит кислорода.

Успехи А. Л. Лавуазье были весьма впечатляющими. В своих работах он получил такие результаты, которые привели к изменению фундаментальных концепций химии. Поэтому и другие ученые взяли на вооружение его количественный подход к проведению химических исследований. Во Франции дело А. Л. Лавуазье в той или иной мере было продолжено представителями «новой школы», наиболее известными среди которых были А. Ф. Фуркруа, Л. Н. Воклен и К. Л. Бертолле.

Могучий интеллект и жизненную энергию А. Л. Лавуазье направлял не только на создание фундаментальных теоретических основ естествознания, но и на развитие прикладной химии. Являясь одним из руководителей Управления порохов и селитр, он способствовал совершенствованию технологии этого стратегического материала: к 1788 г. объемы его производства увеличились более чем в два раза (с 1600 до 3700 тыс. фунтов в год), а качество существенно улучшилось\*. Лавуазье организовал экспедицию для отыскания селитряных местонахождений, вел исследования, направленные на совершенствование методов очистки и анализа селитры. Способы очистки селитры, разработанные А. Л. Лавуазье и А. Боме, дошли и до нашего времени. По инициативе Лавуазье, в 1773 г. Парижская академия наук назначила премию за лучшее исследование, касающееся способа наиболее выгодного производства селитры, причем программа работы была детально продумана самим французским ученым. Лавуазье широко пропагандировал способ отбеливания тканей хлором, открытый К. Л. Бертолле, а также неустанно занимался популяризацией химических знаний. Будучи прекрасным экспериментатором, он

\* См.: Donovan A. Op. cit. – P. 123.

устраивал публичные демонстрации опытов не только в своей лаборатории, но и во многих общественных местах, причем приглашал на эти демонстрации не только специалистов-химиков, но и непосвященную публику, пробуждая таким образом интерес к науке у широкого круга людей. Одновременно Лавуазье принимал активное участие в работе Комиссии по разработке метрической системы мер и весов.

Кипучая энергия великого французского ученого проявлялась и в его разносторонней общественной деятельности. Все отчеты А. Л. Лавуазье обнаруживали его необыкновенную способность смотреть в корень проблемы, носили печать ясного, дисциплинированного и уравновешенного ума. Биографы французского ученого свидетельствуют о его благородной натуре; в своей общественной деятельности он опирался на гуманные принципы и представления об общем благе. Это, в частности, проявилось в исследовании тюрем, предпринятом Лавуазье по поручению академии, а также в его деятельности, направленной на улучшение положения простых земледельцев. Ученый настаивал на необходимости устроить около Парижа опытное поле для агрономических экспериментов; сочинял провинциальным собраниям инструкции, касающиеся самых разнообразных сельскохозяйственных вопросов.

Занимаясь только научными исследованиями, Лавуазье не мог обеспечить достойного существования своей семье. По этой причине он стал генеральным откупщиком – чиновником, владеющим правом взыскивать государственные налоги с населения. Во времена Великой французской революции по декрету от 24 ноября 1793 г., как и многие другие откупщики, Лавуазье был арестован и предан суду якобинского трибунала. Вместо того чтобы бежать за границу, он отдался в руки властей в тщетной надежде на то, что его выдающиеся научные и общественные заслуги перед отечеством найдут признание у Конвента.

Многие историки науки обвиняют коллег великого французского ученого (и в первую очередь Морво, Фуркруа, Бертолле и Лапласа, которые состояли в дружеских отношениях с самыми видными революционерами и даже посещали заседания Якобинского клуба) в том, что они не приняли должного участия в судьбе Лавуазье. Только математик Жан Шарль Борда и кристаллограф аббат Рене Жюст Гаюи осмелились направить в Комитет общественной безопасности петицию в защиту человека, чьи заслуги перед наукой были столь высоки\*. Однако несмотря на это 8 мая 1794 г. выдающийся ученый был казнен на гильотине как явный враг и грабитель французского народа. Лавуазье проявил стойкость перед лицом обрушившихся на него несчастий и достойно встретил свою смерть, доказав, что он был не только великим ученым, но и мужественным человеком. Выдающийся математик Жозеф Луи Лагранж с нескрываемой горечью сказал о казни Лавуазье: «Понадобился лишь один момент, чтобы отрубить голову, подобную которой, может быть, не найти и в течение ста лет»\*\*.

А. Л. Лавуазье прожил короткую, но удивительно яркую творческую жизнь. В историографической литературе можно встретить различные точки зрения на его

\* См.: Grey V. Op. cit. – P. 259.

\*\* Кукушкин Ю. Н., Дремов А. В. Указ. соч. – С. 125.



вклад в науку. Соотечественники ученого высказываются о нем исключительно в восторженных тонах (один из его биографов – Э. Гримо писал: «Вся современная наука есть только развитие трудов Лавуазье»<sup>\*</sup>). С другой стороны, в работах немецких историков можно увидеть стремление несколько преуменьшить его роль, оспаривая приоритет установления качественного состава воды.

А. Л. Лавуазье является создателем первой *подлинно научной фундаментальной теоретической концепции* в химии, определившей направление последующих исследований. Ф. Энгельс писал, что великий французский ученый «впервые поставил на ноги всю химию, которая в своей флогистонной форме стояла на голове»<sup>\*\*</sup>. Лавуазье направил химию на путь открытия и изучения истинных химических элементов, при взаимодействии которых образуется бесконечное разнообразие природных и созданных в лаборатории химических соединений.

Благодаря трудам Лавуазье, химия во Франции раньше, чем в других странах, освободилась от тормозившей ее развитие флогистонной теории, стала лидировать в химических исследованиях и сохраняла это положение в течение первой половины XIX в. Несмотря на преждевременную трагическую кончину великого ученого, влияние антифлогистонной кислородной теории распространялось и в других странах Европы. В Англии антифлогистонную систему поддерживали *Джозеф Блэк, Уильям Хиггинс* (см. гл. 8, п. 8.4), а в Германии – *Мартин Генрих Клапрот, Христиан Гиртanner и Сигизмунд Фридрих Гермбштедт*. В Германии считалось очень патристичным придерживаться теории флогистона, поскольку ее автор Г. Э. Шталь был немцем. Поэтому выступление М. Г. Клапрота и других немецких ученых в поддержку теории Лавуазье лишний раз подчеркивает чрезвычайную актуальность открытий, сделанных великим французским химиком.

Одной из наиболее важных заслуг А. Л. Лавуазье перед химией является разработка метода точных количественных измерений как основного критерия истинности научного знания. Систему Лавуазье отмечают логическая стройность и единство. Лавуазье внес в химию тот метод строгой критики и отчетливого анализа явлений, который до него уже оказался столь плодотворным в других областях точного знания: в механике, физике, астрономии. Лишь признав *необходимость точных доказательств* для подтверждения истинности теоретических концепций, химия превратилась в *современную науку*. В этом отношении исследования Лавуазье составляют важное звено в цепи научных изысканий, которые ставили целью открытие законов, управляющих явлениями природы. Имя А. Л. Лавуазье стоит в одном ряду с именами основоположников научной методологии современного естествознания, каковыми являются Г. Галилей, И. Ньютон и И. Кеплер.

Не будет большим преувеличением сказать, что работы А. Л. Лавуазье следует рассматривать как начало *революции в химии*, которая закончилась созданием атомистической теории Джона Дальтона, молекулярного учения Амедео Авогадро и формированием нового научного химического мировоззрения.

<sup>\*</sup> См.: *Джуа М.* Указ. соч. – С. 139.

<sup>\*\*</sup> *Маркс К., Энгельс Ф.* Соч.– Изд. 2-е. – Т. 24. – С. 20.

## 6.8. Краткие биографические данные ученых

**ГАЛИЛЕЙ (Galilei) Галилео** (1564–1642), итальянский ученый, один из основателей точного естествознания. Боролся против схоластики, считал основой познания опыт. Заложил основы современной механики: выдвинул идею об относительности движения, установил законы инерции, свободного падения и движения тел по наклонной плоскости, сложения движений; открыл изохронность колебаний маятника; первым исследовал прочность балок. Построил телескоп с 32-кратным увеличением и открыл горы на Луне, 4 спутника Юпитера, фазы у Венеры, пятна на Солнце. Активно защищал гелиоцентрическую систему мира, за что был подвергнут суду инквизиции (1633), вынудившей его отречься от учения Н. Коперника. До конца жизни Галилей считался «узником инквизиции» и принужден был жить на своей вилле Арчетри близ Флоренции. В 1992 г. папа Иоанн Павел II объявил решение суда инквизиции ошибочным и реабилитировал Галилея.

**НЬЮТОН (Newton) Исаак** (1643–1727), английский математик, механик, астроном и физик. Создатель классической механики, член (1672) и президент (с 1703) Лондонского королевского общества. Фундаментальные труды: «Математические начала натуральной философии» (1687) и «Оптика» (1704). Разработал (независимо от Г. Лейбница) дифференциальное и интегральное исчисления. Открыл дисперсию света, хроматическую аберрацию, исследовал интерференцию и дифракцию, развивал корпускулярную теорию света, высказал гипотезу, сочетающую корпускулярные и волновые представления. Построил зеркальный телескоп. Сформулировал основные законы классической механики. Открыл закон всемирного тяготения. Создал теорию движения небесных тел, сформулировал основы небесной механики. Пространство и время считал абсолютными. Работы Ньютона намного опередили общий научный уровень его времени и были мало понятны современникам. Помимо научной деятельности наладил монетное дело в Англии, был директором Монетного двора. Теологические труды посвятил толкованию библейских пророчеств (большая часть не опубликованы).

**ТОРРИЧЕЛЛИ (Torricelli) Эванджелиста** (1608–1647), итальянский физик и математик, ученик Г. Галилея. Изобрел ртутный барометр, открыл существование атмосферного давления и вакуума (торричеллиева пустота). Вывел формулу, которая была названа его именем.

**ГЕРИКЕ (Guericke) Отто фон** (1602–1686), немецкий физик. Изобрел (ок. 1650) воздушный насос и осуществил с ним ряд опытов (в том числе опыт с «магдебургскими полушариями») для доказательства существования атмосферного давления. Построил электрическую машину, обнаружил электрическое отталкивание.

**БОЙЛЬ (Boyle) Роберт** (1627–1691), английский химик и физик. Один из учредителей Лондонского королевского научного общества. Ввел в химию экспериментальный метод, положил начало химическому анализу (ввел сам термин «химический анализ» (1654)). Способствовал становлению химии как науки. Установил (1662) один из газовых законов (закон Бойля – Мариотта). Его исследования положили начало новой химической науке. Был великолепным экспериментатором и неутомимым наблюдателем, что позволило ему сделать открытия в различных областях химии. Круг его интересов был очень широк. Систематизируя многочисленные цветные реакции и реакции осаждения, положил начало развитию аналитической химии. Многие из описанных им реакций до сих пор используются в качественном анализе для определения того или иного вещества. На протяжении практически всей научной деятельности внимание Бойля привлекал процесс горения. Ученый обнаружил, что при обжиге металлов зола всегда была тяжелее взятого металла. Бойль

сделал ряд открытий, но так и не смог дать правильного объяснения горению, поскольку, подобно многим ученым того времени, считал, что в огне содержится особый элемент «теплород». Он доказал, что при дыхании и при горении расходуется только часть воздуха. Занимался изучением фосфора. Впервые синтезировал фосфорную кислоту, газ фосфин и описал их свойства. Разрабатывая лучшие методы получения фосфора, он в 1680 г. получил белый фосфор, который долгое время называли фосфором Бойля. Внес огромный вклад в развитие теоретических основ химической науки. Предпринял попытку систематизировать химические вещества, разделить на группы в соответствии с их свойствами. В книге «Химик-скептик» (1661) развил свои идеи о химических элементах, изложил основы корпускулярной теории строения вещества применительно к химии. Бойль критиковал учение Аристотеля и алхимиков и пытался объяснить превращения химических веществ на основе корпусулистских представлений. Многие из его учеников и помощников стали впоследствии известными учеными.

**МАРИОТТ (Mariotte) Эдм** (1620–1684), французский физик. Первым описал слепое пятно на сетчатке глаза. Автор одного из газовых законов (закон Бойля–Мариотта) (1676). Исследовал движение жидкостей, дифракцию света и др.

**ГУК (Hooke) Роберт** (1635–1703), английский естествоиспытатель, разносторонний ученый и экспериментатор, архитектор. Открыл закон, названный его именем (1660). Высказал гипотезу тяготения. Сторонник волновой теории света. Улучшил и изобрел многие приборы, установил (совместно с Х. Гюйгенсом) постоянные точки термометра. Усовершенствовал микроскоп и установил клеточное строение тканей, ввел термин «клетка».

**МЭЙОУ (Mayow) Джон** (1641–1679), английский химик, врач и физиолог. Один из представителей пневматической химии. В 1659 г. поступил в Оксфордский университет на факультет права. Бакалавр (1665) и доктор права (1670). В качестве основной профессии выбрал медицину и естествознание. Имел медицинскую практику в Бате. В 1668 г. издал трактат, посвященный изучению процесса дыхания. Продолжал эксперименты Р. Бойля, направленные на изучение процесса горения. Установил, что горение поддерживает лишь некоторая часть воздуха, которую он называл «spiritus igneo-aereus» или «nitro-aereus». По предложению Р. Гука в 1678 г. был избран членом Королевского научного общества.

**ЛЕМЕРИ Николя** (1645–1715), французский химик. Активный противник алхимии. Был блестящим преподавателем и популяризатором химии. Его книга «Курс химии» (1675), получившая признание благодаря ясному и логичному изложению основных понятий, при жизни автора выдержала 10 изданий. Труды Н. Лемери способствовали развитию фармации и распространению химических знаний.

**БЕХЕР (Becher) Иоганн Иохим** (1635–1682), немецкий химик и врач. Считается предшественником создателей первой химической теории – теории флогистона. Служил при дворах многих немецких князей. В области химии прославился своей книгой «Подземная физика» (1669). Модернизировал учение Парацельса о трех принципах и представил свою теорию о трех «землях» или трех видах первоматерии, которые возникают из одной первичной «земли». Одна из этих субстанций – «жирная земля» или «горючая земля» (*terra pinguis*) – по смыслу в чем-то соответствует алхимическому принципу сере, однако не совсем идентична ей по своим свойствам. Согласно представлениям Бехера, «жирная земля» содержится во всех горючих веществах или телах, способных к окислению, и выделяется в процессе горения. Наблюдал при действии серной кислоты на винный спирт выделение горючего газа (этилена) (1669).

**ВАТТ (Watt) Джеймс** (1736–1819), английский изобретатель, создатель универсального теплового двигателя. Изобрел (1774–1784) паровую машину с цилиндром двойного дейст-

вия, в которой применил центробежный регулятор, передачу от штока цилиндра к балансиру с параллелограммом и др. (патент 1784 г.). Машина Уатта сыграла большую роль в переходе к машинному производству.

**МАКЕР (Macquer) Пьер Жозеф** (1718–1784), французский химик. Активный сторонник теории флогистона. Наиболее известной книгой является «Химический словарь» («Dictionnaire chymie»), опубликованный в 1766 г. Занимался практической химией – изучал лекарственные препараты. Развивал во Франции производство фарфора. Противодействовал антифлогистонной теории А. Л. Лавуазье.

**БУРГАВЕ (Бурхаве) (Boerhaave) Герман** (1668–1738), нидерландский врач, ботаник и химик. Основатель так называемой лейденской медицинской школы, первой научной клиники. Пытался связать анатомию и физиологию с практическим опытом. Автор руководства «Основания химии» (Т. 1–2, 1732).

**БЛЭК Джозеф** (1728–1799), шотландский химик и физик. Иностранный почетный член Петербургской АН (1783). Открыл диоксид углерода (1754). Установил существование скрытых теплот плавления и парообразования (1757). Ввел понятие теплоемкости (1760). После опубликования работ А. Л. Лавуазье способствовал дискредитации теории флогистона.

**КАВЕНДИШ (Cavendish) Генри** (1731–1810), английский физик и химик. Исследовал свойства многих газов, получил водород и углекислый газ (1766), определил состав воздуха (1781) и химический состав воды (1784). С помощью изобретенных им крутильных весов подтвердил закон всемирного тяготения. Определил массу Земли (1798). Установил закон взаимодействия электрических зарядов (опубликован в 1879). Экспериментально исследовал электрические и тепловые явления.

**ПРИСТЛИ (Priestley) Джозеф** (1733–1804), английский химик, философ, сторонник деизма. В 1794 г., преследуемый реакционными кругами, эмигрировал в США. Иностранный почетный член Петербургской АН (1780). В сочинении «Исследования о материи и духе» (1777) утверждал, что природа материальна, дух – свойство материи. Развивал учение Д. Гартли об ассоциациях. Открыл кислород (1774). Получил хлористый водород и аммиак (1772–1774). Показал, что зеленые растения «исправляют» воздух, испорченный дыханием. Отстаивал теорию флогистона.

**ШЕЕЛЕ (Scheele) Карл Вильгельм** (1742–1786), шведский химик, член Королевской АН Швеции. По профессии аптекарь, работал в Гетеборге. Был прекрасным экспериментатором. Его работы охватывают многие разделы химии. Первым получил кислород, но результаты исследований опубликовал после Дж. Пристли; впервые получил многие неорганические и органические соединения, в том числе хлор (1774), глицерин, синильную кислоту (1782), ряд органических кислот. Был сторонником теории флогистона.

**РЕЗЕРФОРД Даниель** (1749–1819), шотландский химик, ботаник и врач. Окончил Эдинбургский университет (д-р медицины, 1777). Работал практикующим врачом. С 1786 г. профессор Королевского ботанического сада в Эдинбурге. В историю химии вошел как первооткрыватель азота.

**РЕЙ (Rey) Жан** (1583–1645), французский врач и химик. Родился в г. Ле Бюгье. Изучал медицину в университете Монпелье. Был практикующим врачом в своем родном городе. Состоял в переписке с Р. Декартом. Проявлял интерес к исследованиям в области химии. Установил, что масса свинца и олова увеличивается при прокаливании. Увеличение массы металлов пытался объяснить их взаимодействием с воздухом. Высказывал предположение, что воздух проникает в металлы и связывается с ними. Одним из первых утверждал, что воздух имеет массу. Разработал устройство («термоскоп»), которое послужило прообразом термометра.

**ЖОФФРУА (Geoffroy) Этьен Франсуа** (1672–1731), французский физик и химик. Член Парижской АН с 1699 г. Родился в Париже, получил образование в Фармацевтической школе и университете Монпелье. В течение ряда лет был практикующим врачом. В 1707–1709 гг. был профессором химии в Королевском Ботаническом саду, с 1709 г. – профессор фармации и медицины в Коллеж де Франс. Основные исследования Жоффруа проводил в области общей и неорганической химии. Выдвинул первые представления о количественной оценке химического сродства. Составил таблицы веществ по их взаимному сродству (1718). Участвовал в полемике, направленной против алхимии. Описал методы синтеза некоторых солей и разработал основы титриметрического метода волюмометрического анализа.

**БРАНДТ (Brandt) Георг** (1694–1768), шведский химик и минералог. Руководил химической лабораторией в Совете рудников Швеции. С 1730 г. начальник Королевского монетного двора. Основные труды по изучению мышьяка и его соединений. Открыл кобальт (1735) и изучил его свойства.

**КРОНСТЕДТ (Кронштедт) (Cronstedt) Аксель Фредрик** (1722–1765), шведский минералог и химик. Член Королевской АН Швеции. Основные исследования посвящены анализу состава природных неорганических веществ. Первым положил в основу классификации минералов их химический состав. Открыл никель (1751).

**ГАН (Gahn) Юхан Готлиб** (1745–1818), шведский минералог и химик. В 1770–1784 гг. директор медеплавильного завода в Фалуне. Основные исследования в области минералогии и неорганической химии. Описал многие минералы Швеции и провел анализ их химического состава. В 1774 г. при исследовании минерала пиролюзита получил металлический марганец, изучил его свойства. Известен также своей педагогической деятельностью.

**ЛАВУАЗЬЕ (Lavoisier) Антуан Лоран** (1743–1794), французский химик, один из основоположников современной химии. Был одним из управляющих Департамента порохов и селитр. Систематически применял в химических исследованиях количественные методы. Выяснил роль кислорода в процессах горения, окисления и дыхания (1772–1777), чем опроверг теорию флогистона. Создал кислородную теорию горения и строения химических соединений. Сформулировал экспериментально-релятивистское определение понятия «химический элемент». Один из основателей термохимии (закон Лавуазье–Лапласа). Экспериментально доказал закон сохранения массы. Руководил разработкой новой химической номенклатуры (1786–1787). Автор классического курса «Элементарный курс химии» (1789). В 1768–1791 гг. генеральный откупщик; во время Великой французской революции по суду революционного трибунала в числе других откупщиков приговорен к смертной казни. Гильотинирован 8 мая 1794 г.

**РУЭЛЬ (Rouelle) Гийом Франсуа** (1703–1770), французский химик и аптекарь. Научная деятельность Г. Ф. Руэля была направлена на разработку теоретических вопросов химии. В 1754 г. ввел в химию понятие *основания* как вещества, которое реагирует с кислотой с образованием соли. Обогастил теоретическую химию точным определением понятия «соли» как продукта взаимодействия между кислотой и основанием. С 1738 г. занимался преподавательской деятельностью. Среди учеников Г. Ф. Руэля были А. Л. Лавуазье и Ж. Пруст.

**ЛАПЛАС (Laplace) Пьер Симон** (1749–1827), французский астроном, математик, физик, иностранный почетный член Петербургской АН (1802). Автор классических трудов по теории вероятностей и небесной механике (динамика Солнечной системы в целом и ее устойчивость и др.): «Аналитическая теория вероятностей» (1812) и «Трактат о небесной механике» (Т. 1–5, 1798–1825); труды по дифференциальным уравнениям, математической физике, теории капиллярности, теплоте, акустике, геодезии и др. Предложил

космогоническую гипотезу (гипотеза Лапласа) (1796). Классический представитель механистического детерминизма.

**МОРВО Луи Бернар Гитонде** (1737–1816). Был судьей, затем посвятил себя химии. Первым выдвинул идею о номенклатуре и на этой почве стал сотрудничать с А. Л. Лавуазье.

**БЕРТОЛЛЕ (Berthollet) Клод Луи** (1748–1822), французский химик. С 1780 г. член Парижской академии наук. Основатель учения о химическом равновесии. Занимался изучением естественных наук и организацией химических и металлургических производств. С 1794 г. профессор Высшей нормальной и Политехнической школ в Париже. В 1798–1799 гг. научный консультант Наполеона Бонапарта во время Египетского похода. Одним из первых поддержал антифлогистическое учение А. Лавуазье. Разработал (совместно с Лавуазье и др.) новую химическую номенклатуру. В отличие от Ж. Пруста считал состав химических соединений переменным. Установил состав аммиака, природного газа, синильной кислоты, сероводорода. Открыл хлорат калия (1785), названный позднее бертолетовой солью.

**ФУРКРУА (Fourcroy) Антуан Франсуа** (1755–1809), французский химик и политический деятель. Иностранный почетный член Петербургской АН (1802). Разработал (совместно с А. Лавуазье и др.) новую химическую номенклатуру. Содействовал распространению антифлогистических воззрений в химии. Член национального Конвента в 1793 г. В 1801–1808 гг. министр просвещения Франции.

**БОРДА (Borda) Жан Шарль** (1733–1799), французский физик и геодезист. Определил длину секундного маятника в Париже (1792). Труды по гидравлике.

**ГАЮИ (Аюи) Рене Жюст** (1743–1822), французский кристаллограф и минералог, иностранный почетный член Петербургской АН (1806). Открыл один из основных законов кристаллографии (закон Гаюи).

**ЛАГРАНЖ (Lagrange) Жозеф Луи** (1736–1813), французский математик и механик, иностранный почетный член Петербургской АН (1776). Труды по вариационному исчислению, где им разработаны основные понятия и методы, математическому анализу, теории чисел, алгебре, дифференциальным уравнениям. В трактате «Аналитическая механика» (1788) в основу статики положил принцип возможных перемещений, в основу динамики – сочетание этого принципа с принципом Д'Аламбера (принцип Д'Аламбера – Лагранжа), придал уравнениям движения формулу, названную его именем.

**БОМЕ (Baume) Антуан** (1728–1804), французский химик, фармацевт и технолог. Изобрел ареометр (1708), названный его именем. Организовал производство нашатыря (хлорида аммония) (1770). Внес усовершенствования в производство фарфора. В книгах «Элементы теоретической и практической фармации» (1762) и «Экспериментальная и систематическая химия» (Т. 1–3, 1773) обстоятельно изложены сведения по химии конца XVIII в. с позиции теории флогистона.

**КЛАПРОТ (Klaproth) Мартин Генрих** (1743–1817), немецкий химик. Иностранный почетный член Петербургской АН (1805). Труды по неорганической и органической химии. Открыл уран и цирконий (1789), титан (1795). Повторил в 1792 г. на заседании Берлинской АН опыты А. Лавуазье, чем способствовал признанию его воззрений в Германии. Открыл явление полиморфизма (1798), установив, что минералы кальцит и арагонит имеют одинаковый химический состав –  $\text{CaCO}_3$ .

**ШАПТАЛЬ ДЕ ШАНТЕЛУ (Chaptal de Chanteloup) Жан Антуан Клод** (1756–1832), французский химик и государственный деятель. Иностранный почетный член Петербургской АН (1820). Труды по прикладной химии. Разработал способы получения соды из поваренной соли, производства серной кислоты.

## ГЛАВА 7

# ВЕЩЕСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТОРЫХ ОПРЕДЕЛИЛО ПУТИ РАЗВИТИЯ ЦИВИЛИЗАЦИИ

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

*Дж. Д. Бернал*

Сведения о развитии у народов Древнего мира ремесел, непосредственно связанных с химией, о возникновении технологий материалов, которые сыграли главную роль в развитии человеческой цивилизации можно почерпнуть из целого ряда сохранившихся до нашего времени оригинальных источников: это, прежде всего, древнеегипетские папирусы, а также труды античных греческих и римских ученых и врачей (см. гл. 2, пп. 2.1–2.6). На основании анализа содержания этих источников можно проследить становление химических ремесел с древнейших времен вплоть до падения Римской империи.

Крушение античных цивилизаций и Великое переселение народов не только отбросило народы Западной Европы в их экономическом и политическом развитии на много веков назад, но и практически на тысячелетие замедлило все эволюционные процессы. Нашествие варварских племен привело к фатальному уничтожению культурных и научных традиций античного мира, к утрате многих практических знаний, связанных с химическими ремеслами. Из бесценного опыта древних цивилизаций завоеватели приняли лишь то, что было доступно их миропониманию, поэтому технологии получения многих химических веществ оказались утраченными и были восстановлены лишь несколько сотен лет спустя.

Единственным местом, где сохранились (хотя и в измененном виде) ценности античной науки и культуры, оставалась Византийская империя. Однако ее влияние на развитие народов Западной Европы в период раннего Средневековья было весьма и весьма ограниченным. Именно этот период в европейской истории ученые называют «темными веками» еще и потому, что количество письменных источников, на основании которых можно судить об уровне развития общества, чрезвычайно мало. Исчерпывающих и надежных сведений о развитии химических ремесел того периода, к сожалению, нет, так как в сохранившихся до нашего времени источниках немало пробелов, а манускрипты, написанные арабскими и сирийскими алхимиками, почти не поддаются расшифровке\*.

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 128.

Однако несмотря на многие политические потрясения, связанные с Великим переселением народов, и практически непрерывные малые и большие вооруженные конфликты, в период раннего Средневековья европейцы сумели сохранить некоторые ремесленные традиции своих предшественников. Правда, в эпоху натурального хозяйства число мастеров, владеющих секретами получения жизненно важных материалов, было достаточно невелико. Их бесценный практический опыт ученики и подмастерья перенимали годами, стремясь уяснить, воспроизвести или скопировать познания и навыки учителя. Именно поэтому в Средние века сложился рецептурный характер передачи накопленного опыта, что, в свою очередь, не противоречило сложившемуся в то время схоластическому подходу в образовании и науке.

Как и в античные времена, средневековые ремесленники добывали и обрабатывали металлы, производили краски и мыла, изделия из стекла и глины, косметические и парфюмерные снадобья, мази, медикаменты, яды, деготь и многие другие «химические» товары. С развитием городов и переходом от натурального хозяйства к товарно-денежным отношениям ассортимент производимых ремесленниками веществ становился все разнообразнее, совершенствовались и способы их получения. Тем не менее развитие химического производства в этот период происходило довольно медленно. Лишь в начале XIII в. можно отметить резкую интенсификацию процесса накопления новых химических знаний. Импульсом в этом процессе послужило открытие новых веществ и технологий их производства: пороха, этилового спирта и важнейших неорганических кислот. В эпоху Возрождения химические ремесла получили новые стимулы для развития. Следует отметить, что этот период накопления опыта и знаний в области химии был значительно короче и завершился новой кульминационной фазой – промышленной революцией, начавшейся в середине XVIII в.

## 7.1. Преумножение традиций и развитие новых методов

### 7.1.1. Черная металлургия

Определенная доля химических ремесел, известных с античных времен, сохранилась и даже развивалась в эпоху Средневековья. Одной из таких технологий, получивших дальнейшее развитие даже в период «темных веков» является получение металлов. Как и в последующие времена, основным продуктом средневековой металлургии оставалось производство черных металлов. Сплавы на основе железа (сталь и чугун) были необходимы для производства различных видов оружия, доспехов и сельскохозяйственных орудий. Хотя к концу Средневековья объемы производства металлов несколько выросли, а качество продукции в определенной степени улучшилось, основные методы превращений, используемых в металлургии, изменились очень незначительно.

На протяжении почти трех тысячелетий металлургия железа не претерпела принципиальных изменений. Это наглядно подтверждает сравнительный анализ трудов по металлургии, которые появились в XVI в., с аналогичными работами



античных авторов или сочинений ученых раннего Средневековья. К концу X в. и особенно в следующем столетии появляется несколько трактатов, посвященных металлургии и горному делу\*. Наибольшего внимания заслуживает манускрипт «Указатель различных искусств», принадлежащий бенедиктинскому пресвитеру Теофилу, жившему во второй половине XI в.

Сведения, содержащиеся в книгах ученых-химиков XVI в. В. Бирингуччо и Г. Бауэра (Агриколы) (см. гл. 5, п. 5.3, 5.4), не сильно отличались от технологических приемов мастеров Древнего мира, тем не менее в этих сочинениях уже содержатся описания некоторых практических методов, не известных античным металлургам. Следовательно, книги В. Бирингуччо и Г. Бауэра (Агриколы) являются уже оригинальными произведениями, а не систематизированным набором сведений из более ранних рукописей по металлургии и ремесленной химии.

Как упоминалось уже в гл. 2, основным способом получения железа в Средние века оставался *сыродутный процесс*\*\* – древнейшая технология производства этого металла, возникшая еще во II тыс. до н.э. (см. гл. 2, п. 2.3). В некоторых странах Европы этот метод просуществовал вплоть до начала XX в., а последние усовершенствования печей, в результате которого процесс получения сыродутного железа стал непрерывным, относится к концу XIX в. (Финляндия, Россия). Самый примитивный вариант этой технологии представлял собой получение крицы\*\*\* непосредственно из руды в сыродутных горнах, в качестве которых использовали ямы, футерованные огнеупорной глиной, или каменные очаги, которые функционировали на естественной тяге, для чего в нижней части устраивалась открытая фурма. После розжига слоя древесного угля на подине в горн сверху поочередно загружали железную руду и древесный уголь, при этом общее количество загружаемой руды не превышало 20 кг. Температура в рабочем пространстве горна (1100–1350 °С) была не достаточной для расплавления малоуглеродистого железа. Раскаленную крицу извлекали из горна и проковывали для уплотнения (сваривания) и частичного освобождения от шлака. Шлаки выпускали из горна по желобу в жидком виде. Такая технология позволяла получать *сыродутное* или *сварочное* железо (см. гл. 2, п. 2.3). Еще древние металлурги научились применять искусственное дутье с помощью мехов, что привело к интенсификации процесса выплавки сварного железа, а массу получаемой крицы удалось увеличить до 15–25 кг.

В раннем Средневековье наблюдалось своеобразное смешение металлургических традиций древнеримских мастеров с умениями и навыками ремесленни-

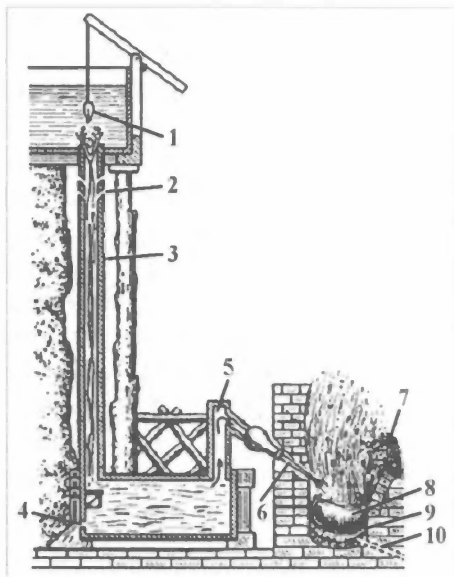
\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 52.

\*\* См.: Литин В. Н. Металлургия чугуна, железа и стали: В 2 т. – Л.: Металлургия. 1930. – Т. 2, ч. 1. – С. 25.

\*\*\* Крица – твердая губчатая масса железа (с низким содержанием углерода, серы, фосфора и кремния) со шлаковыми включениями, заполняющими поры и полости. Крица может быть получена либо непосредственно из руды при 1250–1350 °С (прямое получение железа), либо путем кричного передела чугуна.

ков языческих германских, англо-саксонских и кельтских племен. Как свидетельствуют историки, в эпоху «темных веков» в Англии на территории многих католических монастырей существовали металлургические и кузнечные мастерские\*. Дошедшая из XI в. до наших дней легенда рассказывает о случайной встрече святого Дунстана с дьяволом, закончившейся позорным бегством нечистой силы. Во время поединка монах отбивался раскаленными щипцами, которыми он пользовался, выплавляя металл в сыродутном горне.

Для повышения твердости изделий из сварочного железа его повторно нагревали в смеси с древесным углем, в результате чего поверхностные области крицы обогащались углеродом. Таким образом сварочное железо превращали в *ковкую сталь*. Качество оружия, сельскохозяйственных орудий и других изделий из ковкой стали в значительной степени зависело от мастерства кузнеца. На завершающей стадии совершенствования механических свойств стальных изделий (повышение твердости при сохранении пластичности) добивались различными приемами – быстрым охлаждением от температуры красного каления (закалкой) и медленным нагреванием (отпуском). Профессиональный опыт и умение кузнецов высоко ценились у многих народов. Хранители древнего ремесла сыграли немаловажную роль в эволюции человеческой цивилизации. В средневековой Европе было немало умелых кузнецов и оружейников, чье мастерство и сегодня способно вызвать неподдельное восхищение. Многие музеи мира хранят коллекции рыцарских доспехов, среди которых особой известностью пользуются латы, изготовленные миланскими мастерами. Качество клинков, выкованных оружейниками из испанского города Толедо, всегда высоко оценивали специалисты, изучающие средневековое холодное оружие.



*Каталонский горн с водяной воздуходувной трубой: 1 – клапан; 2 – отверстия для воздуха; 3 – труба; 4 – слив воды; 5 – дутье; 6 – фурма; 7 – руда и древесный уголь; 8 – крица; 9 – шлак; 10 – выпуск шлака*

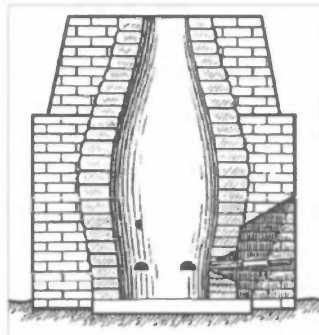


*Кузнецы за работой.  
Средневековая гравюра*

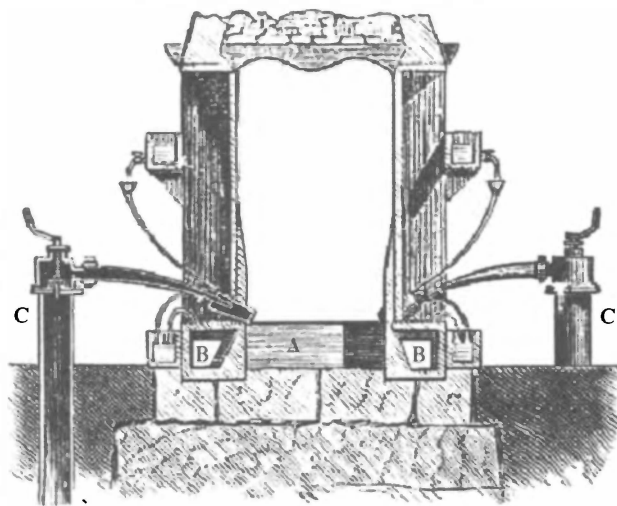
\* См.: Schubert H. R. History of the British Iron and Steel Industry. – London, 1957. – P. 25.

Основные усилия ремесленников в тот период были направлены на увеличение размеров горнов и повышение мощности дутья. В VIII в. металлурги северной Испании усовершенствовали сыродутный процесс и создали так называемый *каталонский горн* – печь высотой более одного метра, способную производить до 150 кг кричного железа за один процесс. Печи таких размеров требовали существенного увеличения размеров мехов. Чтобы привести их в действие, физической силы человека было явно недостаточно, поэтому стали использовать энергию падающей воды.

В середине XIV в. невиданная эпидемия чумы (Черная Смерть) унесла примерно одну треть населения Европы. Резкое сокращение рабочей силы поставило горнодобывающую промышленность почти на грань остановки. Чтобы не снижать производства железа, без которого не могло обойтись оружейное дело, металлурги были вынуждены увеличивать эффективность металлургических процессов\*. Именно



Домница (штюкофен).  
Германия. XV–XVI вв.



Печь, предназначенная для переработки чугуна:

А – плоская лещадь, выстланная песком, формовочной смесью или огнеупорной глиной;  
В – по периметру лещади проложены металлические трубки, через которые непрерывным потоком поступает вода, чтобы предохранить от подплавания; С – дутьевая фурма. Рисунок XVIII в.

в этот период французские и немецкие ремесленники осуществили дальнейшее усовершенствование каталонского горна, увеличив его размеры до 5 м высотой, что обеспечило выход кричного железа до 350 кг. В этом случае для приведения мехов в действие применяли уже водяное колесо. В результате горны превратились в небольшие шахтные печи для производства сыродутного железа – *домницы* – немецкие штюкофены. Увеличение массы и размеров образующейся крицы привело к тому, что для ее проковки стали использовать большие молоты, которые приводили в движение с помощью водяного колеса.

\* Gregory C. E. A Concise History of Mining (Revised Edition). – New York: A. A. Balkema Publishers, 2001. – P. 44.

По мере усовершенствования способов дутья и увеличения высоты горна температура процесса повышалась. Она достигла таких значений, при которых стал возможен процесс *науглероживания* железа, в результате которого получался чугун (точнее, *передельный чугун*). По сравнению с крицей чугун был более твердым, поэтому его нельзя было ковать. Этот сравнительно хрупкий продукт сначала считали отходом производства. Несмотря на то что технология изготовления чугуна была известна еще в древнем мире в VI–V вв. до н.э. (см. гл. 2, п. 2.3), по всей видимости, она была на некоторое время утрачена в эпоху «темных веков» раннего Средневековья, поскольку европейские народы еще не могли найти ей применение.

Позже было замечено, что при загрузке в горн не железной руды, а чугуна также получается низкоуглеродистая железная крица, причем такой двустадийный процесс (*кричный передел*) оказался более выгодным, чем сыродутный, поскольку практический выход сварного железа существенно увеличился. В XII–XIII вв. технология кричного передела получила широкое распространение в странах Западной Европы.

Начиная с XI в., в Западной Европе стали формироваться основные промышленные центры черной металлургии. Активную разработку рудных месторождений вели в Германии (Гарц, Нассау, Силезия) и Швеции (в провинциях к северу от Стокгольма).

С XIV в. чугун начали выплавлять не только как полупродукт для дальнейшего передела, но и как материал для *отливки* различных изделий – *технология литья*, известная еще античным металлургам, получила свое второе рождение в западноевропейских странах. Как считают специалисты, одна из самых первых домн была построена в шведском местечке Лапфитан в период с 1150–1350 гг.\* В 40-х гг. XIV в. домны появились в Германии (Рейнская долина) и Льеже (территория современной Бельгии). К 1409 г. первая домна была построена во Франции, а в 1496 г. по велению английского короля Генриха VII был создан центр черной металлургии в Ньюкасле\*\*. Стремительный рост объемов производства литейного чугуна был обусловлен появлением огнестрельного оружия, и в первую очередь пушек. С конца XIV в. чугун стали широко использовать для литья пушечных ядер, изготовления посуды и сооружения печей.



*Плавильные печи с передним горном (из книги Г. Бауэра (Агриколы) «О горном деле и металлургии»). Базель, 1556*

\* См.: Tylecote R. F. Op. cit.

\*\* См.: Aitchison L. A History of Metals. – New York: Interscience Publishers, Inc., 1960. – P. 58.



Чугунная кухонная посуда.

Рисунок XVII в.

Еще одним достижением стало создание более эффективных дренажных и вентиляционных систем, что позволило добывать руду в шахтах большой глубины. Все это привело к тому, что производство черных металлов с 1460 по 1530 гг. увеличилось практически в пять раз\*.

Несмотря на то что Великобритания позднее других европейских стран обратила свое внимание на развитие новых технологий в черной металлургии, упущенные возможности были с лихвой восполнены большими объемами финансирования, а также использованием опыта высококвалифицированных иностранных специалистов, которых приглашали английские монархи. В 1543 г. английский металлург *Уильям Леветт* и приглашенный королем Генрихом VIII французский мастер *Путер*

*Бодэ* создали первую в мире цельнолитую пушку из чугуна. В XVI–XVII вв. британские чугунные пушки по целому ряду параметров превосходили производимые в других европейских странах, а главное, их себестоимость была существенно ниже. По мнению специалистов, в разгроме испанской Великой армады в 1588 г. существенную роль сыграло более высокое качество британских корабельных орудий\*\*.

Росту производства чугуна способствовало также изобретение нового способа передела его в ковкую сталь (*кричного передела*). Технология кричного передела постепенно стала вытеснять прежние малопроизводительные способы на основе сыродутного процесса. При этой технологии в печах для обезуглероживания можно было снизить количество углерода и других примесей в чугуне до такого уровня, что материал поддавался ковке.

Кричный передел осуществлялся в горне, куда на слой горящего древесного угля над фурменной зоной помещали чугунные чушки. Переплавляя чугун в кричном горне, его рафинировали от примесей путем окисления их кислородом дутья и взаимодействием со специально загружаемым в горн железистым шлаком. Чугун плавился и, стекая по каплям вниз через окислительную фурменную зону, подвергался рафинированию. Получаемый продукт скапливался на поду горна, где благодаря окислительному воздействию железистого шлака подвергался дополнительно обезуглероживанию, образуя крицу массой 50–100 кг. Готовую крицу извлекали из горна и проковывали с целью уплотнения и выжимания шлака. Использование больших мехов с механическим приводом для подачи воздуха позволило увеличить размеры плавильных печей. Чтобы привести эти меха в действие, использовали водяные колеса. Домны высотой 5–6 метров с передним горном позволяли проводить непре-

\* См.: *Rice E. F., Jr. The Foundations of Early Modern Europe, 1460–1559.* – New York: W. W. Norton & Company, 1970. – P. 14.

\*\* См.: *Schubert H. R. Op. cit.* – P. 83.

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

На территории России производство железа известно с древнейших времен. Вначале для получения кричного железа применяли сыродутные горны. Примерно с IX в. для выплавки сварочного железа стали использовать наземные печи с дутьем ручными мехами. Интенсивное производство чугуна и ковкой стали развернули в 1632–1637 гг., когда близ Тулы был построен первый завод с доменной печью, выплавлявшей до 120 пудов металла в сутки\*. Следующий этап в развитии российской черной металлургии связан с именем Петра I. По его указам было создано несколько государственных («казенных») чугунолитейных заводов. В 1700 г. в России было выплавлено около 150 тыс. пудов чугуна. Увеличив за первую четверть XVIII в. его выплавку в 5 раз, Россия по производству черных металлов заняла первое место в мире и до начала XIX в. удерживала его.

Таким образом, в XV–XVI вв. появились две новые технологии – получение чугунного литья и производство ковкой стали посредством кричного передела. Двустадийный способ получения ковкой стали на основе кричного передела достаточно долго сохранял свое значение и послужил прообразом создания современных схем производства в черной металлургии.

К началу XVII в. можно отнести первые исследовательские работы по разработке научных основ материаловедения сплавов на основе железа. Чугун и ковкая сталь, производимые в это время в Англии, отличались более высоким качеством по сравнению с металлами, которые получали в континентальной Европе (за исключением Швеции). В 1619 г. голландский металлург Ян Андреус Моербек стал импортировать из Англии руду, которую добывали в районе Ньюкасла. Голландский мастер сопоставил результаты анализа качественного состава импортной руды и аналогичного сырья, добываемого в долине Рейна. Это сравнение показало, что в английской руде содержатся некоторые известковые минералы, которых не было в немецком сырье. Моербек усовершенствовал технологию получения чугуна, предложив использовать флюс на основе известняка. Введенное голландским мастером новшество позволило усовершенствовать процесс отделения шлака от слитка чугуна и заметно повысило качество производимого металла\*\*.

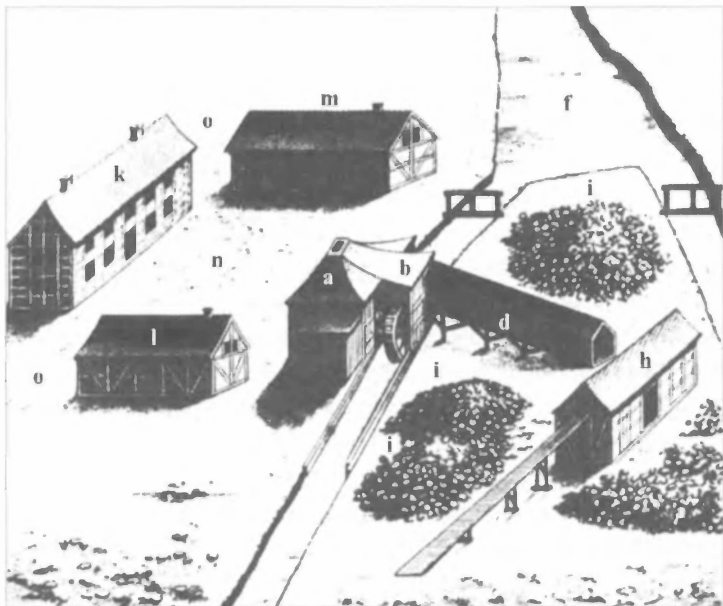


Выплавка металла  
в печах с большими  
воздушными мехами

\* См.: Липин В. Н. Указ. соч. – С. 134.

\*\* См.: Tylecote R. F. Op. cit.

Сооружение огромных по тем временам домен, снабженных механизированными мехами, требовало экономических и технических затрат, которые значительно превосходили возможности средневековых ремесленников. В начале XVII в. существовали различные формы производственных объединений – коллективные мастерские (товарищества), плавильные заводы, финансируемые правителями княжеств и государств, и, наконец, предприятия, созданные на основе частного капитала\*. Становление капиталистических



*Немецкий металлургический завод с относительно низкой доменной печью (середина XVIII в.): а – доменная печь; б – помещение для колошника доменной печи; с – домик, где размещены мехи для подачи воздуха; d – мост для подачи руды и угля к колошнику доменной печи; f – пруд; h – хранилище для угля; i – площадка для хранения руды; k – жилой дом; l – конюшня; m – пивная и помещение для отдыха; n – двор; o – подъездные пути*

производственных отношений способствовало появлению крупных предприятий, которые охотно воспринимали различные новшества, направленные на усовершенствование технологических процессов в металлургии железа и его сплавов.

В XVIII в. доля довольно крупных капиталистических металлургических заводов значительно возросла. Многие из них насчитывали 200 и более рабочих. Укрупнение металлургических заводов способствовало повсеместному распространению новых перспективных технологий в производстве черных металлов, изобретение которых можно считать одним из проявлений промышленной революции XVIII в. По данным Г. Фестера, в 1740 г. в Англии насчитывалось 59 доменных печей, а во Франции в 1789 г. было 202 домны. Их высота достигала от 7 до 20 метров. В 1780 г. в Гарце (Германия) непрерывно функционировали 22 домны и 35 горнов для получения ковкого железа. Данные о производстве чугуна и стали ведущими странами Европы в конце XVIII в. представлены в табл. 7.1.\*\*

\* Fester G. Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Großindustrie. – Berlin, 1923. – S. 63.

\*\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 132.

Т а б л и ц а 7.1

*Объем производства черных металлов ведущими странами Европы в конце XVIII в.*

Год	Объем производства черных металлов	Государство
1796	125000	Англия
1800	50000	Австро-Венгрия
1789	15000	Пруссия
1786	85000	Россия
1789	69000	Франция
1800	60000	Швеция

В Средние века в производстве стали существовала еще одна чрезвычайно интересная технология, которую разработали и практиковали арабские металлурги, но к сожалению, секреты изготовления знаменитой *дамасской стали*\* не сохранились. По всей видимости, оригинальные клинки из такой стали на протяжении X – первой половины XVIII в. изготавливали талантливые оружейники, жившие в Дамаске и его окрестностях. Дамасская сталь обладала удивительным сочетанием твердости и гибкости, которые обеспечивали превосходное качество изготавливаемого холодного оружия\*\*. Такие клинки сравнительно легко перерубали лезвия обычных мечей и даже камни. Крестоносцы, впервые познакомившись с дамасскими мечами, наделяли их поистине мистическими свойствами. Недавние исследования сохранившихся дамасских сабель, выполненные с использованием самых современных физико-химических методов, ставили своей целью получить сталь с похожими свойствами и, по возможности, реконструировать утерянную технологию\*\*\*. Ученые считают, что секрет изготовления дамасской стали восходит к технологиям, которыми владели металлурги Индии и Шри-Ланки еще в III в. до н.э., в основе которых лежит *тигельный метод* выплавки высокоуглеродистой стали со строго контролируемым содержанием других легирующих примесей. Такую сталь получали в небольших тиглях сплавлением железа, древесного угля и стекла, которое использовали в качестве флюса. Данная технология позволяла получать материал, представляющий собой смесь преципитатов очень твердых карбидов железа и легирующих металлов, окруженных пластичной низкоуглеродистой

\* *Дамасская сталь* – происхождение этого термина окончательно не установлено. Одни историки считают, что термин берет начало от г. Дамаска – столицы Сирии, где изготавливали эту сталь, другие – что название происходит от арабского слова *damas* – «вода», поскольку поверхность такой стали покрыта муаром с особым рисунком, очень похожим на турбулентные потоки воды.

\*\* См.: North A. Swords of Islam // «Swords and Hilt Weapons». – New York: Weidenfeld and Nicolson, 1989. – P. 136–147.

\*\*\* См.: Verhoeven J. D., Pendray A. H., Dauksch W. E. The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades // Journal of Metals. – 1998. – Vol. 50, № 9. – P. 58–64.



сталью. Технология получения дамасской стали оказалась утраченной приблизительно в середине XVIII в. В качестве одной из причин прекращения производства сплава историки называют исчерпание запасов особого сорта руды, которая содержала постоянную концентрацию примеси вольфрама и ванадия. Недавние детальные исследования структуры дамасской стали с использованием электронной микроскопии высокого разрешения обнаружили присутствие в ней углеродных нанотрубок\*, однако, чтобы подтвердить это предположение, необходимо провести дополнительные эксперименты.

Очень близкими по своим свойствам к дамасской стали в Средние века были клинки из *булата*\*\*, секретами изготовления которых владели индийские, персидские, монгольские и русские оружейники. Самый древний способ изготовления булата (англ. wootz steel) состоял в сплавлении очищенной железной руды с графитом в тиглях. Позднее для получения булата стали применять чистое железо, сплавляя его с чугуном. Булатного узора добивались в процессе медленного, в течение 3–4 дней, охлаждения сплава путем естественной кристаллизации стали. Качество булатной стали определяли по узору на ее поверхности. Особо ценным специалисты считают темный индийский булат «хинди». Технология русского булата была утеряна и восстановлена лишь в XIX в. русским ученым П. П. Аносовым (1799–1851).

В самом начале XVII в. западноевропейские металлурги разработали новый способ науглероживания ковкой стали. Этот метод получил название цементации\*\*\*, в результате его применения стали получать *томленую цементированную сталь* (англ. blister steel). Первый патент на технологию получения такого сорта стали был выдан *Бэзилу Бруку* из Колбрукдейла (Великобритания).

На протяжении многих лет лучшие по качеству сорта стали производили в Швеции. В XVI–XVIII вв. еще не могли распознать причину, почему шведская сталь превосходит аналогичную продукцию из других стран. Исследования, проведенные в более позднее время, показали, что шведская руда отличается очень низким содержанием фосфора, особенно по сравнению с сырьем, добываемым в Англии\*\*\*\*, на основании металлографических исследований было установлено,

\* См.: *Reibold M., Paufler P., Levin A. A. et al. Materials: Carbon nanotubes in an ancient Damascus saber // Nature. – 2006. – 444 (7117), – P. 286–296.*

\*\* *Булат* (булатная сталь) (от перс. *pulad* – сталь), углеродистая литая сталь со своеобразной структурой и видом (узором) поверхности, обладающая высокой твердостью и упругостью. В Средние века и отчасти в Новое время булат служил для изготовления оружия исключительной стойкости и остроты.

\*\*\* *Цементация стали* (химико-термическая обработка) – диффузионное насыщение поверхности стальных изделий углеродом для повышения твердости, износостойкости и предела прочности. После цементации изделия подвергают закалке на мартенсит с последующим отпуском.

\*\*\*\* См.: *King P. The cartel in Öregrund iron: trading in the raw material for steel during the 18th century // Journal of Industrial History. – 2003. – № 6. – P. 25–48.*

что сравнительно низкая концентрация фосфора в руде из Орегрунда способствовала образованию мелкозернистой и более прочной структуры шведских сталей.

Стремительное увеличение производства черных и цветных металлов в конце XVII в. поставило Западную Европу на грань экологической катастрофы. К этому времени для нужд металлургии в Англии, Франции и Германии 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 других ремеслах, где процессы проходили при высоких температурах (производство стекла, соды, сахара, красок, керамики, фарфора и др.).

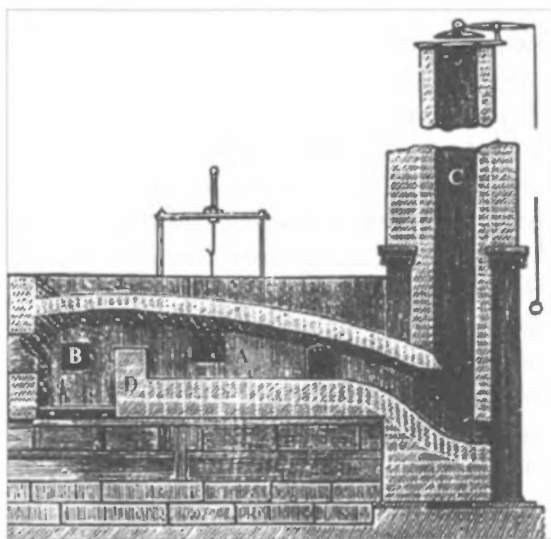
Прогрессивно мыслящие люди того времени отчетливо представляли, к каким катастрофическим последствиям может привести бесконтрольная вырубка лесов, и пытались этому противодействовать различными способами. Однако непрерывно растущий спрос на древесину и продукты ее переработки фактически сводил на нет все их усилия. Особенно остро эта проблема ощущалась в Англии. Попытки использовать в процессе получения чугуна каменный уголь, предпринятые английскими металлургами, относят еще к первой четверти XVII в. Известный химик И. И. Бехер (см. гл. 6, п. 6.4) проводил опыты с каменным углем в доменной печи, однако особых результатов не добился. Но долгие эксперименты с каменным углем наконец привели к созданию технологии *коксования*\*. С 1709 г. *Абрахам Дарби*, основатель целой династии прославленных металлургов в небольшом английском городе Колбрукдейл – всерьез занялся проблемой внедрения кокса в процесс получения чугуна. Себестоимость кокса была существенно ниже, чем древесного угля, однако чугун, изготовленный по новой технологии, по качеству заметно уступал металлу, который получали традиционным способом. Проблему повышения качества чугуна, выплаваемого с использованием кокса, удалось решить в пятидесятых годах XVIII в. *Абрахаму II Дарби* – сыну основателя династии металлургов. Ему пришлось усовершенствовать технологию коксования, значительно снизив содержание серы в конечном продукте. Кокс, очищенный от примеси серы, позволил повысить качество чугуна, который стали охотно покупать для последующей переработки в ковкую сталь. Внук прославленного металлурга – *Абрахам III Дарби* принимал непосредственное участие в создании первого в мире моста, изготовленного целиком из литых чугунных деталей (с пролетом 31 м и с высотой над водой 12 м). В 1787 г. за модель этого моста через реку Северн Абрахам III Дарби получил от Общества искусств золотую медаль.

\* *Коксование* – промышленный метод термической переработки природного топлива с целью получения кокса. Коксование каменного угля осуществляется нагреванием без доступа воздуха до температуры 900–1100 °С (побочные продукты – коксовый газ, каменноугольная смола). Коксование нефтепродуктов осуществляют при 450–540 °С и давлении 0,2–0,6 МПа.

Во второй половине XVIII в. черная металлургия пережила подлинный переворот: широко применявшийся ранее древесный уголь был заменен каменноугольным коксом. Это один из примеров, который наглядно показывает, в какой степени производство отдельных материалов и развитие важнейших отраслей промышленности и даже всего хозяйства страны тесно связаны с появлением и внедрением новых видов сырья. В 1788 г. в Англии две трети доменных печей, высота которых уже достигала 20 метров, работали на каменноугольном коксе. В Германии первая домна, где металл выплавляется с помощью кокса, была запущена в 1796 г. в Глейвицце\*.

Применение каменного и бурого углей вместо древесного в черной металлургии повлекло за собой внедрение прогрессивных технологий и в других отраслях промышленности, где широко использовали высокотемпературные процессы. Это, в свою очередь, привело к значительным количественным и качественным изменениям во многих отраслях индустрии XIX в.

Однако для обезуглероживания чугуна, полученного с помощью кокса, все же еще 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. Впервые отражательную печь для получения ковкого железа использовали англичане братья Т. и Д. Кранедж, применив в качестве топлива каменный уголь. В 1784 г. британский инженер *Генри Корт* провел исследования, позволившие успешно внедрить пудлингование в практику, что способствовало быстрому развитию металлургии в Южном Уэльсе. При пудлинговании избыток углерода удаляли из чугуна следующим образом. Расплавленный металл и находящийся в печи шлак для увеличения поверхности контакта подвергали перемешиванию (пудлингованию) металлическими штангами или крючьями. Образующиеся на поду печи небольшие комочки железа «накатывали» на штангу в крицу (массой обычно



Печь для пудлингования: А – лежачь (металлоприемник); В – решетка или камин; С – горн с демпфером для регулировки тяги; D – перегородка, отделяющая решетку от лежачи, для предотвращения прямой связи топлива с железом.

\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 133.

40–60 кг). Затем крицу извлекали из печи, проковывали на молоте и направляли в прокатный цех. Пудлинговое железо хорошо сваривалось и отличалось высокой пластичностью, поскольку содержало мало фосфора, серы и неметаллических включений.

У метода пудлингования, разработанного Г. Кортон, был один недостаток. В качестве исходного материала можно было использовать только литейный или белый чугун. Если в пудлинговую печь загружали серый чугун, то нужного качества сталей получить не удавалось. Возникшую проблему успешно преодолел английский металлург М. Тидфил. Он несколько изменил конструкцию печи, что дало возможность снизить концентрацию кремния в конечном продукте.

Сочетание доменного процесса выплавки чугуна с технологией пудлингования позволило производить ковкую сталь с широким спектром содержания углерода в зависимости от нужд потребителя. Использование метода пудлингования совместно с доменным процессом привело к существенному увеличению объемов производимого металла. Поэтому такая технология получила широкое распространение в черной металлургии Западной Европы и сохраняла лидирующую роль вплоть до середины XIX в.

В середине сороковых годов XVIII столетия в Великобритании была восстановлена еще одна технология изготовления высококачественных сталей, известная металлургам древности (о ней упоминал еще Аристотель) и средневековым оружейникам арабского Востока. *Бенджамин Хантсмен* из Хендсфорта заново разработал *тигельный метод* изготовления высококачественных сталей. В рамках этой технологии ковкое железо и чугун сплавляли в небольших керамических тиглях до образования особо прочных сталей\*. Металл, полученный таким способом, превосходил по качеству цементированную сталь, но был существенно дороже. Тем не менее потребность в новых сортах стали была чрезвычайно высока, поскольку такие материалы существенно повысили качество холодного оружия, ножей, ножниц и сельскохозяйственных орудий. Превосходное качество металла обеспечило мировую славу стали из Шеффилда. Долгое время тигельный метод Б. Хантсмена оставался единственной технологией получения литой стали.

Замена древесного угля каменным позволила не только устранить сырьевую и экологические проблемы, но в конечном итоге повысить количество и качество выплавляемого металла. Значительные изменения произошли также в размещении металлургических заводов. Теперь их строили вблизи месторождений каменного угля, а не в лесных районах, как раньше, к тому же изобретение паровых машин позволяло не зависеть больше от близости рек, поскольку использование силы воды как источника механической энергии потеряло свое значение. Все это позволило существенно расширить возможности выбора мест для сооружения металлургических предприятий.

\* См.: Schubert H. R. Op. cit. – P. 104.

Таким образом, анализ эволюции методов получения черных металлов позволяет сделать вывод, что к концу XVIII в. были разработаны или восстановлены основные технологические процессы, дальнейшее усовершенствование которых привело к созданию современной металлургической промышленности. Новое значительное улучшение технологических процессов в черной металлургии было осуществлено во второй половине XIX в.

### 7.1.2. Производство цветных металлов

Во времена Средневековья усилиями европейских мастеров и ученых технические новшества появились не только в производстве чугуна и ковкой стали, но и в цветной металлургии. К семи металлам, известным с глубокой древности, стараниями алхимиков к началу XVII в. прибавилось еще четыре: мышьяк, сурьма, висмут и цинк (см. гл. 4, п. 4.7). Открытие этих металлов и подробное изучение их свойств незамедлительно вызвало их практическое использование, что привело к дальнейшему развитию цветной металлургии.

Опыт по разведыванию руд и добыче цветных металлов проанализировали и сопоставили в своих трудах В. Бирингуччо и Г. Агрикола (см. гл. 5, п. 5.4). Традицию издания чрезвычайно важных с практической точки зрения сочинений по металлургии и прикладной химии в XVI в. продолжили труды менее известного немецкого ученого Лазаря Эркера. Несмотря на то что работы Л. Эркера значительно реже цитируются в современных исследованиях по истории химии, необходимо подчеркнуть, что по уровню компетентности они нисколько не уступали сочинениям В. Бирингуччо и Г. Агриколы. Наибольший интерес среди сочинений Лазаря Эркера представляет книга «Описание всех известных минеральных руд» («Beschreibung Allerfürnemisten Mineralischen Ertzt»), изданная в 1574 г. В ней с особой скрупулезностью изложены не только методы получения металлов, но и способы определения их содержания в природных минералах. Большое внимание автор уделял методикам пробиного анализа – определению степени чистоты полученных слитков золота, серебра и меди. Все это не без основания позволяет считать, что книга Лазаря Эркера является первым практическим руководством по аналитической химии в области материаловедения цветных металлов\*.



Titel Blatt der: Urtz: Besch und Privilegio.

Титульный лист книги  
Л. Эркера «Описание всех  
известных минеральных руд»  
(«Beschreibung Allerfürnemisten  
Mineralischen Ertzt») (1574)

\* См.: Sisco A. G., Smith C. S. Lazarus Ercker's Treatise of Ores and Assaying: Translated from the German Edition of 1580. – Illinois: The University of Chicago Press, 1951. – P. 7–8.

Говоря о книгах этого периода, нельзя не упомянуть сочинения известного итальянского скульптора и ювелира эпохи Возрождения «Жизнь Бенвенуто Челлини, рассказанная им самим». Итальянский художник прославился своими скульптурами, а также изделиями из бронзы, серебра и золота, при создании которых он широко использовал технологию литья. Поэтому в книге Б. Челлини читатель мог найти не только факты из его насыщенной различными событиями жизни, но и сведения о производстве цветных металлов и методах их обработки.

В трактатах Бирингуччо, Агриколы и Эркера в деталях представлены важнейшие способы добычи цветных металлов и их соединений с древнейших времен и до середины XVI в. Невозможно уделить внимание всем методам добычи цветных металлов, описанным в этих сочинениях, остановимся только на наиболее принципиальных процессах, используемых в средневековой цветной металлургии.

Первые упоминания о добыче меди и серебра на европейских рудных месторождениях относятся к IX в. Задолго до открытия Америки в Венгрии, Богемии, Саксонии, Гарце, Эльзасе и Швеции средневековые рудокопы и металлурги разрабатывали богатые месторождения цветных металлов: меди, серебра, олова, золота, висмута, сурьмы и мышьяка. В XIII–XIV вв. при производстве меди широкое распространение получил процесс цементации\*, известный в Венеции еще с XII в. В XVI в. стал популярен еще один процесс – амальгамирование, с помощью которого особенно успешно извлекали серебро и золото из руды, содержащей сульфиды\*\*.

С глубокой древности золото и серебро использовали для создания ювелирных украшений. Позднее они стали выполнять функцию денег. Первоначаль-



*Добыча и промывка золотоносной руды  
(из книги Л. Эркера «Описание всех  
известных минеральных руд»)*

\* *Цементация* (в цветной металлургии) – гидрометаллургический процесс извлечения главным образом благородных металлов из их растворов химическим восстановлением более активными металлами, стоящими в ряду стандартных потенциалов металлов левее водорода. Применяется в основном для извлечения Cu, Ag, Au (например осаждение Ag цинком из цианидных растворов).

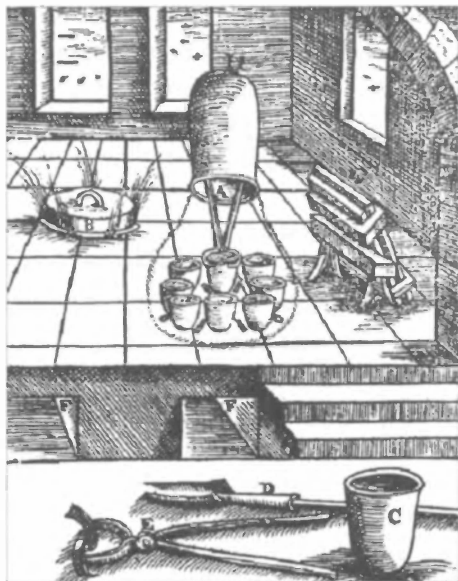
\*\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 148.

но обращение этих драгоценных металлов осуществлялось в форме слитков, а затем и в виде монет. В период раннего Средневековья преобладала чеканка золотой монеты. С XVI в. в странах Европы из-за недостатка золота основным металлом, предназначенным для изготовления денег, становится серебро. Первые древнерусские монеты из серебра появились в IX–X вв. Золотые и серебряные монеты обращались по действительной стоимости содержавшегося в них благородного металла, причем ценностное соотношение между этими металлами складывалось стихийно, под влиянием рыночных факторов.

В Средние века одной из центральных проблем материаловедения цветных металлов оставалось определение степени чистоты золота и серебра, используемых для чеканки монет. Важную роль в совершенствовании процесса контроля содержания драгоценных металлов в монетах сыграло применение азотной кислоты. Агрикола и Эркер уделяли большое внимание описанию различных методик пробирного искусства, в том числе методов анализа исходного сырья и выплавляемых золотых и серебряных слитков с использованием различных минеральных кислот; в их трактатах описаны специальные *стационарные* и *переносные* печи для проведения пробирного анализа. Эти устройства можно было использовать при качественном и количественном анализе содержания веществ не только в лабораторных, но и в полевых условиях, что было особенно полезно при разведке рудных месторождений\*.

В XIV в. с появлением в Европе пороха и распространением огнестрельного оружия резко возросла добыча медной руды. Основная доля меди расходовалась на выплавку бронзы, которая практически полностью шла на производство пушек. Как уже было отмечено ранее, средневековые металлурги восстановили утраченную в период «темных веков» технологию литья бронзовых и латунных изделий. Позднее из бронзы стали отливать посуду, другие предметы обихода и даже украшения интерьера.

Технология получения бронзы была известна и в России. Ярким доказательством этому является упоминание в летописях *Пушечного двора*, который занимал довольно обширную территорию в Москве на берегу р. Неглинка. В 1586 г. по приказу царя Федора Ивановича из высококачественной бронзы была отлита огромная мортира, получившая название «Царь-пушка». Имя ее



*Оборудование для выплавки латуни  
(из книги Л. Эркера «Описание всех  
известных минеральных руд»)*

\* См.: Dibner B. Lazarus Ercker // Technology and Culture. – 1965. – Vol. 6, N. 3. – P. 445–446.

создателя – литейного мастера Андрея Чохова – указано на стволе\*. Длина орудия, украшенного надписями, фигурными фризами и орнаментом, составляет 5 м 34 см, наружный диаметр ствола – 120 см, калибр – 890 мм. На краю ствола вырублено: «2400 пуд» (39312 кг) – такова масса самой большой бронзовой пушки в мире.

С глубокой древности основным поставщиком оловянной руды была территория современной Великобритании. В эпоху бронзового века в поисках этого стратегического сырья к берегам Альбиона направляли свои корабли критские и финикийские мореплаватели (см. гл. 2, п. 2.3). До VIII в. до н.э. металлурги Древнего мира еще не умели получать олово в свободном состоянии. При выплавке бронзы в качестве источника олова они использовали главным образом касситерит в смеси с древесным углем. Однако позднее ремесленники



Выплавка и «высадка» олова (из книги Л. Эркера «Описание всех известных минеральных руд»)

Греции и Рима овладели технологией получения чистого олова. Металлургия олова не утратила своего значения и в Средневековье: с XII в. этот металл уже добывали не только в Англии, но и из месторождений в Рудных горах, которые расположены на границе Чехии и Германии. Достаточно большое количество производимого в Европе олова шло на изготовление столовой посуды\*\*.

Месторождения цинка были известны давно, а сульфат цинка стал предметом торговли еще с XIV в. Однако интенсивная добыча цинковых руд и получение чистого металла в промышленных масштабах прослеживается лишь с XVIII в. Важнейшие месторождения ртути, необходимой для добычи благородных металлов методом амальгамирования, а также для изготовления некоторых лекарственных препаратов, находились в Испании. С конца XV в. месторождения ртути были разведаны и в Центральной Европе – на территории современной Чехии и Германии. В XVI в. испанскими конкистадорами были открыты знаменитые перуанские месторождения ртути.

\* На стволе Царь-пушки имеется надпись: «Божиею милостию царь и великий князь Федор Иванович государь и самодержавец всея великия Росия», а несколько левее: «Слита бысть сия пушка в преименитом царствующем граде Москве лета 7094, в третье лето государства его. Делал пушку пушечный литец Ондрей Чохов». Такая надпись впервые встречается на литых стволах орудий, зафиксированных в Описной книге Смоленского пушечного наряда 1670 г.

\*\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 148.



Увеличению объемов добычи сурьмы в Западной Европе способствовало активное рекламирование Парацельсом в качестве эффективных лекарств многочисленных препаратов, содержащих соединения этого элемента (см. гл. 5, п. 5.2). Помимо этого сурьма служила добавкой к другим металлам при изготовлении различных сплавов, используемых, например, при отливке колоколов. С середины XVI в. стала разрабатываться технология получения висмута и его соединений. В качестве красителя был широко известен оксид висмута желтого цвета. Для получения сурьмы и висмута применяли сходные технологии. Чаще всего висмут использовали в сплаве с оловом. Технологические процессы, применявшиеся при выделении висмута, например так называемое гранулирование, использовали позднее и при получении голубого кобальтового стекла, смальт и голубых красок. Особенно ценилась смальта, которую производили в Богемии, Саксонии и Гарце (Германия). Ее использовали в качестве краски 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.

Поначалу мышьяк получали на саксонских и богемских металлургических заводах как побочный продукт. Его экспортировали в Венецию, где применяли для изготовления ядов, а также в стекольном производстве (см. гл. 7, п. 7.2).

Средневековые рудокопы исследовали залежи руд не только металлов, но и некоторых неметаллов – например серы. Сера встречается в природе в свободном (самородном) состоянии, поэтому она была известна человеку еще с глубокой древности. Это вещество привлекало к себе внимание характерной окраской, голубым цветом пламени и специфическим запахом, возникающим при горении (запах сернистого газа). Применение горячей серы для дезинфекции упоминается в знаменитых поэмах Гомера, а в Древнем Риме с помощью сернистого газа отбеливали ткани. В Библии говорится об использовании серы для очищения грешников. У человека Средневековья запах «серы» (сернистого газа) ассоциировался с преисподней, поскольку чаще всего залежи серы находили вблизи вулканов.



*Пробирная лаборатория, в которой исследовали содержание золота и серебра в рудах (из книги Л. Эркера «Описание всех известных минеральных руд»)*

Издавна серу использовали и в медицине – ее включали в состав различных мазей для лечения кожных заболеваний, а сернистым газом окуривали больных. Арабские, а вслед за ними и европейские алхимики полагали, что все металлы, в том числе золото и серебро, состоят из находящихся в различных соотношениях элементов-принципов: серы и ртути (см. гл. 4, п. 4.3–4.4). Поэтому и вещественная сера играла важную роль в попытках алхимиков найти «философский камень» и превратить обычные металлы в драгоценные. В XVI в. Парацельс считал серу вместе с ртутью и «солью» одним из основных «начал» природы, «душою» всех тел. Практическое значение серы резко возросло после того, как изобрели дымный порох, в состав которого сера входила как один из основных компонентов. С этого момента данный неметалл стали широко использовать для военных целей. Издавна главным поставщиком серы была Италия. Крупные месторождения неметалла находились на острове Сицилия. Лишь в XVI в. Кристоф Сандер организовал в Раммельсберге (Германия) предприятие по добыче серы из серного колчедана.

Коренные изменения в экономике, которые произошли в XVI–XVII вв. после открытия Нового Света, отразились прежде всего на производстве благородных металлов. В этот период в Европе отмечается резкое снижение производства серебра и золота, главным образом потому, что испанские конкистадоры, разгромив государства ацтеков и инков, завладели их несметными сокровищами и природными ископаемыми. Например, общий объем выплавленного серебра с 1493 по 1520 гг. в Германии и Священной Римской империи составил 980 тонн, т.е. около 75 % всей мировой добычи за это время. Однако уже с 1601 по 1620 гг. в этих странах получили всего 428 т серебра, в то время как испанские колонии в Америке произвели 7800 т. Для добычи драгоценных металлов испанцы использовали рабский труд покоренных индейцев. Чтобы вывозить награбленные драгоценные металлы из новых колоний, испанские короли снарядили Золотую и Серебряную флотилии. Динамику изменения соотношения добычи драгоценных металлов с 1781 по 1800 гг. между Старым и Новым Светом иллюстрируют данные, представленные в табл. 7.2.\*

На добыче меди открытие новых земель практически не отражалось вплоть до конца XVIII в., поскольку знаменитые чилийские месторождения были разведаны несколько позднее. К XVIII в. выплавка меди, как и многих других металлов, значительно увеличилась. Например, в Европе в начале XVIII в. общая добыча меди составляла примерно 1000 т, а к концу века – 8000 т\*\*. На резком увеличении выплавки этого металла сказались главным образом два фактора: использование каменного угля (кокса) и пламенных печей. Такие печи для выплавки меди в Англии стали применять уже с 1698 г. Несколько позднее с помощью подобных печей начали выплавлять свинец и олово.

\* См.: Шмубе В. Указ. соч. – С. 151.

\*\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 133.

Т а б л и ц а 7.2

*Производство драгоценных металлов в мире за период с 1781 г. по 1800 г.*

Место добычи	Масса добытого золота, т	Место добычи	Масса добытого серебра, т
Старый Свет (Африка и Австро-Венгрия)	55,6	Старый Свет (Германия и Австро-Венгрия)	около 100
Колонии в Новом Свете (Бразилия)	284	Колонии в Новом Свете (Мексика)	16000

XVIII век оказался весьма щедрым на открытия новых металлов (табл. 7.3)\*. Новые элементы были обнаружены благодаря совершенствованию методов *качественного анализа* химических веществ.

Т а б л и ц а 7.3

*Металлы, открытые учеными-химиками в XVIII в.*

Металл	Год открытия	Ученый, который открыл элемент	Страна
Кобальт	1735	Г. Брандт	Швеция (Стокгольм)
Никель	1751	А. Кронштедт	Швеция (Стокгольм)
Марганец	1774	Ю. Ган	Швеция (Стокгольм)
Молибден	1781	П. Гельм	Швеция (Упсала)
Теллур	1783	Ф. И. Мюллер фон Рейхенштейн	Румыния (Сибиу)
Вольфрам	1783	Ф. д'Элуяр и Х. Х. д'Элуяр,	Испания (Вергара)
Уран	1789	М. Ф. Клапрот	Германия (Берлин)
Цирконий	1789	М. Ф. Клапрот	Германия (Берлин)
Титан	1791	У. Грегор	Англия (Корнуолл)
Иттрий	1794	Ю. Гадолин	Финляндия (Або)
Бериллий	1797	Н. Л. Воклен	Франция (Париж)
Хром	1797	Н. Л. Воклен	Франция (Париж)

По мнению многих ученых, платина была известна человечеству с древнейших времен. Изделия, содержащие платину, найдены при раскопках древнеегипетских гробниц. Индейцы в Латинской Америке знали платину еще задолго до путешествий Х. Колумба. Первое описание платины в Европе сделал А. де Ульолоа, который принимал участие во французской экспедиции в 1736 г. с целью определения длины экватора. В его записях упоминается благородный металл *«platina»*, най-

\* См.: Emsley J. Op. cit.

денный в колумбийских золотых рудниках. В 1741 г. южноамериканские образцы металла были доставлены в Европу, где сначала платину рассматривали как «белое золото». Примерно в середине XVIII в. была установлена элементарная природа платины. В настоящее время «белым золотом» называют сплавы золота и платины. Расплавить чистую платину удалось в 1783 г. А. Л. Лавуазье. В 1805 г. английский химик У. Х. Уолластон наладил производство порошка платины из южноамериканской руды.

Необходимо отметить, что кобальт, никель, хром, уран, иттрий, титан и цирконий были сначала открыты в виде оксидов. Чистые металлы удалось выделить несколько позднее.

Анализ эволюции черной и цветной металлургии в Европе с V по XVIII вв. позволяет с определенностью утверждать, что эти отрасли прикладной химии развивались поступательно, достаточно динамично, и к концу рассматриваемого периода достигли фазы наивысшего развития. Максимальный подъем в эволюции металлургии выразился не только в увеличении объемов выплавляемых металлов, усовершенствовании технологии и повышении качества конечного продукта, но, что особенно важно, – в создании первых *теоретических представлений о химических превращениях и способах функционирования технических средств, используемых в этой отрасли производства.*

## 7.2. Производство стекла

В Средние века и в эпоху Возрождения достаточно динамично развивались не только черная и цветная металлургия, но и другие ремесла, связанные с химическими превращениями. Уже в раннем Средневековье, когда металлургия еще развивалась достаточно медленно, заметный прогресс наметился в производстве стекла. Дамаск, а позже и Венеция, стали центрами ремесленных знаний того периода. Дамаск – богатейший город арабского Востока, прославился не только производством стального оружия (дамасские клинки), но и разнообразного стекла, керамики, эмали, глазурей и мозаики.

В Сирии в XII–XIV вв. создаются изделия, которые в Европе обобщенно называют *дамасским стеклом*, включая сюда все изделия производства ремесленников исламских государств. Наиболее характерной чертой изделий арабских мастеров является наложение эмалей на стеклянную основу. К XI в. относят и появление первых стеклянных зеркал, изготовленных арабскими мастерами на территории современной Испании.

Изменение общей экономической ситуации в Европе эпохи Возрождения было вызвано прежде всего последствиями эпохи Великих географических открытий. Этому способствовали многие факторы, в



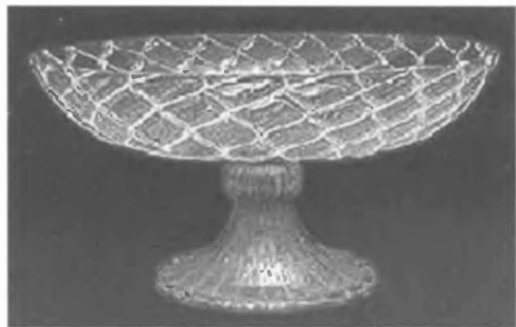
Дамасская стеклянная лампа (XIV в.)

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 колоний. Конечно, это не означает, что все ремесла и отрасли производства развивались одинаково: одни из них переживали застой, приходили в упадок или даже прекращали существование; другие традиционные отрасли переживали явный подъем, возникали и новые.

Наиболее ярким примером является производство стекла в западноевропейских странах. С VII в. первым и главным центром производства стекла в Европе была Венеция. Именно к VII–VIII вв. относятся стеклянные изделия, найденные на острове Торчелло. Эти образцы можно рассматривать в качестве связующих звеньев, в которых явно ощущаются традиции стеклодувов Древнего Рима. В самом начале второго тысячелетия в северной Европе была разработана технология изготовления стекла на основе поташа, который получали из древесной золы, поэтому стеклянные изделия из северной Европы отличались по качественному составу от своих аналогов, производимых ремесленниками стран Средиземноморья. Производство стекла на юге Европы по-прежнему было основано на использовании соды.

В XI в. в Германии появилась оригинальная технология получения листового стекла. На первой стадии мастера выдували стеклянную сферу, которую в горячем состоянии деформировали до цилиндрической формы. Затем эти цилиндры разрезали и при высоких температурах превращали в плоские стеклянные листы. В XIII в. этот метод был усовершенствован венецианскими стеклодувами.

Резкий подъем в стеклоделии наблюдался уже в XIII в. С 1291 г. все производство стекла было сосредоточено на острове Мурано, находящемся рядом с Венецией, и объявлено секретным. Власти Венеции приказывали стеклодувам селиться именно на острове из-за опасности возникновения пожаров. Примеру Венеции последовали и другие города, которые не разрешали «огненных дел» мастерам работать в черте массовых жилых застроек. Ремесленники-стеклодувы при щедрой оплате их труда с этого времени находились фактически в заточении вместе с членами их семей. С другой стороны, с XVI в. стеклодувам Мурано были дарованы существенные привилегии: им было позволено носить холодное оружие, кроме того, они не подлежали судебному преследованию со стороны властей Венеции. Как свидетельствуют историки, социальный статус мастеров-стеклодувов был достаточно высок. Это подтверждает и тот факт, что дочери ремесленников были желанными невестами даже для отпрысков многих родовитых венецианских семей.



*Чаша второй половины XVI в., Венеция.*

*Техника «ретичелло» — «сетка»*

В эпоху крестовых походов производство венецианского стекла испытало огромное влияние технологий арабского Востока. Необходимо отметить, что высокое качество изделий мастеров с острова Мурано было обусловлено уникальным составом стекла, рецепты изготовления которого держали в строжайшей тайне. Один из секретов оказался позднее разгадан: было установлено, что песок, используемый венецианскими ремесленниками, состоял практически из чистого кварца. Кроме того, его подвергали размолу до тонкого порошкообразного состояния.

На протяжении нескольких столетий Венеция владела монополией на производство многих видов стекла, и прежде всего – зеркал. Кроме того, мастера с острова Мурано умели получать и другие уникальные сорта стекла, особенно декоративно-прикладного направления. Венецианские ремесленники владели технологией изготовления хрустального стекла, разноцветной смальты\*, многоцветного стекла (millefiori), стекла молочного цвета (lattimo); могли имитировать различные драгоценные камни. 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\*\*. Мастера-стеклоделы не имели права уезжать из города, а послушники подвергались смертной казни. И все же эти запреты удавалось преодолеть: со временем секреты технологии изготовления стекла стали известны и в других странах.

В XVII в. во Франции, Богемии, Англии появились предприятия по производству стекла, способные соперничать с венецианскими. Именно в это время начался новый мощный подъем стеклоделия. В 1615 г. в Англии для нагрева стеклоплавильных печей стали использовать уголь, что повысило температуру процесса. С начала XVII в. во Франции в г. Турвилле (близ Шербур) был освоен способ отливки зеркального стекла на медных плитах с последующей прокаткой. В это же время был открыт метод травления стекла смесью плавикового шпата и серной кислоты, освоено производство оконного и оптического стекла. Все эти технические новшества привели к тому, что во второй трети XVII в. во Франции уже производили высококачественные стеклянные изделия. Примерно в это же время в Лотарингии было налажено производство цветных листовых стекол.

К 1670 г. появились крупные стекольные заводы в Англии, а к 1695 г. – и в Германии. В это время были сконструированы новые типы печей, в частности для отжига,



*Мастерская средневековых стеклодувов. Рисунок XVI в.*

\* *Смальта* (нем. Smalte) – цветное непрозрачное стекло в виде кубиков или пластинок, применяемое для изготовления мозаик.

\*\* См.: *Шмубе В.* Указ. соч. – С. 154.

вытягивания стекла, прокаливания и кальцинирования стекольной массы. К 1696 г. в Англии работало около 90 стекольных заводов, которые производили бутылочное стекло, стекло без свинца (кронглас), силикатное стекло, зеркала и оконное стекло\*. В качестве сырья для производства стекла использовали песок, кварц, гравий, стеклянные осколки, а также золу, полученную при сжигании водорослей и древесины определенных сортов. Особенно высоко ценились дубы и буки. Дерево или древесный уголь и печи, о которых мы упоминали, были важнейшими средствами труда. Чтобы придать стекольной массе ту или иную окраску, ремесленники добавляли в нее соединения марганца, железа, меди, свинца, кобальта, олова, а также камедь, винный камень, уголь, серебро и даже соединения золота.

Первым научным трудом по материаловедению стекла считают вышедшую в 1612 г. во Флоренции книгу монаха *Антонио Нери*. В этом трактате были даны рекомендации по использованию окислов свинца, бора и мышьяка для осветления стекла, а также приведены составы цветных стекол. Проблемами, связанными с производством стекла, плодотворно занимались такие химики, как И. Р. Глаубер, О. Тахений. Немецкий алхимик *Иоганн Кункель* во второй половине XVII в. опубликовал сочинение «Экспериментальное искусство стеклоделия», в котором изложил свои результаты изучения состава различных сортов стекла. С точки зрения прикладной химии, наиболее важным моментом в работах Кункеля явилось изобретение способа получения «золотого рубина» – стекла рубинового цвета. Такой окраски И. Кункель добился за счет добавления золота к стеклянной массе.

Предложения И. Р. Глаубера по улучшению конструкции печей для изготовления стекла и проведенные И. Кункелем исследования состава стекла значительно ускорили развитие этих химических ремесел. Совершенствование и удешевление производства стекла имело далеко идущие последствия: во-первых, стеклянная посуда из достояния богачей превратилась в предмет домашнего обихода широких слоев населения; во-вторых, химическая стеклянная посуда, которая в эпоху алхимии была чрезвычайно дорогостоящей, с XVII в. стараниями И. Р. Глаубера все интенсивнее использовалась в различных химических процессах. Во многих лабораториях устраивали стеклодувные мастерские, в которых можно было изготовить стеклянную химическую посуду любой формы и назначения, поэтому трудно переоценить ту огромную роль, которую сыграла стеклянная лабораторная посуда в развитии химической науки.

В декоративно-прикладном искусстве Европы в XV–XVI вв. ведущие позиции сохраняло венецианское стекло. Однако с изобретением в XVII в. более твердого кальциевого стекла и развитием техники гравировки центр художественного стеклоделия переместился в Чехию. С 1770-х гг. (первоначально в Англии) стало широко применяться стекло, полученное на основе оксида свинца (хрусталь или флинт-глассе), основным способом обработки которого явилось так называемое алмазное гранение, выявляющее способность хрусталя преломлять или отражать свет. Начиная с XVIII в. интенсивно развивалось и производство искусственных драгоценных камней.

\* См.: *Fester G. Op. cit.* – S. 174–175.

Долгие годы историки считали, что в России собственного стекольного производства не было вплоть до XVII в., а стеклянные изделия попадали на Русь торговыми путями, однако это не так. Первые данные об изготовлении стекла в домонгольской Руси были получены в конце XIX в. в результате раскопок под Овручем, на Украине, где обнаружили следы стекольного производства, осколки битых бус и браслетов. В результате археологических исследований в Киеве, в районе Десятинной церкви, а также близ Киево-Печерской лавры удалось обнаружить остатки стеклодельных мастерских XI в. Сохранились остатки горнов и куски разноцветной смальты. Одной из интереснейших находок были куски свинца, который киевские мастера добавляли для легкоплавкости в мозаичное стекло, а также в бусы, браслеты и в посудное стекло. Изделия из калиево-свинцовых стекол обнаружены при раскопках в Киеве, Минске, Смоленске, Вышгороде, Новгороде, Костроме, Галиче и других славянских поселениях. Древнерусским мастерам были известны четыре способа изготовления стекла: прессование, вытягивание, литье и выдувание.

Татаро-монгольское нашествие почти на три столетия остановило развитие культуры славянских народов. Погибли многие ремесла, в том числе и стеклоделие. Вновь оно возрождается на Руси только в середине XVII в. В 1635 г. шведом Елисеем (Юлием) Койетом на пустоши Духанино в Дмитровском уезде был построен стекольный завод. В грамоте, полученной от царя Михаила Федоровича, говорилось: «...Пушечного и рудознатного дела мастера Елисея Койета пожаловали, в нашем Московском государстве скляничное дело делать велели». На заводе работали мастера, вывезенные из Литвы. Завод выпускал посуду для аптекарского приказа. Царская аптекарская посуда представляла собой высокохудожественные изделия из цветного стекла (в основном темного, чаще коричневого тона), покрытые росписью золотом и серебром.

Несколько позднее был открыт казенный завод в Измайлове (1669–1710). Здесь наряду с иноземцами работали и русские мастера, которые осваивали основные приемы европейского стеклоделия. Характерным орнаментом для стаканов с гравировкой был бегущий олень на фоне архитектурного пейзажа – на манер работ богемских мастеров, но в отличие от чешского стекла измайловское было легким и тонким. Использовалось стекло бесцветное и зеленое. Изделия Измайловского завода можно было купить в московском Гостином дворе. Почти одновременно с Измайловским был устроен третий стеклозавод в Черноголовке. Завод был небольшой и выпускал незначительное количество изделий.

Начало XVIII в. можно назвать периодом подъема стеклоделия в России. Важной вехой его развития явилось открытие в 1706 г. стекольного завода на Воробьевых горах под Москвой, построенного по инициативе Петра I. Основными видами продукции Воробьевского завода были литые зеркала и зажигательные стекла. В 1710 г. близ г. Ямбурга князь А. Д. Меншиков учредил два стеклозавода. На этих заводах, соединенных вскоре в один под названием Ямбургский, работали более 90 человек, причем все мастера были русскими. Особо выделялись *Василий Пивоваров* и *Дементий Войлоков*. Они стали основоположниками русской школы гравирования.



Огромный вклад в производство цветного стекла (главным образом для мозаик, бижутерии и архитектурной облицовки) внес М. В. Ломоносов, создавший в 1753 г. Усть-Рудицкую фабрику. При императрице Елизавете Петровне один из частных подмосковных стекольных заводов был разделен и перенесен подальше от Москвы. Так образовалось стекольное производство в селе Дятьково и в г. Гусь-Хрустальный. Ассортимент изделий был необычайно широк – от дворцовых хрустальных сервизов до обычных бытовых стаканов с незатейливой гравировкой. Распространенной была фигурная посуда – графины и бутылки в форме птиц и зверей из зеленого и бесцветного полупрозрачного стекла. Традиция изготовления «потешных вещиц» прослеживалась на всем пути развития завода в Гусь-Хрустальном и не исчезла даже тогда, когда завод стал специализироваться на выпуске дорогой хрустальной посуды. В 1857 г. заводу было разрешено изображать на своих изделиях государственный герб Российской империи.

### 7.3. Керамика и фарфор

В Западной Европе производство стекла и изготовление керамики, особенно на первых этапах развития, испытали сильное влияние достижений арабских ремесленников, а те, в свою очередь, переняли и усовершенствовали опыт ремесленников античности. Кроме того, в Европе распространялись технологии 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. Скульптор из Флоренции *Лука дельла Роббиа* 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* (см. гл. 5, п. 5.3). В 1580-х гг. он опубликовал несколько книг, посвященных описанию техники добычи сырья и изготовления из него керамических изделий. Поводом к началу работ с керамикой послужило его желание разгадать секрет изготовления фарфора. Подобной идеей в то время были одержимы многие мастера. На протяжении практически шестнадцати лет Б. Палисси вел упорные исследования, однако секрет фарфора ему разгадать так и не удалось. Неудачные эксперименты ввергли его семью в состояние крайней нужды – чтобы обогреть свое жилище, он был вынужден сжечь даже мебель. Удача пришла совсем неожиданно. В 1548 г. в провинции Бордо, где жил Палисси, начались волнения. Присланный туда из Парижа для подавления бунта коннетабль де Монморанси



*Бернар Палисси*  
(ок. 1510–1589 или 1590)

увидел керамическую посуду французского мастера, которая была выполнена в традиционном «сельском» стиле и украшена рельефными цветными изображениями рыб, раковин, листьев, ящериц и лягушек, и пригласил Б. Палисси украсить такими изделиями свой дворец. С этого момента к французскому мастеру пришла известность. С 1563 г. он работал в Париже и занимался декоративным оформлением садов Тюильри и Лувра. Б. Палисси удалось разработать удивительные по разнообразию цветов и оттенков эмали и глазури, причем рецепты изготовления многих из них после его смерти разгадать так и не удалось. Во время Варфоломеевской ночи он был схвачен католиками и заключен в один из казематов Бастилии, где и скончался в 1589 г.

В немецких княжествах и Швейцарии для производства керамики использовали свинцовую глазурь. Особенно славились кафельные плитки для облицовки печей зеленого, черного и коричневого цветов, а также кружки и кубки – голубые, серые и коричневые. 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).

Начиная с XVIII в. в Европе было развернуто производство различных видов фаянса. Развитие системы химических знаний оказало большое влияние на производство керамики. Особенно важными были результаты исследования состава и свойств различных глин, поиск оптимальных пропорций их смешивания, подбор наилучших условий температуры и влажности для сушки и обжига изделий. В дальнейшем развитие керамического производства определялось качеством глазурей и красок, с помощью которых производилось художественное оформление изделий. От внешнего вида зависел сбыт конечной продукции, что было крайне важно в условиях растущей конкуренции.



Джозайя Веджвуд (1730–1795)

В Англии были широко распространены фаянсовые и гончарные изделия, изготовленные на мануфактуре Дж. Веджвуда. Эти изделия отличало высокое качество. Английский промышленник очень дорожил своей репутацией, если при посещении мануфактуры ему удавалось обнаружить изделие, не соответствующее высоким стандартам, он немедленно разбивал его своей тростью, приговаривая: «Эта работа не достойна Джозайи Веджвуда!»\* Промышленник внимательно следил за всеми новейшими научными разработками и непременно использовал их результаты в усовершенствовании работы своей мануфактуры. Именно подлинно научный подход к становлению всех технологических процессов обеспечил

\* См.: Dolan B. Wedgwood: The First Tycoon. – London : Viking Adult, 2004.

превосходное качество его продукции. Техника изготовления керамики и фаянса в мастерских Веджвуда достигла в это время высокого уровня. Фаянсовые изделия были изящно расписаны красками по белому, черному, красному или кремовому фону и очень красивы.

Если ранее подобные изделия были доступны только состоятельным слоям общества, то Веджвуд создал первое предприятие специально для изготовления керамической посуды для массового покупателя\*. Удешевить производство ему позволил подлинно научный подход к организации труда: Веджвуд широко использовал детальное разделение всего производственного цикла на отдельные операции. Один из знаменитых столовых сервизов Дж. Веджвуда был доставлен в Россию в 1774 г. по велению императрицы Екатерины II. В нем было 952 предмета, причем на каждом из них были изображены знаменитые здания или парки\*\*. Этот факт свидетельствует о том, что продукция английского мастера снискала себе мировую славу.

Способ изготовления фарфора был изобретен в Китае еще в IV–VI вв. н.э. Становлению технологии производства фарфора способствовали богатые месторождения каолина в этой стране. Сохранившиеся изделия начального периода истории фарфора представляют собой сосуды вытянутой формы с гладкой полированной поверхностью, нередко с лепным декором светлых тонов. В эпоху Тан (VII–X вв.) и Сун (X–XIII вв.) в страны Азии и Европы вывозятся голубые и бледно-зеленые вазы с рельефным орнаментом, которые в Европе получили название «селадон» (основное место производства Лунцзянь). Эти вазы и кувшины имели формы, напоминающие античные сосуды, нередко с ручками в виде драконов и горлышками в виде животных. Начиная с XIV в. в эпоху Мин (XIV–XVII вв.) ведущим центром изготовления фарфора становится Цзиндэчжэнь, где было налажено производство изделий, украшенных свинцовыми глазуриями трех цветов (саньцай) или подглазурной синей кобальтовой росписью, которая часто сочеталась с надглазурной росписью (доуцай).

В конце XIII в. итальянский торговец и путешественник Марко Поло привез в Европу из Поднебесной империи первые сведения об этом материале и образцы фарфоровой посуды. В XV в. торговля со странами Востока стала расширяться, поэтому количество фарфоровой посуды, ввозимой в Европу, заметно возросло. В XVII в. Япония стала главным поставщиком фарфора в Европу, хотя тогда же Голландия ввозила большие партии и китайского фарфора; взамен из Европы в Китай вывозили синие кобальтовые краски.

Высокая цена и необычайно большой спрос на фарфор в странах Европы вызвали стремление разгадать секрет его изготовления. Начиная с XV в. многие ремесленники и ученые предпринимали попытки воспроизвести технологию получения «белого золота». К XVI в. химики достигли очевидных успехов в этом направлении – было налажено изготовление так называемого *мягкого фарфора* (без каолина).

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 154.

\*\* См.: Dolan B. Op. cit.



Иоганн Фридрих Беттгер  
(1682–1719)

«Твердый» фарфор получен лишь в начале XVIII в. Иоганном Фридрихом Беттгером и Эренфридом Вальтером Чирнгаузом в Саксонии (где вскоре возникло производство знаменитого на весь мир мейсенского фарфора). В результате продолжительных экспериментов, которые продолжались с 1703 по 1715 гг., этим ученым удалось разгадать состав заморского чуда. Путем долгих проб и ошибок они пришли к выводу, что оптимальному составу пасты для изготовления фарфора соответствует смесь каолина, жженого алебастра и тонкоизмельченного кварцевого песка. Из этой массы им удалось получить твердый, белый и полупрозрачный фарфор. По прошествии времени стало ясно, что Беттгер и Чирнгауз не скопировали китайские рецепты и технологии, а открыли собственный оригинальный

состав. Китайский фарфор сыграл в этом открытии лишь роль побудительного мотива. Немецким ученым не удалось сохранить свое изобретение в тайне, и вскоре производство фарфора распространилось по всей Европе.

Важнейшим сырьем для производства керамических изделий были различные сорта глины. При изготовлении фарфора использовали каолин с добавками кварца и полевого шпата. Хранение и сушку сырья, а также продуктов гончарного производства проводили в помещениях, где поддерживались постоянными температура и влажность. Изделия покрывали красками и глазурью, а затем обжигали в специальных печах. По составу исходных паст и физико-химическим свойствам различали фарфор, покрытый глазурью, и фарфор неглазурованный (бисквит). Со временем мануфактурное производство фарфора распространилось во Франции, Англии, Италии, России, Дании, Польше, Швеции, Швейцарии и Нидерландах. Истинным законодателем мод с 1750-х гг. стал французский фарфор, который выпускался на мануфактуре в Севре (севрский фарфор). Зачастую мануфактуры являлись собственностью государей, поэтому деятельность этих предприятий протекала под строгим надзором чиновников «двора».

В России состав фарфоровой массы разработал Д. И. Виноградов (1747). В 1744 г. в Санкт-Петербурге была открыта Порцелиновая мануфактура, на базе которой три года спустя Д. И. Виноградов получил твердый фарфор из местных материалов. С 1765 г. Порцелиновая мануфактура стала называться Императорским фарфоровым заводом, а с 1925 г. она носит имя М. В. Ломоносова. Предприятие выпускало простые и изящные по форме вазы, сервизы, табакерки и другие изделия. Со дня основания завод работал по заказам императорского двора.



Предметы сервиза ордена  
Александра Невского

Производство керамики и фарфора в значительной степени стимулировало укрепление международной торговли, обмен культурными ценностями, а также совершенствование химических знаний и практических навыков. С точки зрения истории химии совершенствование технологий изготовления керамики и фарфора было непосредственно связано с изучением состава почв, глазурей а также флюсов, используемых в черной и цветной металлургии. Кроме того, широкое применение в лабораторной практике керамической и фарфоровой посуды всемерно способствовало накоплению экспериментальных химических знаний.

## 7.4. Получение солей

### 7.4.1. Добыча поваренной соли

Одним из древнейших видов химических ремесел можно смело считать добычу поваренной соли. Сейчас мы привыкли рассматривать соль как неотъемлемый атрибут любого обеденного стола, однако с этим веществом связано немало удивительных, а порой и драматических страниц человеческой истории. Поваренная соль – не просто пищевая приправа: это вещество крайне необходимо для нормального функционирования организма человека и животных, поскольку в активной или пассивной форме участвует во многих биологических процессах. Ученые, занимающиеся историей медицины, предполагают, что чрезвычайно высокая смертность от ран в войсках Наполеона во время отступления из России была вызвана не столько скудостью рациона, сколько практически полным отсутствием соли в питании простых солдат.

В ритуалах многих религий соль и по сей день играет важную роль, символизируя неизменную и вечную чистоту. И сейчас в разных странах мира, встречая дорогих и желанных гостей, им преподносят хлеб и соль, эта традиция, по всей видимости, является одним из древнейших правил международного этикета.

Множество упоминаний о соли содержится в Библии; в сказках и легендах народов всего мира, а также в произведениях литературы Нового времени. В былые времена соли приписывались магические свойства, не случайно она являлась важным элементом-принципом в алхимических теориях (см. гл. 4, пп. 4.3–4.4).

Поваренная соль является одним из наиболее древнейших, эффективных и наиболее широко используемых консервантов для пищевых продуктов. Хлорид натрия являлся одним из основных химикалий, используемых древними египтянами для создания мумий (см. гл. 2, пп. 2.3–2.5). Поэтому можно сказать, что профессия солевара является одной из древнейших на Земле. Археологические исследования древних соляных копей и солеварен представляют большой интерес для современной науки.

В различные исторические периоды поваренная соль выполняла функцию денег, являясь причиной многих вооруженных столкновений и бунтов. В эпоху Римской империи солдатам выдавали определенную часть жалования поваренной солью «*salarium argentums*». Считается, что от этого словосочетания произошло английское «*salary*» – «заработная плата, жалованье»\*. Производство и

\* См.: Kurlansky M. Salt: A World History. – New York: Plenum, 2002.

торговля солью были чрезвычайно важными факторами экономической и социально-политической жизни народов в Древнем мире и в Средние века. Налоги на соль служили постоянным источником пополнения государственной казны во многих странах. Монополия на торговлю солью привела к возвышению Венеции в Италии и Галле в Германии. Французские короли установили монополию на продажу прав на производство соли. С 1630 г. по 1710 г. налог на соль во Франции увеличивали 14 раз, что послужило одной из причин Великой французской революции\*. И в России налоги на соль были доходной статьей государственного бюджета.

С древности люди использовали следующие важнейшие способы добычи поваренной соли\*\*:

- а) естественное испарение морской воды в «соляных садках» («морская соль»);
- б) добыча в рудниках – «соляные копи» были известны еще во времена кельтов, а в Величке, около Кракова (современная Польша), они существовали с XIII в.;
- в) выпаривание вод соляных источников.

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 В. Бирингуччо и Г. Агриколы (см. гл. 5, п. 5.3) хорошо известно, какие химико-технологические процессы применяли в то время для добычи соли. Растворы, содержавшие соль, выпаривали на больших противнях. При их кипячении добавляли кровь, чтобы удалить примеси (с помощью коагуляции) вместе с образовавшейся пеной. С конца XVI в. растворы соли очищали и концентрировали 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 становилось государственной монополией, а солеварни приобретали специфические черты капиталистических предприятий\*\*\*.



*Кристаллизация соли. Миниатюра XV в.*

\* См.: Laszlo P. Salt: Grain of Life // Columbia University Press, 2001.

\*\* См.: Шмубе В. Указ. соч. – С. 159.

\*\*\* Там же.

### 7.4.2. Добыча и производство других солей

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

До XVI в. главными поставщиками квасцов служили страны Ближнего Востока и Египет. Экспортируя этот химический продукт, 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 и Пизе. Выходцу из Константинополя купцу Джиованни де Кастро 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\*. В XVI в. уже во многих европейских странах действовали заводы, производившие квасцы. Это сырье широко использовали для дубления кожи, приготовления красителей, бумаги, различных клеев и лекарств; применяли 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 чего 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 фармакологии\*\*.

Монополия на производство буры с давних времен 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, перекристаллизацией. Способы производства буры сохранялись в строжайшей тайне. Даже такой великолепно эрудированный химик, как Г. Агрикола в своей книге сообщал 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 как антисептическое средство, флюс в металлургии, добавку к мылам и крахмалу. Ее также использовали для пайки, дубления кож, пропитки холстов, при производстве стекла, глазури и эмалей.

Нашатырь, необходимый при лужении металлов и производстве некоторых лекарственных препаратов, долгое время импортировали в Европу из Египта и Индии. Хотя еще в XIV в. Псевдо-Джабир описал способ получения этого соеди-

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 160.

\*\* Там же. – С. 154.

нения, лишь в XVIII столетии в Европе было налажено его производство. В основе этого способа лежала переработка ветоши, старой шерсти, костей, а также выделений и останков животных\*.

### 7.4.3. Получение соды по методу Леблана

Долгую и интересную историю имеет технология производства соды. К XVIII в. потребности в карбонате натрия резко возросли. Постоянно развивающееся производство стекла, мыла и текстиля нуждалось в больших количествах соды, и те несовершенные методы получения этой соли, которые применялись до XVIII в., запросы промышленности удовлетворить не могли. В то время природный карбонат натрия добывали из содовых озер в Египте, из некоторых минеральных пород Венгерской низменности между Дунаем и Тисой, а также из золы растений. Последний из перечисленных способов получения соды был дорогостоящим и вызывал возмущение общества, поскольку интенсивная вырубка лесов подвела Западную Европу практически к краю экологической катастрофы (см. гл. 7, п. 7.1.1).

Основными источниками карбонатов щелочных металлов были поставки из России, Скандинавии и Северной Америки, где еще сохранились обширные лесные массивы. Однако себестоимость импортируемых соды и поташа была достаточно высока, поэтому в первой трети XVIII в. европейские химики занялись поиском более эффективных способов получения больших количеств соды из того сырья, которое было наиболее доступным. В числе энтузиастов были известные ученые того времени – А. Л. Дюамель дю Монсо, А. С. Маргграф, К. В. Шееле, М. де ла Метри, Б. Хиггинс, А. Фордис, Г. де Морво, И. К. Фридрих Майер, Ж. А. К. Шапталь. Особенно важным оказалось открытие А. С. Маргграфа: ему удалось установить, что сода и поташ – это разные вещества, а не одно и то же, как считали ранее.

Дюамель в 1736 г. попытался из сульфата натрия с помощью уксусной кислоты синтезировать ацетат натрия 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 при прокаливании с углем можно было синтезировать соду. 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 чрезвычайно трудоемкими, дорогостоящими и невыгодными для ремесленного производства.

В 1783 г. король Франции Людовик XVI и Парижская академия наук объявили конкурс на разработку наиболее экономичного и эффективного способа производства соды из морской соли. В награду победителю конкурса было обещано 2400 ливров.

В 1775 г. К. В. 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.

\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 160.





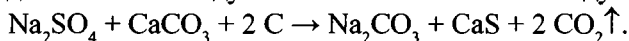
Никола Леблан  
(1742–1806)

Малербом: исходным сырьем служили поваренная соль и серная кислота, а в процессе использовали также уголь и железо. Вряд ли целесообразно рассматривать здесь многие другие способы получения соды, которые из-за их высокой стоимости и большой продолжительности процесса в дальнейшем не использовались.

Важную роль в развитии химической промышленности сыграл метод производства соды, предложенный в 1791 г. французским ученым *Никола Лебланом*. Метод Леблана представлял собой периодический технологический процесс, в результате которого из хлорида натрия получали карбонат натрия. На первом этапе исходное сырье под воздействием серной кислоты превращали в сульфат натрия:



Эта реакция была подробно изучена шведским химиком К. В. Шееле. Основным вкладом автора промышленного метода получения соды явился второй этап превращений, при осуществлении которого полученный сульфат натрия смешивали с мелкоизмельченным мелом и углем, а затем нагревали. Исходные вещества взаимодействовали между собой в соответствии со следующей реакцией:



Метод Леблана позволял достаточно легко разделить не только конечные продукты, но и возможный избыток мела или известняка, поскольку карбонат натрия обладает несравненно более высокой растворимостью в воде по сравнению с сульфидом кальция или исходным карбонатом кальция. Раствор карбоната натрия в воде подвергали испарению, в результате чего получали чистую соду.

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 чего 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»\*.

В 1791 г. в Сен-Дени на землях герцога Орлеанского Луи Филиппа II Н. Леблан организовал первую фабрику по выпуску соды на основе новой технологии, причем ежегодный объем производимого ею продукта составлял 320–350 т. Однако в 1794 г. революционное правительство Франции конфисковало поместья герцога Орлеанского вместе с фабрикой и при этом отказало Леблану в выплате компенсации за понесенные убытки. Кроме того, новые власти разгласили все производственные секреты французского ученого. В 1802 г. Наполеон Бонапарт вернул фабрику прежнему владельцу. Однако у Леблана уже не было ни сил, ни средств, чтобы отремонтировать фабрику и повторно наладить производство. В 1806 г. в состоянии депрессии французский ученый покончил с собой.

В начале XIX столетия метод Леблана получил широкое признание не только на родине ученого, но и в других странах. К концу первого десятилетия XIX в. по новой технологии во Франции производили уже до 15000 т соды ежегодно. Особенно интенсивно метод Леблана стали внедрять в Англии. Первую фабрику по производству соды на основе метода Леблана построил Джон Лош в 1807 г. на реке Тайн. К семидесятым годам XIX в. производство соды в Англии достигло 200000 т в год, что превышало объем этого продукта, произведенный всеми европейскими странами в целом. Последняя фабрика по выпуску соды на основе технологии Леблана закрылась только в двадцатых годах XX в.

Получение соды по методу Леблана, 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 – поваренной соли, извести и угля. Кроме того, при этом удавалось сберечь значительное количество общественного труда, что является показателем технического прогресса\*\*. 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.

Тем не менее с точки зрения современности метод Леблана не лишен серьезных недостатков. Один из них – загрязнение окружающей среды. На первой стадии процесса, согласно уравнению реакции, выделялся газообразный хлороводород. В начале XIX в. этому соединению еще не нашли достойного промышленного применения, поэтому его просто выбрасывали в атмосфе-

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 165.

\*\* Там же.

ру. Еще одним из побочных продуктов производства соды являлся сульфид кальция, который в ту пору также не умели перерабатывать и сваливали в отходы на прилегающих к фабрикам территориях. Под влиянием атмосферных воздействий  $\text{CaS}$  подвергался гидролизу с образованием сильно ядовитого вещества – сероводорода.

Открытие Никола Леблана явилось результатом длительного развития химико-технических исследований. Его можно расценить как одно из важнейших составных частей фазы наивысшего развития химии в XVIII в. Изобретение Н. Леблана в немалой степени способствовало освобождению химии от «старых путей» и переходу ее в XIX в. на качественно новую ступень развития.

## 7.5. Изготовление письменных материалов

История письменных материалов неразрывно связана с возникновением письменности как знаковой системы фиксации речи, позволяющей с помощью начертательных (графических) элементов закреплять речь во времени и передавать ее на расстояние. Впервые письменность возникла в Древнем Междуречье в конце IV тыс. до н.э\*. Основными письменными материалами у древних шумеров были приготовленные специальным образом глиняные таблички.

Практически одновременно (может быть, с запозданием на несколько столетий) возникла письменность в Древнем Египте. В качестве основного письменного материала египтяне использовали *папирус*\*\*. В древности папирус встречался в Египте очень часто и даже изображался на гербе Дельты Нила. Впоследствии его культура стала монополией; его разводили лишь в немногих местах, желая поднять и без того высокую цену. В жизни древних египтян папирус играл очень важную роль и служил самым разнообразным целям: его молодые побеги употребляли в пищу, корень служил горючим материалом, используемым в производстве меди и железа. Из коры папируса делали сандалии, а волокна шли на изготовление различных тканей, которые ценились выше льняных. Из связанных стволов сооружали челноки для рыбной ловли и даже большие суда.

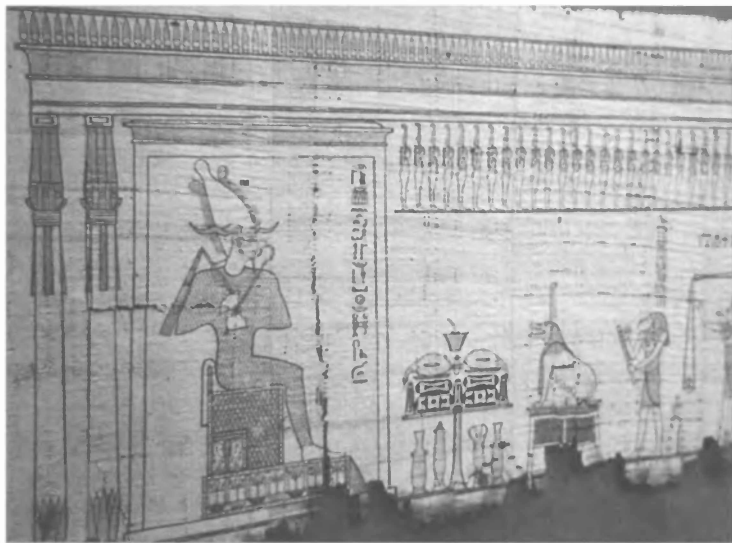
Особенно значимым было употребление папируса в качестве письменного материала. С этой целью стебли папируса древние мастера очищали от коры и разрезали вдоль. Получившиеся полоски раскладывали внахлест на ровной поверхности. На них выкладывали под прямым углом еще один ряд полосок и помещали под пресс. После сушки лист папируса отбивали молотком. По-

---

\* Возникновение письменности у древних шумеров объясняет дошедшая до наших дней легенда о споре Энмешарра с правителем города Аратты, находившегося далеко на востоке. Оба вождя через своих послов загадывали друг другу загадки, и одна из загадок Энмешарра оказалась настолько трудной, что посол никак не мог ее запомнить, поэтому пришлось изобрести письменность.

\*\* *Папирус* (*Cyperus papyrus*) – растение, принадлежащее к семейству осоковых. В древности дикорастущий папирус был широко распространен в долине Нила, в настоящее время практически не встречается.

лученные таким образом листы папируса затем склеивали в свитки, а в более позднее время – соединяли в книги (лат. *codex*). Сторона, на которой волокна шли горизонтально, была лицевой. На папирусах писали скорописью, сначала иератическим письмом, а в I тыс. до н.э. – демотическим. Для записи сакральных текстов использовали кур-



Древнеегипетский папирус. Фрагмент из «Книги мертвых»

сивные египетские иероглифы. Кроме того, на папирусы наносили различные изображения – известным примером служат виньетки Книги мертвых. Наибольшую известность получили папирусы Среднего царства, которые выставлены в Британском музее, Эрмитаже и других хранилищах мировой культуры. От времен Нового царства дошло до нас множество папирусов самого разнообразного содержания. Весьма интересны школьные тетради писцов, судебные акты, сказки, письма чиновников, официальные бумаги, молитвы богам и другие религиозные тексты. От позднейших эпох Египта осталась масса греческих, коптских, арамейских и арабских папирусов, рассеянных по всем музеям и коллекциям.

В античную эпоху папирус был основным материалом во всем греко-римском мире, но сохранились папирусы только в Египте благодаря уникальному климату. Самой большой коллекцией папирусов различных эпох и народов располагала знаменитая Александрийская библиотека. В Египте были найдены и греческие папирусы, которые внесли неоценимый вклад в классическую филологию: например, один из папирусов сохранил для нас «Афинскую политику» Аристотеля, от которой в противном случае было бы известно только название.

Еще одним предшественником бумаги можно считать *пергамент*. По свидетельству врача персидского царя Артаксеркса II Ктесия, уже в V в. до н.э. кожу животных в качестве письменного материала использовали народы Ближнего Востока. Откуда она, под именем *дифтера*, перешла в Грецию, где для письма употребляли обработанные овечьи и козьи шкуры.

По свидетельству Плиния во II в. до н.э. египетские цари династии Птолемеев, желая поддержать книжное богатство Александрийской библиотеки, нашедшей себе соперницу в лице Пергамской, запретили вывоз папируса за пре-

дела Египта. Тогда в Пергаме\* обратили внимание на выделку кожи, усовершенствовали древнюю дифтеру и пустили ее в оборот под именем *pergamhnh*, по месту главного производства (у римлян *membrana*, с IV в. н.э. – *pergamena*). Иногда в качестве изобретателя пергамента называют царя Пергама Эвмена II (197–159 гг. до н.э.).

Популярности пергамента способствовало то, что при его использовании (в отличие от папируса) существовала возможность смыть текст, написанный растворимыми в воде чернилами, и нанести новый. Кроме того, на пергаменте можно было писать с обеих сторон листа. В монастырском книжном обиходе средневекового периода пергаментные кодексы постепенно вытеснили папирусные свитки. С IV в. н.э. уже был распространен обычай писать богослужебные книги только на пергаменте. В Средние века знали два основных сорта пергамента: *собственно пергамент* и *веллум* (лат. *vellum*), или также *велен* (от франц. *velin*). Для изготовления пергамента употреблялись козьи, овечьи и телячьи шкуры; на изготовление велена шли шкуры новорожденных и особенно мертворожденных ягнят и телят\*\*. Пергамент был толще и грубее велена. Однако раннее Средневековье практически не знало велена в строгом значении этого слова – его начали широко применять в производстве книг только с конца XII в.

Вне зависимости от того, какие шкуры использовались, мастера-пергаментщики начинали с промывки и удаления с них наиболее грубого и жесткого волоса. После этого шкуры подвергали золению – длительному вымачиванию в известковом растворе. В извести шкуры выдерживали от трех до десяти дней в зависимости от температуры окружающего воздуха, а затем промывали в воде, это облегчало удаление оставшегося волоса. После выпадения волосяного покрова шкуры натягивали на деревянные рамы и мездрили, то есть отделяли от дермы нижний слой – подкожную клетчатку. Эта операция производилась при помощи полукруглых ножей. Затем шкуры шлифовали и выглаживали пемзой.

На последней стадии обработки в пергамент втирался меловой порошок, впитывающий жир, не удаленный при предыдущих обработках. Помимо этого, меловой порошок делал пергамент более светлым и однородным по цвету. К писцам и художникам пергамент поступал разрезанным и, как правило, собранным в тетради. Для ценных рукописей, чтобы придать им особую роскошь, использовали цветной, всего чаще фиолетовый пергамент, на котором писали серебром и золотом.

В Российской Национальной библиотеке (Санкт-Петербург) хранятся две поистине уникальные рукописи. Одна из них написана св. Августином на превосходном, мягком и тонком, почти белом пергаменте, выделка которого представля-

\* *Пергам* (Пергамское царство) – государство, существовавшее в 283–133 гг. до н.э. в северо-западной части Малой Азии. Основано одним из сподвижников Александра Македонского Эвменом I. Со второй половины II в. до н.э. – под влиянием Рима. В 133 г. до н.э. царь Аттал III завещал Пергам Риму; на территории Пергама была образована римская провинция Азия (129–126 до н.э.).

\*\* См.: *Reed R. Ancient Skins, Parchments, and Leathers.* – London: Seminar Press, 1972. – P. 49.

ет своего рода совершенство. Второй манускрипт представляет собой греческое четвероевангелие, писанное золотом по фиолетовому пергаменту, по преданию, рукой византийской императрицы Феодоры.

В то время, когда в Египте, Греции и Риме писали на пергаменте и папирусе, в Китае уже употребляли бумагу. Создание бумаги по праву относят к четырем великим изобретениям древнего Китая. На основании китайских летописей официально признано, что в 105 г. н.э. технологию производства бумаги на основе хлопка впервые открыл китайский ученый *Цай Лунь*. Считается, что идею производства бумаги китайский изобретатель заимствовал у диких пчел и ос, которые используют пережеванную древесную массу при строительстве своих гнезд. Однако в последнее время историками обсуждаются факты, указывающие на то, что бумагу использовали китайские военные в северной провинции Гансу за сто лет до изобретения Цай Луня. Совсем недавно археологи отыскивали образцы настоящей бумаги (правда, без надписей и рисунков) в культурных слоях, датированных II в. до н.э.

Как доказывают недавние археологические исследования, бумагу знали племена майя уже в V в. н.э. Бумага была достаточно широко распространена среди мезоамериканских культур еще до завоевания испанскими конкистадорами. Некоторые традиционные методы изготовления бумаги, известные майя, сохранились и до настоящего времени.

Технология изготовления бумаги крайне медленно проникала в сопредельные с Китаем страны Востока. И хотя жители Кореи и Японии были знакомы с бумагой китайского производства, наладить ее изготовление не удавалось несколько столетий – китайские мастера весьма неохотно делились секретами производства. Приблизительно около 600 г. технология изготовления бумаги проникла в Корею, а спустя еще двадцать лет – в Японию.

Китай торговал бумагой и с ближневосточными государствами, однако рецепт ее изготовления был недоступен арабским ремесленникам вплоть до середины VIII в. Проникновение технологии производства бумаги на Запад связывают с битвой при Таласе. В этом сражении между арабскими и китайскими армиями решался вопрос о том, чьей сферой влияния окажется территория Средней Азии. В 751 г. победа оказалась в руках воинов ислама, поэтому Средняя Азия перешла под протекторат мусульманского мира. Арабским воинам достались не только богатые трофеи, но и огромное число пленных, среди которых оказались мастера, владеющие секретами изготовления бумаги. Так в VIII в. н.э. секреты производства бумаги стали известны в мусульманских государствах Ближнего Востока, Северной Африке и Испании. Именно из Кордовского халифата, которому принадлежало практически две трети современной Испании, бумага проникла в Западную Европу. Первой страной христианского мира, которая познакомилась с бумагой, была Италия. Самым древним из известных в Западной Европе документов, написанных на бумаге, является рукопись мусульманского требника, датированная XI в., происхождение которого связывают с Кордовским халифатом.

В XI–XII вв. бумага уже известна в большинстве стран Западной Европы. Несмотря на все попытки сохранить в тайне секреты ее производства, в XIII–XIV сто-

летиях ее изготавливали уже практически по всей Европе. При этом наряду с тряпьем и растительными волокнами льна и конопли использовали такие вещества, как щелочи, клей, отбеливающие и красящие соединения. Технология изготовления бумаги в то время была весьма примитивной. Практиковали ручной размол массы деревянными молотками в ступе, из которой ее вычерпывали формами с сетчатым дном. Только в 1238 г. в Испании была сооружена первая бумажная мельница.

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. Иоганн Гуттенберг (см. гл. 5, п. 5.1) изобрел книгопечатание. Важнейшим следствием этого изобретения для науки, и в частности химии, стало значительное увеличение печатания книг не только религиозного, но и научного содержания. Распространение в XV–XVI вв. книгопечатания по своей значимости можно считать *первой информационной революцией\**. Оно оказало такое же громадное влияние на развитие знаний, как появление в XX в. радио и телевидения. Начиная с середины XVIII в. книги и газеты издавались все чаще не на латыни, а на «живых» языках европейских народов. Все это резко увеличило количество читателей в европейских странах.

Некоторые популярные печатные издания стали доступными европейским горожанам и даже крестьянам уже в XV в., однако цена большинства книг вплоть до XIX в. оставалась достаточно высокой. В эпоху Возрождения большинство людей, которые приобщались к знаниям посредством чтения, были представителями буржуазного сословия. Просвещение стало составной частью борьбы буржуазии за свои политические и экономические права. Многие ученые и книгоиздатели боролись со средневековыми цеховыми правилами, согласно которым опыт следовало хранить в тайне. В своих сочинениях, получивших широкую известность, В. Бирингуччо, Г. Агрикола, Л. Эркер и другие ученые описали известные ранее лишь немногим сведения о способах производства разнообразных химических продуктов (см. гл. 5, п. 5.2, 5.3). Доступность знания приходила на смену сохранению традиций. Ученые пытались сделать накопленную ранее информацию по проведению химических процессов полезной для решения практических задач.

Большое значение для развития производства бумаги имело изобретение во второй половине XVII в. размалывающего аппарата – ролла. В начале семидесятых годов XVIII в. английский бумажный фабрикант Дж. Ватман-старший ввел новую бумажную форму, позволявшую получать листы бумаги без следов сетки. В конце XVIII в.



Памятник первопечатнику  
Ивану Федорову работы  
С. М. Волнухина. Бронза.  
Установлен в Москве в 1909 г.

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 34.

роллы уже позволяли изготавливать большое количество бумажной массы, но ручной отлив (вычерпывание) бумаги задерживал рост производства. В 1799 г. Н. Л. Робер (Франция) изобрел бумагоделательную машину, механизировав отлив бумаги путем применения бесконечно движущейся сетки. В Англии братья Г. и С. Фурдринье, купив патент Робера, продолжали работать над механизацией отлива и в 1806 г. запатентовали свою бумагоделательную машину. Технические усовершенствования, которые были осуществлены в промышленном производстве бумаги на рубеже XVIII–XIX вв., резко снизили себестоимость конечного продукта и улучшили его качество. В конечном счете, все эти технологические усовершенствования привели к заметному удешевлению печатной продукции.

Основателем книгопечатания в России и на Украине является *Иван Федоров*. В 1564 г. в Москве совместно с П. Мстиславцем он выпустил первую русскую датируемую печатную книгу «Апостол». В 1574 г. И. Федоров напечатал во Львове первую славянскую «Азбуку», а несколько позднее в Остроге издал первую полную славянскую Библию («Острожская Библия»).

## 7.6. Производство сахара

Изготовление сахара, как и бумаги, отчетливо демонстрирует интернациональный характер развития многих технологических процессов. Впервые сахар начали получать в Индии. Технология очистки сахара, по-видимому, была освоена в Персии, а затем усовершенствована в Египте и Сирии\*. Марко Поло писал, что из Египта опыт производства сахара проник в Китай. 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 арабских торговцев. Именно арабы способствовали распространению посевов сахарного тростника 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. С открытием Нового Света в XVI в. произошло расширение площадей, отведенных под сахарный тростник, новые плантации были заложены в Бразилии, Мексике, на острове Сан-Доминго и на Кубе. Увеличение производства сахара было обусловлено и быстро возросшим в XVI–XVIII вв. спросом на другие колониальные товары: чай, кофе и какао.

Вплоть до XVIII в. технология производства сахара мало отличалась от разработанной в средневековом Египте. Правда, в отличие от Египта, в Европе для совершения механической работы в производстве использовали не людей и животных, а чаще всего ветряные двигатели или водяные колеса. Силой ветра или падающей воды в движение приводили вальцы, которые выжимали сок из стеблей сахарного тростника, и мешалки, предохраняющие сироп от пригорания к стенкам варочных котлов.

\* См.: *Штрубе В.* Указ. соч. – С. 161.



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. Сахар обкладывали специальной сырой глиняной «кашей», которая поглощала примеси. После удаления этой «каши» и промывки сахарная «голова» приобретала чистый белый цвет. Производительность процесса очистки была сравнительно низкой: из 100 частей сахара сырца удавалось получить всего лишь примерно 20 частей рафинада\*.

С конца XVI в. рафинация тростникового сахара была освоена в Антверпене, Гамбурге, Нюрнберге, Аугсбурге, Дрездене, а также в некоторых английских и французских городах. В XVII–XVIII вв. производство сахара стало важнейшей отраслью химических ремесел, связанных с получением органических продуктов\*\*. В XVIII в. произошло заметное укрупнение предприятий по производству сахара-рафинада, они имели большие по тем временам производственные возможности.

Во второй половине XVIII в. в производстве сахара наметился переход на новое сырье и более передовые технологии рафинирования конечного продукта. В 1747 г. *Андреас Сигизмунд Маргграф* выпустил книгу, в которой описал способы получения из свеклы и некоторых других растений такого же сахара, как из тростника. Процессы, описанные А. С. Маргграфом, были наглядными примерами многочисленных химических реакций, осуществляемых в ту весьма практичную эпоху. Правители европейских государств стремились заменить на внутреннем рынке своих стран импортные продукты товарами собственного изготовления. Технология, предложенная Маргграфом, была необычайно важна для развития сахарной промышленности, однако предложенные им способы 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 сахарозы. В Германии промышленное производство сахара из свеклы распространилось в начале XIX в., а вскоре и во Франции сахароварение превратилось в мощную отрасль индустрии.

Появление отрасли промышленности, производящей сахар из свеклы, вызвало большие изменения в структуре сельского хозяйства и повлияло на переустройство системы землепользования во многих странах Европы. Прежде всего, производство сахара из свеклы привело к резкому снижению стоимости конечного продукта. В результате падения цен на сахар существенным образом изменился и рацион питания людей – сахар и кондитерские изделия, которые раньше могли позволить себе только состоятельные буржуа и аристократы, стали доступными для широких слоев населения.

\* См.: *Fester G.* Op. cit. – S. 109.

\*\* Ibid. – S. 196.

## 7.7. Новые вещества и технологии

### 7.7.1. Порох и зажигательные смеси

Как свидетельствуют историки, примерно с IV в. до н.э. армии греческих городов-государств и воевавшие с ними персидские цари в морских и сухопутных сражениях 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\*. Существует мнение, что зажигательные смеси могли содержать негашеную известь, которая воспламенялась на поверхности воды. Смесь, содержащую негашеную известь, по всей видимости, и называли «греческим огнем»\*\*. В «Огненной книге» Марка Грека, написанной в 1250 г. в Константинополе, приводится рецепт приготовления «греческого огня». В его состав входили смола, сера, нефть, масла и поваренная соль. Рукописные копии этого труда содержат также рецепты изготовления пороха из 6 частей селитры, 2 частей угля, 1 части серы. Однако копии этого манускрипта в Европе стали известны после 1250 г.

В середине XIII в. появились труды арабских ученых, где описывались свойства нового соединения – селитры и ее охлаждающее действие. В конце XIII в. увидела свет книга Хасана ар-Раммайя с описаниями многих способов грубой и тонкой очистки природной селитры. В этом фолианте содержались 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 секрет его изготовления попал в Европу через Индию и арабские государства. С незапамятных времен в Китае узнали те звуковые эффекты, которые производит бамбук, если его бросить в огонь. Давление горячего воздуха и пара внутри полых стеблей с громким треском разрывало их. В дни новогодних праздников треск разрывающегося бамбука отпугивал злых духов и расчищал дорогу наступающему году. Взрывать бамбук было любимой потехой китайцев и во времена Марко Поло, который в 1295 г. привез в Европу свой полный чудес отчет о загадочной «стране Китай».

Открытие дымного пороха считают одним из четырех величайших изобретений древнего Китая. В IX в. н.э. появилось некое новое вещество, специально предназначенное для создания шума. По всей видимости, открытие этой смеси произошло случайно. Средневековые китайские алхимики, в отличие от своих коллег из арабского мира и Западной Европы, не стремились к получению золота. Своей главной задачей они считали разгадку состава эликсира бессмертия\*\*\*. На

\* См.: *Шмубе В.* Указ. соч. – С. 129.

\*\* *Fester G.* Op. cit. – S. 41.

\*\*\* См.: *Kelly J.* Gunpowder: Alchemy, Bombards, & Pyrotechnics: The History of the Explosive that Changed the World. – London, 2004. – P. 9.

этом пути их внимание привлекали материалы с парадоксальными свойствами: золото – металл, который никогда не тускнеет; ртуть – жидкий металл; сера – камень, способный гореть, – не таят ли эти вещества секрет вечной молодости?

Главным компонентом «огненного зелья» стала селитра. В Китае ее можно было найти без труда – она выступала белой коркой на некоторых почвах. В местностях, где не хватало столовой соли, повара иногда использовали селитру, чтобы улучшить вкус блюд. Конечно, они замечали, как ярко вспыхивает огонь, если бросить в него щепотку этого белого порошка. Производство относительно чистой селитры было неременной частью обычного репертуара алхимиков, которые веками изучали ее свойства. Все алхимические трактаты эпохи Тан (618–907) упоминают о селитре и способах ее приготовления.

Давно знали китайские ученые и о горючих возможностях серы. Этот элемент – один из немногих, которые встречаются в природе в виде простого вещества. Третьим компонентом смеси стал древесный уголь, который издавна использовался как источник тепла. Селитра, сера и древесный уголь, вступая в сложное взаимодействие, вызывали к жизни магию «огненного зелья». Когда вспыхивал порох, газы выделялись мгновенно, а тепло, образующееся при реакции, заставляло их чрезвычайно расширяться. Стремительным расширением горячего газа и объясняются все эффекты «огненного зелья». В одном из отчетов средневековых китайских алхимиков указывалось, что при нагревании смеси селитры, древесного угля, серы и меда вырывается пламя, окутанное густыми клубами дыма\*. Еще одной важной задачей было установить правильное соотношение, в котором надо смешать все три ингредиента. Путем долгих экспериментов был вычислен оптимальный состав дымного пороха: селитру, серу и уголь соединяли в массовых соотношениях 15 : 2 : 3. Конечно, химические механизмы этого процесса тогда еще не были известны – до открытия кислорода оставалась еще почти тысяча лет. Китайские алхимики разрабатывали теории, исходя из собственной концепции движущих сил мироздания, которая рассматривала мир как систему находящихся в равновесии противоположностей: инь – пассивное, холодное, женское начало и ян – активное, горячее, мужское.

В исторической литературе бытует устойчивое заблуждение, что в Китае порох не использовали в военных целях, по крайней мере до нашествия монгольских завоевателей. Однако первые документы, подтверждающие применение взрывоопасной смеси в боевых условиях, относятся к самому началу X в. По всей видимости, первоначально порох использовали для создания «огненных стрел» – примитивных ракет. В этот период китайские военные применяли порох главным образом в качестве зажигательных и разрушительных средств. К XI в. были уже разработаны начиненные порохом бомбы и гранаты, которыми забрасывали вражеские войска с помощью катапульт. Свойства пороха как метательного взрывчатого вещества (пропеллентные свойства) стали использовать несколько позднее. Документ, в котором содержалось описание экспериментов с первой пушкой, представлявшей

\* См.: Kelly J. Op. cit. – P. 12.

собой полый ствол бамбука, датируется 1132 г. Металлические орудия (железные или бронзовые) в китайской армии династии Сун применили во время сражений с монгольскими ордами Хубилай-хана (внука Чингиз-хана) в 1268–1279 гг. Еще в 1257 г. некий китайский чиновник сетовал на то, что в сунских арсеналах отчаянно не хватает



*Китайские воины отражают атаку врага с помощью «огненных стрел»*

современного оружия, особенно железных бомб и огненных стрел. Однако эти предостережения не были услышаны. Хубилай-хан напал на сунский Китай и быстро обратил страну в придаток огромной Монгольской империи\*.

В XIII в. порох стал известен в арабском мире. Как свидетельствуют историки, уже в начале сороковых годов XIII столетия арабы знали о существовании селитры («китайского снега»), пороха и первых ракет («огненных стрел»)\*\*.

В книге по военному искусству арабского ученого Шемс-ад-Дина Мохаммеда, который жил в конце XIII – начале XIV вв., были описаны способы использования пороха для стрельбы\*\*\*. Автор писал, что вначале в дуло орудия засыпали «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 для очень быстрого развития артиллерии в Западной Европе. В 1273 г. некое подобие пороховой пушки применил военачальник Абу-Юсуф из династии Меринидов при осаде города Сиджильмасы.

К настоящему времени не существует какой-либо единой версии о путях проникновения пороха в Западную Европу. Вероятнее всего, постепенно через страны Ближнего Востока по Великому шелковому пути порох дошел до европейских стран\*\*\*\*.

Первое письменное упоминание о порохе можно встретить в сочинении Роджера Бэкона (см. гл. 4, п. 4.3) «De Secretis Operibus Artis et Naturae», датированном 1248 г. Спустя девятнадцать лет в своей книге «Великий труд» английский фи-

\* См.: Gernet J. A History of Chinese Civilisation. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

\*\* См.: Kelly J. Op. cit. – P. 22.

\*\*\* См.: Шмрובה В. Указ. соч. – С. 129.

\*\*\*\* См.: Brown G. I. The Big Bang: A History of Explosives. – New York: Sutton Publishing, 1998. – P. 54.



*Бертольд Шварц.  
Гравюра конца XVI в.*

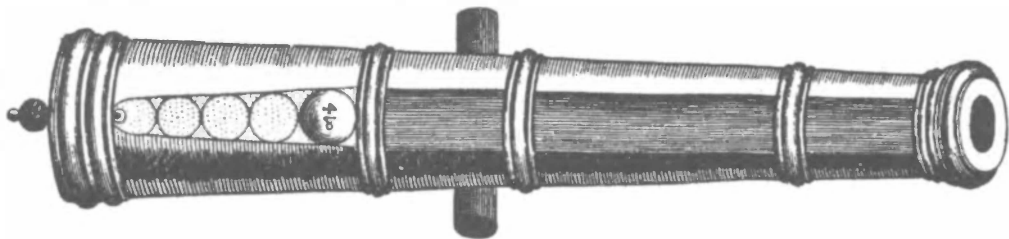
лософ и алхимик подробно описал состав смеси, которую можно применять для изготовления фейерверков\*. Основываясь на этих трудах, некоторые историки приписывают изобретение пороха именно Роджеру Бэкону.

По всей видимости, появление пороха в Европе нельзя расценивать как открытие, имеющее однозначное авторство и дату своего рождения. Скорее всего, порох следует считать плодом коллективного труда многих алхимиков того времени: примерно в одно и то же время он появился в разных городах Европы\*\*. По свидетельству средневековых хронистов, в 1258 г. жители Кельна впервые в Европе использовали зажигательные составы. Изобретение пороха и применение его в военных целях способство-

вало появлению огнестрельного оружия: пушек, а затем ружей и pistols. Во Фрайбурге, где, согласно легенде, долгое время жил монах Бертольд Шварц, которого также некоторые авторы склонны считать европейским изобретателем пороха\*\*\*, в 1300 г. была отлита первая пушка.

Европейские монархи стремились быстро перевести свои армии на новое, более мощное и смертоносное вооружение. Порох вынудил полководцев пересмотреть аксиомы военного дела, незыблемые в течение столетий. К концу XIII в. порох стал известен и в России, по всей видимости, от монгольских завоевателей.

Если в XIII в. выстрел из пушки был еще сенсацией, то уже в XIV–XV вв. пушки и ракеты начали производить в разных европейских странах. По мнению некоторых историков, первое широкомасштабное применение пушек, переломившее ход кровопролитного сражения, произошло во время Столетней войны в битве при Креси. В 1346 г. английский король Эдуард III с помощью нового оружия разгро-



*Классическая пушка с зарядной камерой длиной в четыре диаметра ядра*

\* См.: Kelly J. Op. cit. – P. 25.

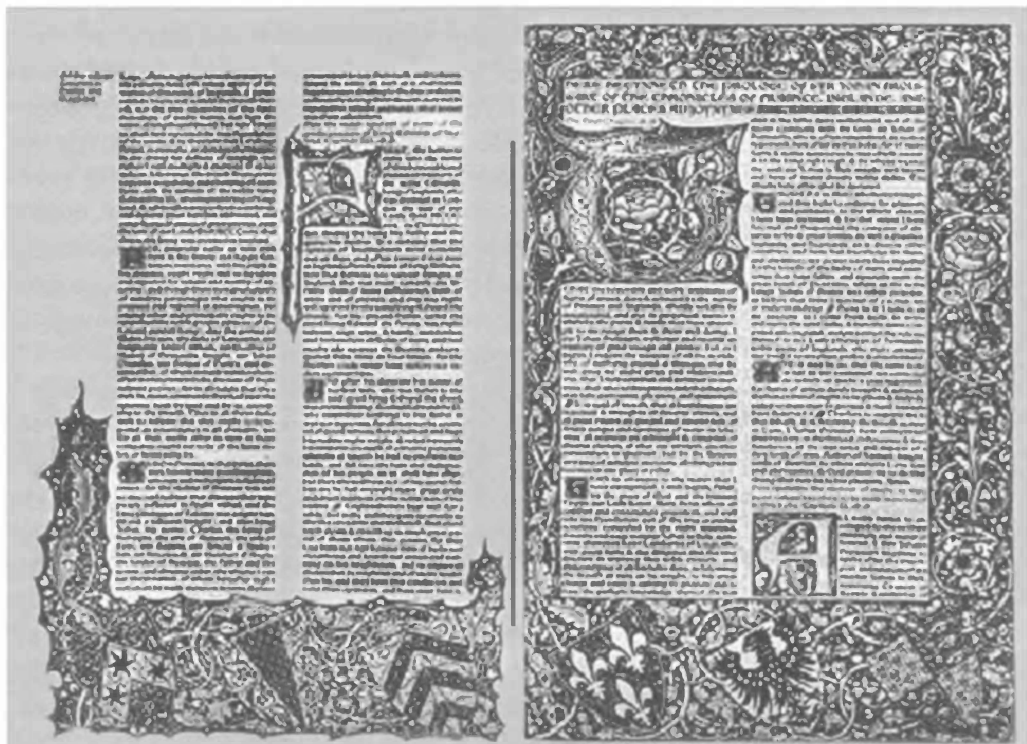
\*\* См.: Partington J. R. A History of Greek Fire and Gunpowder. The Johns Hopkins University Press, 1998. – P. 56.

\*\*\* См.: Штырьев В. Указ. соч. – С. 130.

мил французскую армию, превывшавшую по численности его войско\*. Военное значение огнестрельного оружия росло вместе с его распространением по всему миру. По сравнению с катапультами – машинами для метания камней – и разнообразными стенобитными устройствами, известными еще со времен Древнего мира, огнестрельные орудия обладали гораздо большей разрушительной и убойной силой, значительной дальностью стрельбы и более высокой мобильностью.

В середине XV в. порох уже научились зернить, что отразилось и в его названии\*\*. В XVI–XVII вв. появилось русское слово «порох», очевидно, связанное с порошком. То же мы видим и в других языках: в польском – *proch*, в английском – *powder*, в немецком – *pulver*. Зернение пороха привело к повышению его эффективности как метательного взрывчатого вещества и к дальнейшему усовершенствованию огнестрельного оружия.

Вообще первое известное европейское изображение ракеты и пусковой установки для нее относится к 1405 г. В 1410 г. появилась работа Жана Фруассара «Хроники» с описаниями ракет и пусковых устройств, в 1420 г. – «Энциклопедия военных инструментов» («*Bellicorum Instrumentorum Liber*») Джованни Фонтана,



Страницы из книги Ж. Фруассара «Хроники»

\* См.: Келли Дж. Порох. От алхимии до артиллерии: История вещества, которое изменило мир / Пер. с англ. А. Турова. – М.: Колибри, 2005. – С. 47–52.

\*\* См.: Келли Дж. Указ. соч. – С. 89–90.

к которой прилагался альбом с зарисовками военных ракет. А первое зафиксированное применение боевых ракет в Европе произошло во время защиты Орлеана французскими войсками под предводительством Жанны д'Арк в 1429 г.

Подобно колесу и компасу, порох помог человеку дойти до самого края света. С помощью огнестрельного оружия были покорены моря и континенты, разрушены цивилизации, уничтожены или поработаны целые народы. Испанские конкистадоры с поразительной легкостью завоевали два самых могучих государства Нового Света – империи инков и ацтеков. Армии правителей Куско и Теночтитлана, вооруженные лишь стрелами, луками, копьями и мечами, были повержены не столько ядрами испанцев, сколько устрашающим пламенем и оглушительным грохотом, сопровождавшими применение огнестрельного оружия.

Развивающееся производство ружей и пушек требовало все больше механиков, техников, специалистов в области химии и физики. Увеличивалась и потребность в порохе, металле для пушек и ружей, в орудийных лафетах и другом воинском снаряжении и оборудовании. 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 уже получила отливка церковных колоколов. Изобретение пушек послужило новым стимулом для улучшения технологии литья металлов. Для орудийных стволов требовались специальные сплавы и совершенные методы обработки металлов – сверление, полировка и т.п. Это стимулировало развитие химических знаний и совершенствовало техническое мастерство литейщиков. Подобно печатному станку, порох способствовал рождению современной науки и подготовил промышленную революцию.



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

Переход к огнестрельному оружию привел к возникновению новых химических ремесел, основанных на приготовлении *селитры* и *пороха*. Первые пороховые заводы возникли в Германии: в Аугсбурге (1340), Лигнице (1344) и Шпандау (1348)\*. Одним из основных компонентов при изготовлении пороха являлась селитра. Сначала европейские государства импортировали селитру. (Венеция, через которую товар попадал в Европу, имела большие прибыли от этой торговли.) Однако уже в XV в. из-за растущего спроса на селитру многие европейские государства организовали ее производство из местного сырья. Поставщики селитры получали привилегии от властей.

\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 196.

С XVII в. интенсивные и систематические поиски селитры в Европе привели к организации ее искусственных «месторождений». Стали создавать «селитряные сады» или «плантации». Делали это так: продукты жизнедеятельности (органические остатки) и останки животных смешивались с известковыми почвами, землей кладбищ, захоронений, отходов скотобоен, донными отложениями прудов и болотной жижей. Туда же добавляли известь, мусор, золу и отходы мыловарения. Затем эту смесь засыпали в ямы либо закладывали послойно в кучи и заливали навозной жижей. За счет процессов разложения в течение двух-трех лет в этих ямах или кучах образовывалась селитра. Выход готового продукта составлял примерно 1 : 6, т.е. из 6 кг «селитряной земли» получался 1 кг селитры.

Само собой разумеется, что правители европейских государств были крайне заинтересованы в производстве селитры. Например, в Швеции крестьяне даже были обязаны частично выплачивать селитрой налоги. В Швейцарии производить селитру должны были скотоводческие хозяйства и даже монастыри ордена иоаннитов.

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 создано специальное государственное предприятие по ее получению; великому химику А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, п. 6.7) было поручено осуществлять надзор за производством селитры. Этот факт указывает на то, что к этому времени *между наукой и производством уже установились достаточно прочные связи*.



Лаборатория для определения качества селитры (из книги Л. Эркера «Описание всех известных минеральных руд»). А – выщелачивание «селитряной земли», ... С – весы, ... F – выпаривание пробы с помощью свечи

История производства селитры показывает, что уже с начала XIV в. химические знания были достаточными для того, чтобы в больших количествах изготавливать порох и азотную кислоту – вещества, которые оказались очень важными для развития цивилизации. Со временем способы получения селитры в значительной степени совершенствовались, в результате чего резко вырос объем ее производства. Однако коренные технологические изменения этих и других важных промышленных процессов были осуществлены лишь в XIX в.

Обогащенные селитрой земли выщелачивали, нередко с до-



бавлением золы, поташа или сульфата калия. Затем соляной 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 происходила завершающая стадия – кристаллизация селитры.

Поскольку пороховые заводы предъявляли высокие требования к чистоте селитры, ее приходилось перекристаллизовывать по нескольку раз до определенной степени чистоты, обесцвечивать с помощью угля и квасцов, а также очищать от примесей поваренной соли промыванием в холодной воде.

Распространение и развитие химических ремесел, связанных с изготовлением пороха, оказало большое влияние на совершенствование естественнонаучных знаний, философских систем и даже развитие цивилизации. Густав Фестер указывал, что 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»\*. Эту мысль поддерживал и Дж. Бернал, который считал, что изобретение пороха оказало гораздо большее влияние *на развитие науки*, чем на совершенствование военной техники. «Порох и пушки взорвали не только экономические и политические отношения мира Средневековья, – писал Дж. Бернал, – они также стали важнейшими факторами, которые разрушили средневековое мировоззрение». По мнению Дж. Мэйоу (см. гл. 6, п. 6.4), «селитра произвела такой же шум в философии, как и на полях сражений»\*\*.

Селитра оказалась также веществом, очень важным для других химических ремесел. Изготовление селитры требовало коренного совершенствования методов разделения и очистки солей, при этом особенно важную роль играли процессы растворения и кристаллизации. Появление огня при горении пороха и без доступа воздуха толкнуло 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 (см. гл. 6, п. 6.4).

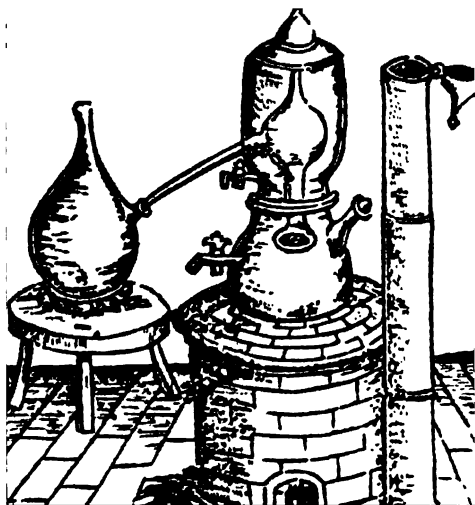
### 7.7.2. Производство спирта

Среди веществ, впервые открытых в эпоху Средневековья и оказавших значительное влияние на развитие всей человеческой цивилизации, необходимо назвать этиловый спирт. В чистом виде спирт был получен примерно в то же время, что и селитра, хотя спиртные напитки были известны уже в течение тысячелетий (см. гл. 4, пп. 4.3–4.5). Чистый этиловый спирт удалось получить в результате усовершенствования методов химического эксперимента, а именно благодаря применению водяного охлаждения при перегонке и углублению знаний о химических процессах.

\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 109.

\*\* См.: Шмрубе В. Указ. соч. – С. 131.

Простейшие виды перегонки были известны с давних пор, однако они были настолько несовершенны, что не позволяли получать из вина и пива даже такой легко кипящий продукт, как этиловый спирт. Следует отметить, что в древности с помощью перегонки получали отнюдь не спирт (хотя еще в эпоху античности знали, что при нагревании крепких вин из них выделяется пар, который может гореть), а масла (главным образом, розовое), скипидар и другие органические вещества. Относящееся к XIII в. сочинение Шемс-ад-Дина Мохаммеда «Космография» содержит описание процессов перегонки и соответствующих аппаратов, используемых для этой процедуры. Например, для получения розового масла в печь помещались несколько соединенных друг с другом колб, 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.



*Перегонка с водяным охлаждением  
(из книги Г. Бруншвига (1500))*

Осуществление процесса перегонки спирта сильно зависело от техники охлаждения. Первоначально использовали только воздушное охлаждение; чтобы повысить его эффективность, всяческими способами старались увеличить путь от кипящего котла до приемника этилового спирта. Например в XV в. в Падуе (Италия), как указывают источники того времени, существовали такие установки для перегонки, у которых котел размещали в подвальном этаже здания, а приемник монтировали над перекрытием первого этажа. Понимая, что вода обладает лучшей теплопроводностью по сравнению с воздухом, ремесленники постепенно усовершенствовали аппаратуру для охлаждения. Важным этапом на этом пути стало применение водяного охлаждения. Поначалу приемник просто опускали в резервуар с водой. В других аппаратах трубку делали витой и также пропускали ее через воду\*.

Даже такая примитивная техника соответствовала требованиям, необходимым для перегонки этилового спирта. Сначала он применялся исключительно как лечебное средство. Во время эпидемий чумы в средневековой Европе этиловый спирт использовали как «живую воду». Его пили в чистом виде или готовили на его основе различные ликеры. Уже в XIV в., кроме вина, люди употребляли этиловый спирт, полученный при переработке зернобобовых культур. Использование картофеля в качестве сырья для приготовления этилового спирта отмечено лишь в XIX в.

\* Охлаждение противоточным методом стало применяться лишь в XVIII в. До этого вообще охлаждение проточной водой использовалось редко. Лишь в XIX в. перегонка стала распространенным экспериментальным методом в химии.



7. DISTILLATIO.  
*In igne succus omnium, arte, corporum Vicens fit vnda, limpida et potissima.*

*Печи и другое оборудование для перегонки жидкостей  
 (из книги: Jan van der Straet. Nova reperta. Antwerpen, 1638)*

В человеческой истории зачастую алкоголь и война шли рука об руку. В Западной Европе не зря говорили, что «водка ведет к пороху»\*. Завоевать огромные территории в Америке и Африке европейцам помогло не только огнестрельное оружие, но и «огненная вода». Типичным примером подобной тактики покорения туземных племен является приобретение острова Манхэттен\*\*. В 1626 г. голландцы выменяли эту землю у индейцев за три бочки рома.

Перегонка оказалась первым усовершенствованным химическим методом, который заметно стимулировал развитие химической теории и практики. Согласно мнению Дж. Бернала, производство этилового спирта «способствовало возникновению первой отрасли промышленности, созданной на научной основе»\*\*\*. Процессы перегонки и сегодня являются одним из фундаментов химической промышленности. Возможность получения этилового спирта перегонкой привлекала внимание к этому интересному химическому методу и натолкнула специалистов на следующую мысль: нельзя ли приготовить с его помощью и другие летучие

\* См.: Штрубе В. Указ. соч. – С. 136.

\*\* Остров Манхэттен – ныне центр города Нью-Йорка.

\*\*\* См.: Бернал Дж. Наука в истории общества. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1956.

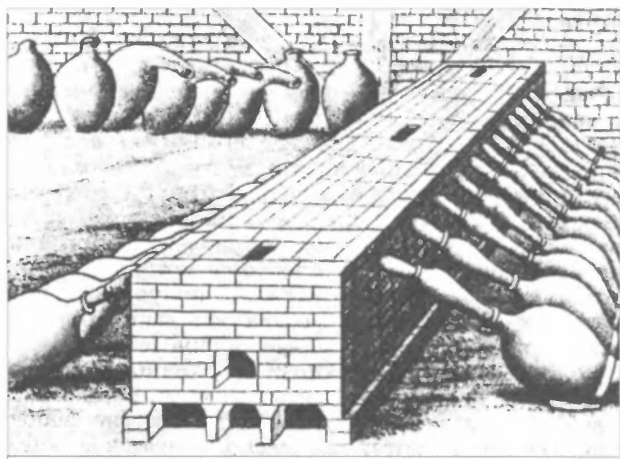
вещества? Как оказалось, данный метод дал прекрасные результаты при получении эфиров и некоторых эфирных масел. Многие используемые в фармакологии и парфюмерии масла растительного происхождения: лавандовое, можжевельное, коричное, гвоздичное, анисовое, полыни, тимьяна, мяты, шалфея, ромашки, тмина, перца, кожуры лимонов и апельсинов – были получены при помощи перегонки. Другие вещества, которые и по сей день играют далеко не последнюю роль в химической промышленности: скипидар, канифоль, янтарное масло, бензойная кислота – были получены сухой перегонкой смол.

### 7.6.3. Минеральные кислоты

Еще одним важным достижением химии XIII в. следует считать получение сильных неорганических кислот. Первые упоминания об опытах с серной и азотной кислотами встречаются в византийской рукописи XIII в.\* Еще в древности было замечено, что при нагревании квасцов или купороса выделяются «кислые пары». Однако получение серной кислоты было освоено лишь в конце XIII в. В книгах Псевдо-Джабира (см. гл. 4, п. 4.5) описаны опыты по получению серной и азотной кислот, а также царской водки.

Долгое время серная кислота применялась лишь как реактив в лабораториях, лишь со второй половины XVIII в. ее стали использовать и в ремесленной практике – вначале при окраске веществ, а затем также и 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 стал непрерывно увеличиваться, поэтому ученые стали задумываться над разработкой рациональных промышленных способов ее производства.

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 по производству серной кислоты была построена в Ричмонде



*Получение серной кислоты при перегонке купороса; впервые описано и иллюстрировано Иоганном Христианом Бернхардтом*

\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 75.

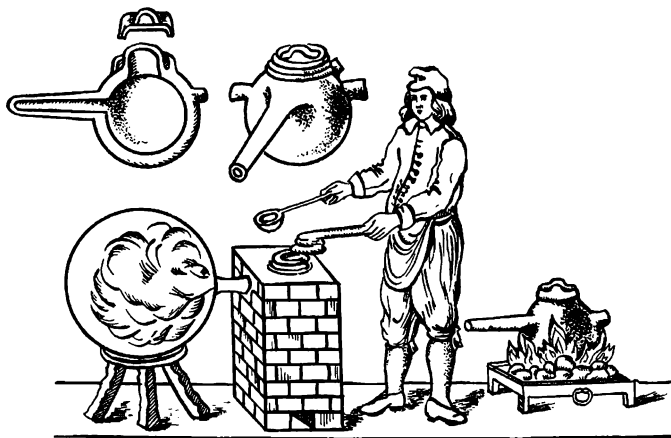
\*\* При этом образуется индигокармин – синий краситель для шерсти.

(около Лондона) д-ром Бардом в 1736 г. На этом предприятии в 50 стеклянных сосудах изготовлялось около 200 л серной кислоты в сутки\*.

В 1750 г. Хоум из Эдинбурга установил, что серную кислоту можно применять как заменитель кислого молока для подкисления при отбеливании льняных холстов и хлопка, причем это было выгодно: во-первых, серная кислота стоила дешевле, а во-вторых, отбеливание с помощью серной кислоты позволило сократить продолжительность процесса от 2–3 недель до 12 часов.

В отличие от серной кислоты азотную кислоту значительно раньше стали применять в ремесленной практике. Она была ценным продуктом, широко используемым в металлургии благородных металлов. В Венеции – одном из крупнейших культурных и научных центров эпохи Возрождения – азотную кислоту применяли еще в XV в. для выделения золота и серебра. Вскоре другие страны, такие, как Франция, Германия и Англия, последовали этому примеру. Это стало возможным благодаря тому, что величайшие технологи эпохи Возрождения – В. Бирингуччо и Г. Агрикола (см. гл. 5, пп. 5.2, 5.3) – подробно 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 производства азотной кислоты часто применяли 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.

Технология производства азотной кислоты не претерпела существенных изменений вплоть до конца XVIII в. Реторты изготовляли из стекла и металла, часто покрытого эмалью. В специальную печь помещали одновременно от 24 до 40 реторт. Различали азотную кислоту первой, второй и третьей степени крепости. Растворы азотной кислоты широко применяли в различных отраслях ремесленного и промышленного производства: при выделении благородных металлов, при окраске кошенилью, для обработки латуни, в скорняжном деле, при изготовлении головных уборов, гравировке по меди, а также для решения других практических задач\*\*.



Получение соляной кислоты из поваренной соли и серной кислоты (из работы И. Р. Глаубера (1648))

\* См.: Шмубе В. Указ. соч. – С. 141.

\*\* См.: Fester G. Op. cit. – S. 144.

До того как в XVI в. была открыт способ получения соляной кислоты действием концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на морскую соль (см. гл. 4, п. 4.5), «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. Сложившаяся в эпоху Возрождения «экспериментальная философия» также придавала особое значение «крепкой водке». Некоторые химические процессы (растворение серебра и золота при последующем разложении нитратов с образованием исходных металлов), которые осуществляли с использованием этого соединения, подтверждали атомистические представления.

О соляной кислоте писали еще Василий Валентин (см. гл. 4, п. 4.5) и А. Либавий (см. гл. 5, п. 5.2). Однако первое подробное описание химических процессов получения соляной кислоты оставил лишь И. Р. Глаубер (см. гл. 5, п. 5.3). Соляную кислоту получали из поваренной соли и купоросного масла (концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) при обычных температурах, а также при нагревании смеси поваренной соли с купоросом. Хотя Глаубер писал о возможности разнообразных областей применения соляной кислоты (в частности, как приправы к еде), спрос на нее долгое время был невелик, соляную кислоту использовали только в медицинских целях. Потребность в соляной кислоте значительно выросла лишь после того, как химики разработали методику отбеливания тканей с помощью хлора. Кроме этого, хлороводородную кислоту использовали для получения желатина и клея из костей, а также для производства берлинской лазури.

На протяжении XVIII–XX вв. потребность человечества в сильных неорганических кислотах непрерывно возрастала. Дальнейшее развитие научной и технической химии в этот период было бы невозможным без использования серной, азотной и соляной кислот. Поэтому в течение практически двухсот лет ученые не оставляли попыток усовершенствовать существующие технологии производства этих важных веществ.

## 7.8 . Краткие биографические данные ученых

**ЧЕЛЛИНИ (Cellini) Бенвенуто** (1500–1571), итальянский скульптор, ювелир и писатель. Представитель маньеризма. Автор виртуозных по мастерству ювелирных изделий («Солонка Франсиска I», 1539–1543), статуи («Персей», 1545–1554), рельефов. Автор мемуаров «Жизнь Бенвенуто Челлини, рассказанная им самим».

**РОББИА (Robbia).** Семья итальянских скульпторов, представителей раннего Возрождения во Флоренции. Впервые применили в скульптуре технику майолики:

**Лука делла Роббиа** (1399 или 1400–1482), глава семьи (певческая кафедра в соборе Санта-Мария дель Фьоре, 1431–1438).

Его племянник **Андреа делла Роббиа** (1435–1525). Медальоны на фасаде Ospedale дель Инноченти (1463–1466).

**Джованни делла Роббиа** (1469 – после 1529), сын Андреа делла Роббиа.

**ПАЛИССИ (Palissy) Бернар** (ок. 1510–1589 или 1590), французский художник-керамист и естествоиспытатель. Прославился декоративными керамическими изделиями с рельефными изображениями животных и растений, покрытыми цветными глазурями.

Один из друзей выдающегося французского медика Амбруаза Паре. Во время Варфоломеевской ночи был арестован католиками. Умер в Бастилии.

**ВЕДЖВУД (Уэджвуд, Wedgwood) Джозайя** (1730–1795), английский керамист. Потомственный гончар, после смерти отца продолжил семейное дело. Веджвуду принадлежат самые революционные открытия XVIII в. в области керамического производства. Им были разработаны на основе каменной массы уникальные керамические смеси – кремовая, базальтовая и яшмовая. Изделия из первой стали известны как кремовые изделия. Они были легкими, изящными и стали альтернативой дорогому фарфору. Не останавливаясь на достигнутом, Веджвуд в 1762 г. усовершенствовал кремовый черепок и получил более качественные изделия, которые назвал «королевскими» в честь королевы Шарлотты.

**БЕТГЕР (Böttger) Иоганн Фридрих** (1682–1719), немецкий алхимик. Основные труды связаны с поиском компонентов фарфоровой массы и их оптимального соотношения. Получил ее первые образцы (1705–1707), на основе которых было организовано производство саксонского фарфора. В 1707 г. приготовил первый в Европе твердый белый фарфор, разработал технологию его производства и в 1710 г. организовал в Мейсене (Саксония) мануфактуру, выпускавшую всемирно известный мейсенский фарфор.

**ВИНОГРАДОВ Дмитрий Иванович** (1720–1758), русский химик-технолог. Создатель отечественного фарфора. Разработал технологию производства и получил первые образцы фарфора из отечественного сырья.

**ШАПТАЛЬ ДЕ ШАНТЕЛУ (Chaptal de Chanteloup) Жан Антуан Клод** (1756–1832), французский химик и государственный деятель. Иностранный почетный член Петербургской АН (1820). Труды по прикладной химии. Разработал способы получения соды из поваренной соли, производства серной кислоты.

**ЛЕБЛАН (Leblanc) Никола** (1742–1806), французский химик-технолог. С девятилетнего возраста остался сиротой. В 1759 г. поступил в школу хирургов в Париже. Получил степень магистра хирургии. Занимался частной врачебной практикой. В 1780 г. был приглашен герцогом Филиппом II Орлеанским на должность семейного врача. Участвовал в конкурсе на создание метода промышленного производства соды, объявленном Парижской академией наук. В 1787–1791 гг. разработал первый промышленный способ получения соды. Основал первую фабрику по производству соды, которая была конфискована революционным правительством Франции в 1794 г. В 1802 г. Наполеон Бонапарт вернул фабрику Леблану. Из-за нехватки средств ученому не удалось отремонтировать фабрику и повторно наладить производство. От безысходности своего положения покончил с собой в 1806 г.

**ФЕДОРОВ Иван** (ок. 1510–1583), основатель книгопечатания в России и на Украине. В 1564 г. в Москве совместно с П. Мстиславцем выпустил первую русскую датированную печатную книгу «Апостол». Позднее работал в Белоруссии и на Украине. В 1574 г. выпустил во Львове первую славянскую «Азбуку» и новое издание «Апостола». В 1580–1581 гг. в Остроге издал первую полную славянскую Библию («Острожская библия»). Известен и как пушечный мастер (изобрел многоствольную мортиру).

**АХАРД (Ашард) Франц Карл** (1753–1821), немецкий физик и химик. Член (1776) и почетный член (1812) Берлинской АН. Ученик и продолжатель работ своего тестя А. С. Маргграфа. Родился в Берлине. Учился в руководимой Маргграфом химической лаборатории Физического класса Берлинской АН. Основные работы посвящены технической химии и химической технологии. Исследовал химические свойства платины (1779) и впервые применил в лабораторной практике платиновый тигель (1784). В 1802 г. построил первый в мире завод по производству сахара из свеклы (Силезия). Описал способы получения спирта и уксуса из сахарной свеклы (1809).

## ГЛАВА 8

# ПЕРИОД КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЗАКОНОВ. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЕ УЧЕНИЕ

*Вся наша теория есть не что иное, как искусство представлять себе внутренний ход явлений конкретным образом, и она приемлема и достаточна, если все известные в науке факты согласуются с ней.*

*Йенс Якоб Берцелиус*

### 8.1. Общая характеристика периода

На рубеже XVIII–XIX вв. химия переживала величайший *революционный переворот*. Перемены в химических знаниях были столь обширными и глубокими, что связь с прошлым казалась прерванной. Химия получила новую фундаментальную теоретическую базу, новую терминологию и номенклатуру. Происходило обособление отдельных областей химических знаний, стали возникать промышленные специализированные химические предприятия. В начале XIX в. английский историк науки Уильям Уэвелл характеризовал этот период как «шаг к обобщению», а спустя столетие Томас Кун написал, что в это время химия переживала «смену парадигм».

Начало подлинной *химической революции* – перехода от, в значительной мере, умозрительных представлений о составе и химических свойствах веществ к созданию научной химии связывают с деятельностью А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, п. 6.7). Как уже говорилось ранее, некоторые авторы считают справедливым выделять в истории химии два основных периода – эмпирический и теоретический. До химической революции, начатой А. Л. Лавуазье, решающую роль в развитии химии играл *эксперимент*, но уже в первой половине XVIII в. все большее значение начинает приобретать *теория* (см. гл. 6, п. 6.2). По мнению целого ряда авторов, *химия становится наукой лишь с развитием и укоренением теоретических представлений*. При этом необходимо понимать, что и в период преимущественного развития теоретических знаний эксперимент по-прежнему сохранил свое особое значение. Только в сочетании с экспериментальными методами теория приобрела решающее значение для развития всех областей химии.

В период радикальной смены теоретических концепций в химии и методология экспериментальных исследований также претерпела серьезные преобразования: *задачи, содержание, методы* и даже *оборудование* изменились существенным образом. С развитием количественных методов в химии совершенно *иным стал сам подход к изучению вещества*. Когда на первом плане стояло качественное исследование, все внимание химиков было сосредоточено на раскрытии специфических свойств, характеризующих отдельные вещества



и их составные части. Для того чтобы иметь возможность сравнивать различные вещества с количественной стороны, внимание ученых переключилось на изучение общих для сравниваемых тел свойств, каковыми являются *вес (масса)* и *объем*\*. Убежденность в том, что *вес (масса)* является самым главным свойством материи, представляло собой краеугольный камень механистического мировоззрения XVIII в., которое «по наследству» перешло естествоиспытателям следующего столетия.

Начиная с XVI в., при различных университетах и академиях начинают создаваться первые *химические лаборатории*, но поскольку чаще всего они были организованы на медицинских факультетах и значительно реже – при горнодобывающих, металлургических или стекольных предприятиях, здесь занимались главным образом решением чисто практических задач. К середине XVIII в. постепенно возникли современные лаборатории (во Франции – при Академии наук, в Англии – при научных обществах, в Германии и России – при академиях и университетах), *главным назначением* которых становилось проведение *фундаментальных исследований*. Во Фрейберге при Горной академии возникла лаборатория, в которой в свое время обучался М. В. Ломоносов. Некоторые ученые, например Дж. Пристли и Г. Кавендиш, создавали такие лаборатории у себя дома.

Дальнейшее развитие революционных процессов преобразования фундаментальных основ химии, начатых А. Л. Лавуазье, связано с открытием *количественных стехиометрических законов* и созданием сначала *атомного*, а затем и *атомно-молекулярного* учения. Этот период, охватывающий последнее десятилетие XVIII в. и первые 60 лет XIX в., характеризуется, прежде всего, открытием количественных законов химии, которые не только придали ей рациональный характер, но и положили начало развитию *различных научных направлений*. Кроме того, эти законы способствовали подведению экспериментального фундамента под атомно-молекулярную гипотезу, полностью лишив ее метафизической окраски. Количественные законы химии целесообразно рассмотреть в хронологическом порядке:

Закон эквивалентов Рихтера (1792–1802);

Закон постоянных отношений Пруста (закон постоянства состава) (1799–1806);

Закон кратных отношений Дальтона (1802–1808);

Закон простых объемных отношений Гей-Люссака (1805–1808);

Закон Авогадро (закон пропорциональности между плотностями газов и молекулярными весами) (1811);

Закон изоморфизма Митчерлиха (1818–1819);

Закон удельных теплостей Дюлонга и Пти (1819);

Законы электролиза Фарадея (1834);

Закон атомов Канницаро (1858).

\* Становление химии как науки. – С. 238.

## 8.2. Закон эквивалентов

Метод количественных измерений, развиваемый и пропагандируемый А. Л. Лавуазье, способствовал глубокому пониманию истинной сути химических реакций, в частности он был использован при исследовании химических свойств кислот.

В начале 80-х гг. XVIII в. управляющий литейным заводом во Фрейберге Карл Фридрих Венцель, изучая химические свойства кислот, пришел к выводу, что они соединяются с основаниями в постоянных соотношениях, не зависящих от внешних условий, однако его работы остались незамеченными\*.

Реакции между кислотами и основаниями широко заинтересовали еще одного немецкого химика – *Иеремию Вениамина Рихтера*. Рихтер обнаружил, что в результате этих реакций *растворы кислот нейтрализовали растворы оснований*: смесь кислоты и основания, взятых в определенном соотношении, не проявляет свойств ни кислоты, ни основания, а представляет собой *раствор соли*, которая обычно химически менее активна, чем исходные кислота или основание. Немецкий химик измерил точные количества кислот, необходимых для нейтрализации определенных количеств того или иного основания, и наоборот.

Рихтер показал, что массы кислот, насыщающих одну и ту же массу основания, находятся в таком же соотношении, как и массы тех же самых кислот, насыщающих определенную массу другого основания\*\*. Например, одна и та же масса серной кислоты (1000 частей) нейтрализует 700 массовых частей извести, либо 1180 частей едкого поташа. Эти же количества извести и поташа могут быть нейтрализованы одинаковой массой азотной кислоты, равной 1350 частям. Следовательно, в реакциях нейтрализации 1000 частей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  эквивалентны 1350 частям  $\text{HNO}_3$ , а 700 частей извести эквивалентны 1180 частям едкого поташа.

В своих работах Рихтер во главу угла ставил понятие о *соединительной* (эквивалентной) *массе* – постоянной массе одного химического вещества, реагирующего с другим веществом, также имеющим постоянную *соединительную массу*. Основываясь на результатах многочисленных анализов солей, Рихтер составил ряд нейтрализации, который показывал относительные массовые количества кислот и щелочей, необходимых для нейтрализации. Немецкий ученый представил таблицы весов (масс) различных оснований, необходимых для нейтрализации 1000 частей данной кислоты, и наоборот – масс различных кислот, требующихся для нейтрализации 1000 частей данного основания.



*Иеремия Вениамин Рихтер*  
(1762–1807)

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 164.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 42.

И. В. Рихтер изложил свои взгляды в книге «Стехиометрия, или искусство измерения химических элементов», которая вышла в трех частях в 1792–1794 гг. Формулировка закона, представленная Рихтером, выглядит примерно следующим образом: *Если одно и то же количество какой-либо кислоты нейтрализуется различными количествами двух и более числа оснований, то количества последних эквивалентны и нейтрализуются одним и тем же количеством другой кислоты.*

Оригинальность работ немецкого ученого не была оценена современниками, хотя их внимание, казалось, должен был привлечь сам термин *стехиометрия*, придуманный для обозначения искусства измерения химических элементов. По мнению некоторых историков, в работах И. В. Рихтера можно обнаружить первые попытки применения в химии количественных уравнений реакций. Однако современники Рихтера оказались не готовы к восприятию таких идей. Закон эквивалентов был признан позднее, когда в его защиту практически одновременно выступили немецкий ученый Г. Э. Фишер и француз К. Л. Бертолле. В 1802 г. Г. Э. Фишер систематизировал таблицы И. В. Рихтера и привел их в комментариях к немецкому переводу книги К. Л. Бертолле «Исследование законов сродства». В 1803 г. Бертолле включил ряды нейтрализации Рихтера в свою книгу «Опыт химической статики». (Фрагмент таких рядов приводится в табл. 8.1). Количественные данные, представленные в этих таблицах, позволяли рассчитывать состав солей, который не был еще установлен в процессе их разложения.

Таблица 8.1

*Значения соединительных масс некоторых кислот и оснований (по Г. Э. Фишеру)\**

Основание	Соединительная масса	Кислота	Соединительная масса
Известь	793 (700)	Серная	1000 (1000)
Едкий поташ	1605 (1180)	Угольная	577 (550)
		Азотная	1405 (1350)

*Примечание.* В скобках представлены современные значения, полученные с использованием величин молярных масс компонентов реакции.

Значения соединительных весов (эквивалентных масс) И. В. Рихтера отличались от современных значений атомных или молярных масс, тем не менее, если не принимать во внимание неточности, связанные с несовершенством аналитических приборов конца XVIII в., значения соединительных масс немецкого ученого можно получить из современных данных умножением на общий коэффициент\*\*. Именно поэтому некоторые историки полагают, что дальнейшее развитие идей И. В. Рихтера могло привести к фундаментальным представлениям об атомной массе. К сожалению, свои стехиометрические правила немецкий ученый сформулировал в виде чисто эмпирических обобщений, теоретическое содержание которых в ту пору оказалось попросту недоступным.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 43.

\*\* Там же.

Закон эквивалентов получил свое объяснение только к середине XIX в., когда была найдена связь между атомно-молекулярным строением веществ и их количеством в химических реакциях. Гипотеза о сути этой связи, которая легла в основу химической атомистики и определила направление развития научного химического мышления, была высказана английским естествоиспытателем Джоном Дальтоном.

### 8.3. Закон постоянства состава



Клод Луи Бертолле (1748–1822)

Вскоре после опубликования работ Рихтера во Франции развернулась яростная дискуссия о том, присуща ли строгая определенность только реакциям кислотно-основной нейтрализации или вообще всем химическим процессам. В принципе вопрос стоял так: если какое-либо соединение состоит из двух (трех, четырех) элементов, всегда ли соотношение этих двух элементов постоянно? Меняются ли эти соотношения в зависимости от способа получения? Одним из споровых химиков был К. Л. Бертолле.

В 1799 г. в статье «Исследование законов сродства» Бертолле утверждал, что на течение химической реакции влияют некоторые физические силы (летучесть, растворимость, упругость и др.) и массы реагирующих веществ. Он считал, что соединение, состоящее из элементов  $X$  и  $Y$ , может содержать большее количество  $X$ , если при получении этого вещества использовался значительный избыток этого элемента. Эти воззрения о *переменном количественном составе* химического соединения смогли получить весьма широкое распространение благодаря высокому официальному положению К. Л. Бертолле, его безупречной научной репутации и внушительным прошлым заслугам.

Оппонентом именитого французского ученого оказался его менее известный соотечественник Жозеф Луи Пруст, который придерживался прямо противоположного мнения. Он был скромным человеком, весьма искусным экспериментатором и практически не занимался теоретическими вопросами химии. Например, в результате тщательных и многократно повторенных анализов в 1799 г. Пруст показал, что природный малахит и основной карбонат меди  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ , полученный осаждением раствора какой-либо соли меди карбонатом щелочного металла, имеют один и тот же постоянный качественный и количественный элементный состав. Вне зависимости от того, каким способом эта соль получена в лаборатории или как она выделена из природного сырья, она всегда содержит по массе 5,3 части меди, 4 части кислорода и 1 часть углерода.

Более того, Пруст установил, что постоянство соотношений компонентов наблюдается и для целого ряда других соединений. Он сформулировал общее

правило, согласно которому *все соединения содержат элементы в строго определенных пропорциях вне зависимости от условий получения этих соединений*. Это правило стали называть *законом постоянства состава* или иногда *законом Пруста*. Французский ученый писал, что природа дала химическому соединению постоянный состав и тем самым поставила его в совершенно особое положение по сравнению с раствором, сплавом или смесью\*.

Для элементов, образующих между собой два или более двух соединений, Прусту удалось установить закономерность, согласно которой переход от одного соединения к другому происходит *не непрерывно*, как это следовало из предположений Бертолле, а *скачкообразно*. При этом переходе резко изменяются свойства вещества. Как известно, спор вокруг проблемы постоянства количественного состава веществ длился практически семь лет (1801–1808). Одержавший победу Ж. Л. Пруст смог доказать, что Бертолле пришел к ошибочным выводам вследствие неточности анализов и использования недостаточно чистых исходных реактивов\*\*. Таким образом, в начале девятнадцатого столетия для большинства химиков стало совершенно очевидным, что в споре двух ученых правда оказалась на стороне Ж. Л. Пруста. Закон постоянства состава был уточнен и стал краеугольным камнем химии XIX в.

Изучая количественный состав сульфидов и оксидов металлов, Пруст пришел к заключению, что элемент может соединяться с кислородом или серой в одном или немногих отношениях, однако обобщить сделанные наблюдения до постулирования закона кратных отношений ему не удалось.

С момента открытия закона Пруста многих ученых мучили сомнения по поводу его справедливости. Особенно трудно было поверить в этот закон, если считать, что материя является *сплошной*, а не *дискретной*. С другой стороны, если признать атомное (дискретное) строение материи, то из его положений закон постоянства состава вытекает как естественное следствие. В начале XIX в. спор между двумя французскими учеными имел *огромное методологическое значение* для химии. Подтверждение постоянства количественного состава веществ и, следовательно, его *дискретности* открывало путь атомистике. Напротив,



LOUIS PROUST  
(Chimiste),  
membre de l'Académie des Sciences.  
Né à ..... (Dépt. ....) le .... y....

Жозеф Луи Пруст (1754–1826)

\* См.: Становление химии как науки. – С. 240.

\*\* В начале XX в. были открыты химические соединения с переменным составом, которые стали называть *бертоллидами*.

победа противоположной точки зрения о переменном количественном составе тел на долгое время лишило бы атомистику всякой экспериментальной основы. Вот почему Ж. Л. Пруст и К. Л. Бертолле, сами того не подозревая, спорили о важнейшей предпосылке для химической атомистики, которая в тот момент уже рождалась в работах английского ученого Джона Дальтона\*.

## 8.4. Атомистическая теория Джона Дальтона

### 8.4.1. Закон простых кратных отношений



Английский естествоиспытатель *Джон Дальтон*, который вошел в историю химии как первооткрыватель закона *простых кратных отношений* и создатель *атомистического учения*, изведal все сомнения и размышления по поводу сплошного или дискретного строения материи.

Исходным пунктом, положившим начало всему атомистическому учению, явились метеорологические наблюдения Джона Дальтона и последующие попытки объяснить природу и строение атмосферы. В 1801 г. английский ученый представил первую из серии статей «*Experimental Essays on the Constitution of Mixed Gases*», которая была посвящена изучению давления газовых смесей при различных температурах. Ученые в

то время еще не могли понять, почему диффузия газов происходит сама собой, без участия внешней силы. Ни одна из теорий строения газов, существующих на рубеже XVIII–XIX вв., не могла научно объяснить этот факт. Согласно первой теории, весьма популярной среди французских химиков, процесс диффузии газов объясняли за счет *химического сродства*. Однородность газовой смеси трактовали как образование своего рода химического соединения. Автором второй – *механической* – гипотезы был И. Ньютон (см. гл. 6, пп. 6.1–6.3). В основе этой версии лежала корпускулярная доктрина, согласно которой частицы одинакового сорта обязаны отталкиваться друг от друга. Эта гипотеза возникла в те времена, когда еще не было известно, что воздух представляет собой смесь газов. Дальтон являлся убежденным сторонником идей И. Ньютона, поэтому постарался объяснить строение атмосферы с точки зрения динамической корпускулярной теории, высказанной английским физиком.

\* См.: Становление химии как науки. – С. 240.

Причину существования сил отталкивания между частицами одного сорта Дальтон приписал действию тепла. Используя существующую в тот период гипотезу, каждую частицу газа ученый представлял окруженной *теплородной оболочкой*, которая не позволяет корпускулам непосредственно соприкасаться друг с другом. При этом плотность теплородной оболочки убывала с увеличением расстояния от центра частицы. Успешное объяснение факту образования однородной смеси давало предположение об отталкивании частиц одного сорта, в то время как разнородные корпускулы могли притягиваться друг к другу. В этом случае каждый газ смеси должен вести себя независимо от присутствия других газов и распространяться на весь объем системы.

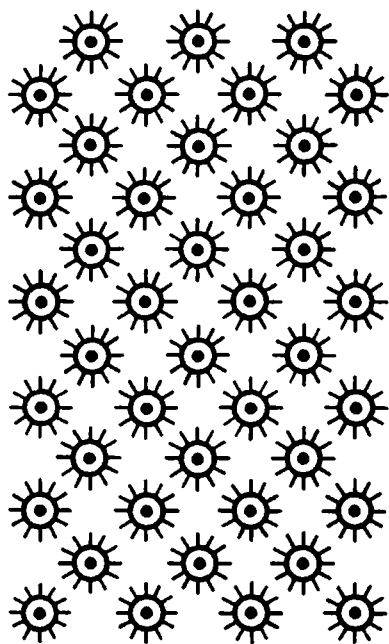
Таким образом Джон Дальтон пришел к известному закону о парциальных давлениях (закон Дальтона), согласно которому каждый газ оказывает такое давление на стенки сосуда, как если бы он один занимал все пространство\*.

$$P_{\text{int}} = \sum_{i=1}^n p_i,$$

где  $P_{\text{int}}$  – общее давление газовой смеси;  $p_i$  – парциальное давление каждого газа в этой смеси.

Гипотеза об отталкивании только одинаковых частиц требовала допустить, что в газовой смеси должно наблюдаться столько типов сил отталкивания, сколько индивидуальных газов находится в системе. Более того, возникала необходимость признания того факта, что теплота такой силой не является, поскольку корпускулы различных газов не отталкиваются. Последнее обстоятельство содержало серьезные противоречия общим представлениям Дж. Дальтона о строении газов.

Английский ученый был вынужден модифицировать эту гипотезу и показать, что отталкивающая сила у всех корпускул одна и та же – теплород, но проявляется она по-разному: одинаковые частицы отталкиваются друг от друга, а различные – вовсе не взаимодействуют. В 1803 г. Дальтон высказал предположение, что частицы различных газов (вместе с окружающими их теплородными оболочками) имеют *различную величину*. Фактически он был вынужден признать, что корпускулы различных газов обладают неодинаковыми по величине и плотности теплородными оболочками\*\*.

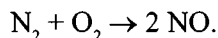


Модель строения однородного газообразного вещества по Дж. Дальтону

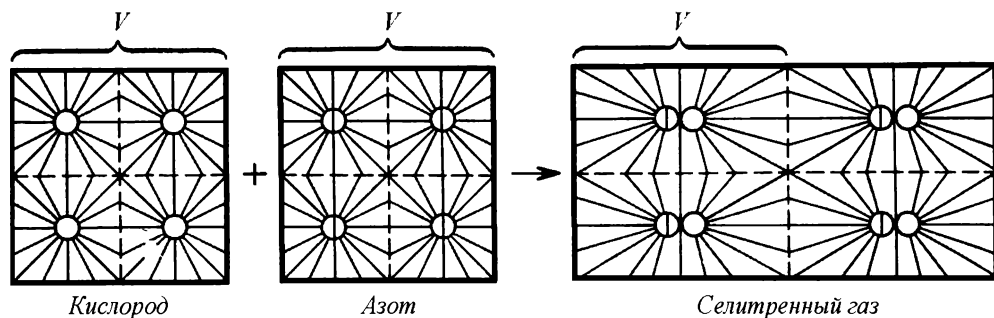
\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 44.

\*\* Там же.

Дальтон был уверен, что высказанное им предположение экспериментально подтверждено образованием двух объемов оксида азота (II) из одного объема азота и одного объема кислорода:



Вполне логично, что в двух объемах оксида азота (II) не могло находиться больше частиц, чем их содержится в одном объеме азота или кислорода\*. Следовательно, корпускулы оксида азота должны иметь большие размеры, как показано на рисунке с использованием символики Дж. Дальтона.



Образование оксида азота (II) (селитренного газа) по Дж. Дальтону

Представление о различных по величине частицах газов позволило найти простое и доступное объяснение процессу их взаимной диффузии. За перемешивание газов несло ответственность нарушение равновесия между частицами разных размеров. В рамках модели Дж. Дальтона такие частицы должны были бы оказывать друг на друга давление, обусловленное отталкивающей силой теплородных оболочек.

Дальтон проиллюстрировал это явление при помощи наложения рисунков частиц одного газа друг на друга. Он показал, что при полном совпадении размеров частиц каждый луч теплородной атмосферы «упирался» в соответствующий луч другой частицы, поддерживая общее равновесие между ними. Если же в сосуде содержались частицы различных размеров, то лучи их теплородных оболочек не наталкивались друг на друга, что и вызывало движение частиц и их взаимопроникновение. Чтобы доказать, что механизм диффузии именно таков, Дальтон попытался рассчитать математически относительные размеры теплородных оболочек у частиц разных газов. Однако для вычисления этих размеров, помимо известных величин плотностей газов, ему потребовалось знание их *относительных весов*\*\*. Ложное по своей сути представление о теплороде сыграло

\* В то время Дж. Дальтон считал, что азот и кислород представляют собой одноатомные частицы.

\*\* Отношение объемов частиц двух газов ( $V_1/V_2$ ) равно отношению макроскопических объемов этих газов, деленных на число атомов ( $V_1/n_1 : V_2/n_2$ ). Число же частиц каждого газа можно получить, разделив общую массу занимающего данный объем газа на массу одной частицы ( $n_1 = M_1/m_1$ ;  $n_2 = M_2/m_2$ ). Отсюда получается, что отношение объемов атомов газов таково:  $V_1/V_2 = \rho_2/\rho_1 \times m_1/m_2$ , где  $\rho$  – плотность газа. Второй множитель в этом уравнении фактически представляет собой *относительную атомную массу*.



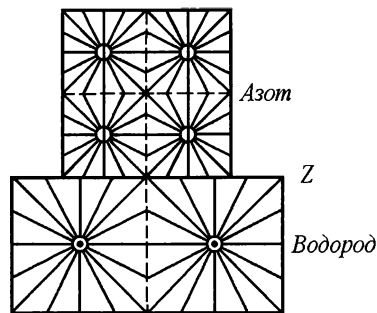
положительную роль. Оно натолкнуло Дальтона на мысль о том, что частицы различны по величине и по *весу* (массе).

Впервые об атомной теории английский ученый упомянул в статье «Об абсорбции газов водой и другими жидкостями», которая была прочитана 21 октября 1803 г. на заседании Манчестерского литературно-философского общества и позднее напечатана в «Записках» этого общества. Обсуждая механическую теорию поглощения газов, в заключительном параграфе Дальтон задавал вопрос: «Почему вода не поглощает одно и то же количество разных газов? Я надлежащим образом исследовал эту проблему и пришел к выводу, впрочем полностью в настоящее время меня не удовлетворяющему, что поглощение зависит от веса и числа частиц различных газов... Насколько я знаю, вопрос об *относительном весе конечных частиц совершенно нов*»\*.

Концепция химической реакции как взаимодействия между дискретными частицами объясняла факт существования и определенных массовых соотношений реагентов, и продуктов химических реакций (стехиометрические закономерности). Действительно, необходимость определенного соотношения мельчайших частиц вещества в реакции означала, что такое же соотношение должно иметь место и в большом объеме этого вещества (построенного из этих мельчайших частиц). Из этого следовала возможность перенести все весовые (массовые) пропорции, установленные для макровеличин на микровеличины. Это позволило Дальтону приступить к вычислению относительных атомных весов элементов, принимая за единицу атомный вес водорода\*\*.

Таким образом, Джон Дальтон ввел в науку *фундаментальное понятие относительного веса (массы) частицы*, которое оказалось фактически первой *относительной количественной характеристикой* каждого элемента. Введение этого понятия позволило установить взаимосвязь между макро- и микроуровнями организации вещества и подойти к истолкованию экспериментальных химических закономерностей на основе атомистической концепции, т.е. к *химической атомистике*.

Дальтон опубликовал таблицу относительных весов конечных частиц газов и других тел (табл. 8.2), которая имеет *особую важность* с исторической точки зрения, поскольку она является *первой таблицей весов* некоторых элементов.



Диаграмма, объясняющая взаимную диффузию газов

\* Джюа М. Указ. соч. – С. 168–169.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 46.

Т а б л и ц а 8.2

*Относительные веса некоторых элементов и веществ (Дж. Дальтон, 1803–1804)\**

Вещество	Вес	Вещество	Вес
Водород	1	Азотистая окись	13,7
Азот	4,2	Сера	14,4
Углерод	4,3	Азотная кислота	15,2
Аммиак	5,2	Сероводород	15,4
Кислород	5,5	Угольная кислота	15,3
Вода	6,5	Спирт	15,1
Фосфор	7,2	Сернистая кислота	19,9
Фосфористый водород	8,2	Серная кислота	25,4
Азотистый газ	9,3	Углеродистый водород (метан)	6,3
Окись углерода	9,8	Маслородный газ (ацетилен)	5,9

Значения относительных весов у Дальтона значительно отличаются от современных, вследствие как неверной концепции максимальной простоты, так и несовершенства методов количественного анализа в то время. За единицу он принимал *относительный вес* самого легкого из известных элементов – водорода и сопоставлял с ним веса других элементов и веществ. Теоретическая простота проблемы, представленной Дальтоном, ясна каждому химику. Однако с экспериментальной точки зрения она представляется весьма и весьма сложной, и для ее решения необходимо использовать не вполне привычные методы работы. При определении относительного веса (массы) кислорода Дж. Дальтон принимал во внимание состав воды, которая, по его мнению, содержала один атом водорода и один атом кислорода. Поэтому сначала относительная масса кислорода была определена равной 5,5 (см. табл. 8.2), а затем, после уточнения, ее приняли равной 7.

Дальтон предположил, что химические соединения образуются между различным числом частиц определенного веса. В 1803–1804 гг. попытка подтвердить эту идею с помощью аналитических данных о весовых соотношениях элементов в соединениях привела его к открытию *закона кратных отношений*\*\*. В настоящее время этот закон формулируют следующим образом: *если два элемента образуют между собой несколько бинарных соединений, то массы одного из элементов, приходящиеся в этих соединениях на одну и ту же строго определенную массу другого элемента, соотносятся как небольшие целые числа*.

Например, при образовании углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) 3 массовых части углерода соединяются с 8 массовыми частями кислорода, а 3 части углерода и 4 части кислорода дают угарный газ ( $\text{CO}$ ). Соотношение масс кислорода, содержащегося

\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 169.

\*\* К открытию закона кратных отношений были близки некоторые химики XVIII в., например, Ж. Л. Пруст, У. Хиггинс и др.

в  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ , представляет собой соотношение малых целых чисел. Восемь частей кислорода дают углекислый газ, а четыре части кислорода – угарный газ, т.е. в первом соединении кислорода в два раза больше.

Если в различных соединениях кислорода и азота определить количество кислорода, взятое по отношению к одному и тому же количеству азота (например,  $m(\text{N}) = 14$  г), то получатся следующие простые соотношения (табл. 8.3):

$$m_1(\text{O}) : m_2(\text{O}) : m_3(\text{O}) : m_4(\text{O}) : m_5(\text{O}) = 8 : 16 : 24 : 32 : 40 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5.$$

Таблица 8.3

Массовые отношения элементов в оксидах азота

Характеристика соединения \ Формула соединения	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{NO}$	$\text{N}_2\text{O}_3$	$\text{NO}_2$	$\text{N}_2\text{O}_5$
Молярная масса $M$ , г/моль	44	30	76	46	108
Масса N в 1 моль соединения, $m(\text{N})$	28	14	28	14	28
Масса O в 1 моль соединения, $m(\text{O})$	16	16	48	32	80
Масса O, приходящаяся на 14 г N	8	16	24	32	40

Экспериментальное доказательство факта целочисленных соотношений *весов* элементов в соединениях (1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3 и т.д.) подтверждало мысль о том, что в ее основе лежит *целостность, химическая неделимость* соответствующих микрочастиц вещества. Будучи химически неделимыми, они соединяются так, что на одну частицу одного элемента приходится одна, две и т.д. (но не дробное число) частиц другого элемента. Таким образом, закон кратных отношений получал логичное объяснение только с позиций *атомистической теории*\*.

Очевидно, что для подобных расчетов знания только весовых пропорций, в которых одно вещество соединяется с определенным весовым количеством вещества-стандарта (водорода), было недостаточно. Было необходимо еще знание числа атомов, входящих в то или иное соединение. Дальтон принял допущение, что самой вероятной является *наиболее простая форма* соединения. Следовательно, бинарные соединения содержат по одному атому каждого элемента. В этом случае формула воды –  $\text{HO}$ , формула аммиака –  $\text{NH}$ , а относительные веса кислорода и азота равны соответственно 5,5 и 4,2. Для тех случаев, когда для двух элементов было известно несколько бинарных веществ, Дальтон принимал более сложные составы. Так, маслородный газ (этилен) он считал состоящим из одного атома углерода и одного атома водорода ( $\text{CH}$ ), а углеродистый водород (метан) – из одного атома углерода и двух атомов водорода ( $\text{CH}_2$ ). Атомный вес углерода из этих формул получался равным 4,3.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 46.

### 8.4.2. Основные положения атомистической теории Дальтона

Суммируя результаты своих предыдущих работ, в 1808 г. Джон Дальтон опубликовал труд «Новая система химической философии» («A New System of Chemical Philosophy»), в котором подробно изложил свою атомистическую теорию. Выдвигая новую версию атомистической теории, опиравшуюся на законы *постоянства состава* и *кратных отношений*, Джон Дальтон как дань уважения Демокриту и Левкиппу сохранил термин «*атом*» и назвал так считавшиеся в то время неделимыми мельчайшие частицы, составляющие материю. Подобно античным атомистам, Джон Дальтон исходил из положения о корпускулярном строении материи, но, принимая во внимание развитое Лавуазье понимание химического элемента, пришел к выводу, что все атомы каждого отдельного элемента одинаковы и характеризуются, кроме других свойств, еще и определенной массой, которую он называл *атомным весом*. Однако Дж. Дальтон рассматривал понятие об атомном весе только в *относительном смысле*, считая, что определить абсолютный атомный вес невозможно.

Дальтон выдвинул следующие основные положения химической атомистики:

1. Все вещества состоят из атомов. Это самые мельчайшие частицы вещества, неделимые и неразрушимые.
2. Все атомы данного элемента идентичны по своим свойствам, в том числе и по *атомному весу* (в современном понимании – *атомной массе*).
3. Атомы различных элементов имеют различные свойства, в том числе и различный *атомный вес* (*атомную массу*).
4. Атомы различных элементов могут соединяться между собой в простых целочисленных соотношениях, образуя химические соединения.
5. При разложении соединения (*сложного атома*) из него получают исходные атомы в неизменившемся виде, которые затем могут образовать то же самое или другое соединение.

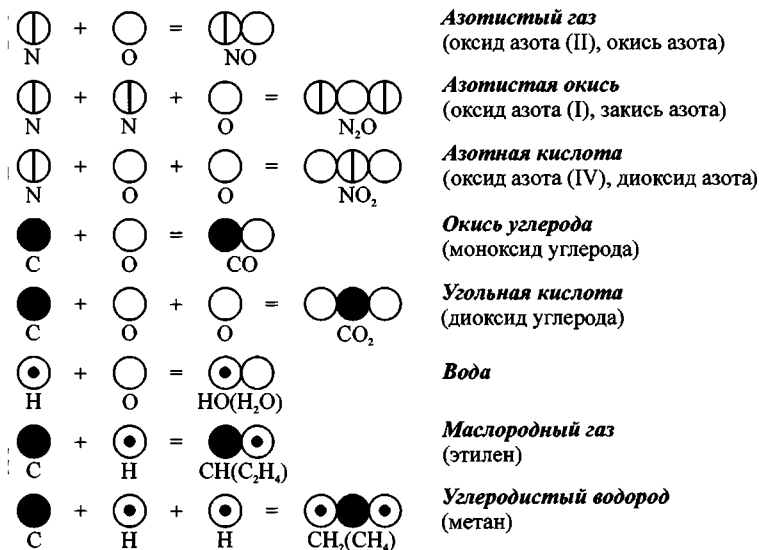
Разнородные атомы способны соединяться между собой в различных соотношениях, но вследствие своей неделимости, они вступают в соединение только целыми единицами. Соответственно, строение «сложных атомов», образованных всегда из целого числа различных элементарных атомов, объясняет кратность отношений в составе химических соединений. Отметим, что кажущееся противоречие положения о неделимости атома и химической делимости «сложного атома», например углекислоты ( $\text{CO}_2$ ), Дальтон разрешал следующим образом: «хотя такой атом может быть разделен, однако он перестает тогда быть углекислотой, будучи разложен при этом разделении на уголь и кислород»\*. Несмотря на то, что Дальтон признавал существование *сложных атомов*, он отрицал взаимодействие между собой атомов одного и того же элемента.

Обобщению атомной теории способствовало употребление специальных символов, предложенных Джоном Дальтоном для обозначения отдельных *атомов элементов*. Необходимо подчеркнуть, что история химии знала и более ранние попыт-

\* Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 47.

ки использования специальной символики, начиная с алхимической эпохи. Однако прежде графические символы применяли для изображения веществ или, значительно реже, химических операций. Символика Дж. Дальтона впервые позволила отображать *качественный и количественный состав соединений*. Приходится признать, что графические символы Дальтона достаточно сложны и оказались пригодными для выражения состава лишь самых простых соединений. Однако эта плодотворная идея позднее была усовершенствована в работах Йенса Якоба Берцелиуса (см. гл. 8, п. 8.10). Он упростил способ представления химических уравнений и ввел химическую символику, которая в общих чертах сохранилась до сегодняшнего дня.

Важнейшим аспектом химической атомистики Дж. Дальтона стало впервые отчетливо показанное представление о *качественной разнородности* атомов различных элементов, которую автор теории мыслил как следствие неких глубинных внутренних различий атомов, проявляющихся в нетождественности их весов и размеров.



*Символы некоторых химических элементов и формулы соединений, предложенные Дж. Дальтоном*

Эта идея *принципиально* отличала атомистику Дальтона от корпускуляристских концепций Р. Бойля или И. Ньютона, предполагавших изначальную *качественную однородность* мельчайших частиц. В отличие от сторонников идеи об однородности корпускул Дальтон допускал, по его выражению, «существование значительного количества элементарных начал... которые никогда не могут превращаться одно в другое при посредстве находящихся в нашем распоряжении сил»\*. Сравнение этого заключения Дж. Дальтона с идеей А. Л. Лавуазье о химических элементах (см. гл. 6, пп. 6.7.2–6.7.3) показывает, что химическая атомистика позволила соотнести между собой разошедшиеся в древности понятия *атома* и *элемента* (см. гл. 3). Сближения двух фундаментальных понятий химии Дальтон достиг положением о том, что *каждому элементу соответствует определенный вид атомов*.

С современной точки зрения атомистическое учение Дж. Дальтона можно расценить как поворотный момент в развитии всей химии. Английский ученый

\* Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 48.

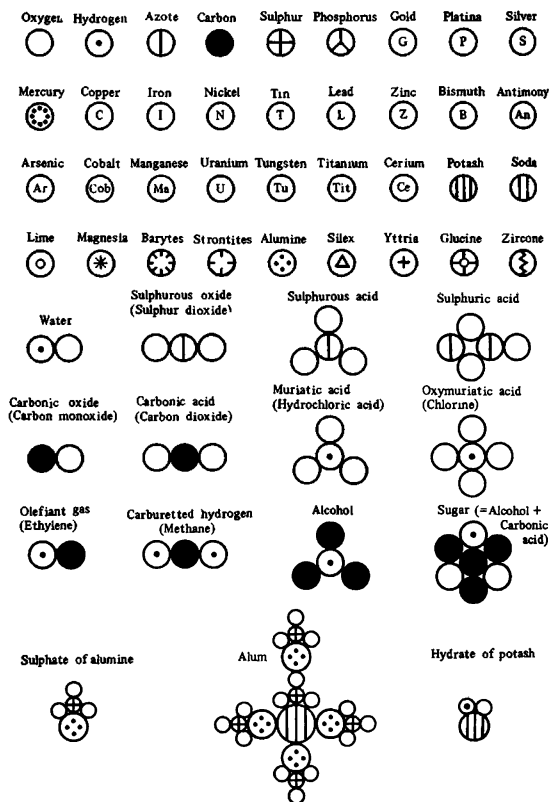
установил взаимосвязь между эмпирически измеримыми характеристиками веществ и теоретическими представлениями об их атомном строении. В результате такой взаимосвязи атом из философской идеи или абстрактно-механической модели превратился в конкретное химическое понятие\*. Помимо этого, атомистика Дальтона сделала более определенной и ясной концепцию химического элемента, а также способствовала возникновению научных представлений о сущности химической реакции и объяснила прерывность весовых отношений в химических соединениях. По мнению некоторых исследователей, с атомистики Дальтона начался новый период развития научных представлений о веществе – этап познания его *строения* после того, как были пройдены этапы познания его *свойств* (алхимия, ятрохимия) и *состава* (аналитическая химия XVII–XVIII вв.).

Атомистика Дальтона сделала серьезный шаг к решению вопроса о сущности химических реакций – того основного вопроса, который одновременно актуально стоял перед фундаментальной наукой и практикой того времени\*\*.

Важно отметить, что атомная теория Дж. Дальтона не вполне однозначно была воспринята современниками. Одни химики (Клод Луи Бертолле, Гемфри Дэви и др.) скептически отнеслись к новому учению. Хотя оно давало логичное объяснение закону кратных отношений, многие химики считали, что этот закон можно было просто принять как факт, без атомной гипотезы с ее умозраительным правилом наибольшей простоты и понятия об атомах, существование которых невозможно доказать. Другие химики, наоборот, приняли атомную теорию Дальтона с восторгом. К числу его сторонников принадлежали знаменитые английские ученые Т. Томсон и У. Уолластон, а также один из самых выдающихся исследователей в области химии – Й. Я. Берцелиус.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 48.

\*\* См.: Становление химии как науки. – С. 259.



Символы элементов и формулы некоторых соединений (из работы Дж. Дальтона «Новая система химической философии»)

Преимущества атомистической концепции проявились только к середине XIX в. при создании структурной теории органических соединений. Отметим также, что некоторые химики, склонные придерживаться взглядов о единстве материи, не принимали атомистической теории вплоть до конца XIX в. В начале XX в., когда было открыто сложное строение атома, теория Дальтона была пересмотрена.

### 8.5. Закон простых объемных отношений

В 1805 г. французский ученый *Жозеф Луи Гей-Люссак* совместно с немецким естествоиспытателем *Александром фон Гумбольдтом* изучал состав атмосферного воздуха в зависимости от географической широты местности. Ученые доказали, что при образовании воды из кислорода и водорода независимо от преобладания того или другого газа один объем кислорода всегда соединяется с двумя объемами водорода (соотношение 1 : 2). Ж. Л. Гей-Люссак являлся учеником К. Л. Бертолле, слыл прекрасным экспериментатором и, по мнению современников, обладал глубоким критическим умом. Изучая взаимодействие водорода и хлора, а также объемные соотношения газов в реакциях образования закиси азота, аммиака, оксидов серы, Гей-Люссак установил, что объемы соединяющихся газов и продуктов реакции соотносятся как целые числа. В 1808 г. Гей-Люссак обобщил результаты своих исследований в виде *закона соединения газов между собой (закона простых объемных отношений)*.



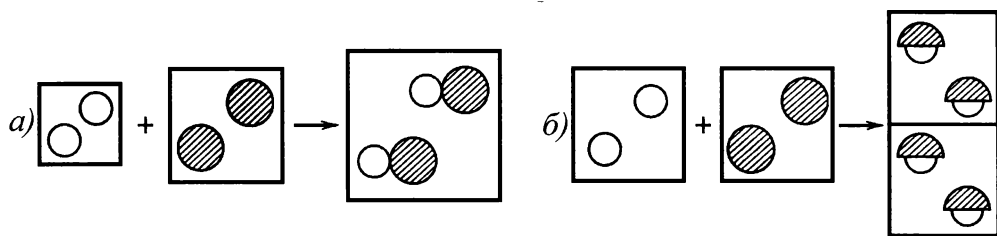
Жозеф Луи Гей-Люссак  
(1778–1850)

Согласно этому закону, *газы всегда соединяются в простых объемных отношениях. Объемы вступающих в реакцию газов, находящихся при одинаковых внешних условиях, относятся между собой, а также к объемам образующихся газообразных продуктов реакции, как небольшие целые числа.* Это обобщение, также известное как *второй закон Гей-Люссака*, имело фундаментальное значение для последующего развития химии.

Гей-Люссак отметил, что *плотность газов пропорциональна принятым соединительным весам (эквивалентным массам) или простым кратным последним.* Он придавал закону *простых объемных отношений* большое значение для объяснения природы веществ. Найденные закономерности привели французского ученого к мысли об отсутствии взаимодействия между частицами в газообразных телах. Развитие этой идеи могло бы привести к выводу о равенстве числа частиц в одинаковых объемах газов (при одинаковых внешних условиях) и, соответственно, к выводу о пропорциональности весов одинаковых объемов газов и их атомных весов. Однако Гей-Люссак не предпринял попытки на основании своих опытов

пересмотреть атомные веса Дальтона, хотя считал, что открытый им закон может способствовать развитию атомистики.

Следует отметить, что и сам Дальтон предполагал возможность определения атомных весов на основании плотности веществ в газообразном состоянии, однако отверг эту возможность. В случае равенства числа частиц в равных объемах газов число вступающих в соединение и образующихся частиц задается непосредственно соотношением объемов. При традиционном рассмотрении реакции образования, например, окиси азота как реакции *простого присоединения*  $n$  частиц азота к  $n$  частицам кислорода в ней следовало ожидать образования такого же числа частиц оксида азота (II):  $N + O = NO$ . Однако наблюдаемое экспериментально удвоение объема ( $N_2 + O_2 = 2NO$ ) означало, с точки зрения Дальтона, либо неравенство числа частиц в равных объемах газов\*, либо возможность разделения атомов реагирующих газов на половинки (см. рис.)



*Варианты объяснения образования двух объемов оксида азота (II): а) – закон Гей-Люссака и гипотеза о равенстве числа частиц не выполняются, реакция идет по «механизму» простого присоединения; б) – закон Гей-Люссака и гипотеза о равенстве числа частиц выполняются, в ходе реакции исходные частицы делятся*

Второе допущение противоречило основному положению атомистики – механической неделимости атомов – и разрушало методологическую основу закона постоянства состава и кратных отношений, поэтому оно и было отвергнуто Дальтоном, предположившим неточность в экспериментах Гей-Люссака.

Позднее согласовать между собой данные весового и объемного анализов в своих работах предпринял выдающийся химик XIX в. – Й. Я. Берцелиус.

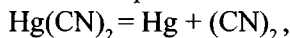
Во всех своих работах Гей-Люссак отстаивал *экспериментальный* характер исследований, считая, что он намного продуктивнее абстрактного подхода. Он был убежден, что в науках о природе необходимо прежде всего хранить верность принципам экспериментального метода, требующего, чтобы в науку не вводились представления, которые не могут быть доказаны опытом.

Своими ставшими классическими исследованиями галогенов, в особенности иода, недавно открытого Б. Куртуа, а также соединений фосфора, щелочных металлов и их пероксидов Гей-Люссак значительным образом способствовал развитию не-

\* Именно эта реакция подтверждала изначальное допущение Дальтона о различных размерах теплородных оболочек атомов разных газов. Из этого допущения следовало, что число атомов в одинаковых объемах разных газов неодинаково.



органической химии. Он впервые выделил дициан, который, будучи неорганическим соединением, находится на границе между органической и неорганической химией. Получая дициан реакцией термического разложения безводного цианида ртути:



Гей-Люссак первым обнаружил в его химических свойствах сходство с галогенами.

В области аналитической химии он впервые ввел объемные методы, которые в дальнейшем сыграли важную роль при проведении как фундаментальных, так и прикладных исследований. Гей-Люссак также успешно использовал свой талант в развитии промышленной химии. В 1827 г. ему удалось существенным образом усовершенствовать процесс производства серной кислоты. Им была создана башня, которая позволяла регулировать подачу нитрозы в реакционную камеру, что привело к существенному экономическому эффекту.

Необходимо подчеркнуть, что с открытием закона простых объемных отношений Гей-Люссак подготовил экспериментальный материал, послуживший источником для разработки концепции А. Авогадро. Кроме того, исследования французского ученого в известной мере подготовили появление этой концепции и в теоретическом плане\*:

- была сформулирована модель газа, называемого ныне *идеальным*;
- изменение объемов газов в ходе реакции не объяснялось изменением объемов самих частиц;
- реакции с участием газов рассматривались на уровне взаимодействия между частицами.

## 8.6. Молекулярная теория Авогадро

Чтобы атомная теория Дальтона стала жизненно необходимой для химии, было необходимо объединить ее с молекулярной теорией, которая принимала существование частиц, образованных из двух и более атомов и способных в химических реакциях расщепляться на составляющие атомы.

Основоположником *молекулярной теории* явился выдающийся итальянский ученый *Амедео Авогадро ди Кваренья*. Развивая предположения, сделанные Гей-Люссаком, А. Авогадро в 1811 г. сформулировал гипотезу о том, что частицы различных газов независимо от того, состоят ли они из одиночных атомов или из комбинаций атомов, равно удалены друг от друга, и расстояние между ними достаточно велико. Он был уверен, что число частиц в равных объемах любых газов (при одинаковых внешних условиях – температуре и давлении) всегда одинаково. Велика заслуга А. Авогадро еще и в том, что он сумел показать *физическую причину* расширения и сжатия газов – изменение расстояний между частицами.

Для обозначения частиц, существующих в газах, Авогадро использовал термин «молекула»\*\*. Согласно удачному выражению Гуарески, А. Авогадро был

\* См.: Становление химии как науки. – С. 294.

\*\* *Молекула* (новолат. *molecula*) – уменьшительная форма от лат. *moles* – масса.



*Amedeo Avogadro*

Амедео Авогадро ди Кваренья  
(1776–1856)

настоящим законодателем в области молекул\*. Центральным местом в теории А. Авогадро было разъяснение различий между понятиями *атом* и *молекула*. Он конкретизировал понятия: для обозначения атомов применял сочетание «*элементарная* или *простая молекула*», а для молекул – «*интегральная* или *составная молекула*».

Если пренебречь собственными размерами молекул, то расстояние между ними должно быть одинаковым для любых газов. А. Авогадро, так же как и Дальтон, придерживался теории теплорода, тем не менее он полагал, что теплородные оболочки не настолько отличаются по своему объему, чтобы повлечь за собой различие в расстояниях между молекулами. Гипотеза Авогадро привела его к мысли о том, что относительное число «элементарных молекул» (атомов) в соединении непосредственно вытекает из *объемных соотношений* образующих его газов. Исходя из этого, Авогадро предложил способ определения относительных молекулярных масс веществ в газообразном (парообразном)

состоянии. Он писал, что *отношение масс молекул* такое же, что и *отношение плотностей* газов при одинаковых давлениях и температуре\*\*.

Обобщив все свои идеи, в 1814 г. А. Авогадро сформулировал закон, который носит его имя: *равные объемы газообразных веществ при одинаковых внешних условиях (давлении и температуре) содержат одно и то же число молекул, так что плотность различных газов служит мерой массы их молекул и отношения объемов при соединении суть не что иное, как отношения между числом молекул, соединяющихся между собой при образовании сложной молекулы*.

Не менее важным для естествознания явилось еще одно положение, высказанное итальянским ученым. Он пытался объяснить несоответствия в объемах продуктов реакций, протекающих в газовой фазе: синтеза воды, оксидов азота и ряда других веществ. Авогадро полагал, что частицы газов не обязательно соединяются друг с другом целиком. Продолжением этой гипотезы стало предположение о том, что молекулы простых газообразных веществ образованы не из одной, а из некоторого числа частиц, объединенных в одну силами притяжения. Соответственно, при протекании химической реакции возможно деление молекул простых веществ на составляющие их атомы. Авогадро специально не уточнял пределов делимости молекул, хотя в одной из работ писал, что при взаимодействии газообразного кисло-

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 178.

\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 54.

рода и водорода происходит деление их молекул надвое\*. Как указывает М. Джуа, А. Авогадро «создал настоящую общую теорию, самый остов учения, которое ... по справедливости должно называться «молекулярная теория Авогадро»»\*\*.

Хотя А. Авогадро излагал свою теорию ясно и неоднократно возвращался к ней в своих последующих работах, еще в течение практически сорока лет многие химики откровенно ею пренебрегали. В частности, они не проводили различий между атомами элементов и молекулами важнейших газообразных простых веществ. Вследствие этого существовала и неопределенность при определении атомных масс многих элементов. Например, выдающийся французский физик Андре Мари Ампер, еще в 1814 г. высказывавший сходные идеи о пропорциональности числа частиц объему газов, только в 1832 г. принял различие между атомом и молекулой.

Среди причин недостаточного внимания ученых к этой теории чаще всего называют формулировку гипотезы Авогадро в контексте уже явно устаревшего учения о теплороде, отсутствие независимого метода определения молекулярных масс и межмолекулярных расстояний, а также независимых экспериментальных доказательств многоатомности молекул простых газов. Кроме того, существенным препятствием для распространения взглядов Авогадро стало недостаточно четко обозначенное разграничение между понятиями «атом» («простая молекула») и «молекула» («составная молекула»).

Проблема принятия научной общественностью учения Авогадро была обусловлена двумя основными моментами: во-первых, в работах того периода термины «атом» и «молекула» зачастую были взаимозаменяемыми; во-вторых, многие химики еще не осознавали того факта, что «интегральная молекула Авогадро» является принципиально другой структурной единицей вещества по сравнению с «дальтоновским атомом»\*\*\*. Для атомистики первой половины XIX в. характерно наличие только двух основных уровней организации вещества: макроскопическое тело и атом. Мышление химиков постепенно приближалось к представлению о молекуле, однако она понималась именно как «сложный атом». Молекулу еще не осознавали как некую новую целостность, характерную не только для химических соединений, но и для простых тел.

Последователи атомизма с трудом воспринимали идею о делимости молекул многих простых тел, привнесенную в теоретическую химию как бы с другой, непривычной и не очень ясной молекулярной стороны. Большинству ученых более логичным казалось альтернативное атомистическое учение Дж. Дальтона, получившее импульс к дальнейшему развитию в трудах Й. Я. Берцелиуса. Для объединения обеих теорий необходимо было отказаться от исходного методологического положения и осознать, что атом и молекула представляют собой качественно различные ступени организации вещества. В результате вплоть до середины 40-х гг. XIX в. можно указать лишь единичные случаи использования гипотезы Авогадро.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 54.

\*\* Джуа М. Указ. соч. – С. 179.

\*\*\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 55.

Так, в 1826 г. французский химик Ж. Б. Дюма предложил метод определения относительного веса органических соединений по плотности их паров. При этом в основу своего метода Дюма (см. гл. 9, пп. 9.2–9.4) положил гипотезы, по существу совпадающие с идеями Авогадро. При этом французский химик считал, что образующиеся при делении молекул частицы не следует рассматривать как предел деления веществ. В 1833 г. другой французский ученый М. А. Годэн в одной из своих работ высказал мысль, что при одинаковом давлении и температуре молекулы газообразных тел находятся на одном и том же расстоянии друг от друга. Он пришел к выводу, что молекулы простых газообразных веществ состоят, по меньшей мере, из двух атомов, и при соединении их друг с другом каждая образующаяся молекула делится пополам. Важно отметить, что Годэн настаивал на необходимости четкого разграничения содержания понятий «атом» и «молекула».

Однако статьи Годэна, так же как и работы Авогадро, по-видимому, не привлекли особого внимания современников. В связи с тем, что работы А. Авогадро получили всеобщее признание только во второй половине XIX в., до сих пор предпринимаются попытки приписать заслугу открытия единой атомно-молекулярной теории Дж. Дальтону, однако это следует расценить как непонимание трудов итальянского ученого даже после триумфа атомно-молекулярной теории. Один из первых ученых, сумевший оценить истинное значение трудов А. Авогадро, – Вальтер Нернст был твердо убежден, что молекулярная теория и закон Авогадро представляют собой один из краеугольных камней в фундаменте химической науки\*. Позднее имя итальянского ученого было увековечено в названии постоянной Авогадро  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ , равной числу структурных частиц в 1 моль вещества, которую рассматривают как *всемирную константу*.

## 8.7. Закон изоморфизма



Эйльгарт Митчерлих  
(1794–1863)

В 1819 г. в результате изучения солей ортофосфорной  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и мышьяковой  $\text{H}_3\text{AsO}_4$  кислот немецкий химик Эйльгарт Митчерлих установил, что эти соединения, имеющие сходный химический состав, могут выделяться в виде смешанных кристаллов. Обобщив свои наблюдения, он пришел к выводу, что форма кристаллов зависит не столько от природы атомов, сколько от их числа. Таким образом, был сформулирован *закон изоморфизма* («одинаковой формы»): *одинаковое число атомов, соединенных одним и тем же способом, дает одну и ту же кристаллическую форму, которая не зависит от химической природы атомов, а зависит лишь от их числа и положения*.

\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 178.

Из этого закона следовало, что если два аналогичных по составу соединения кристаллизуются в виде смешанных кристаллов, то их химическую природу можно считать подобной. Закон изоморфизма позволял экспериментаторам делать правильные заключения об эквивалентности молярных масс веществ одинакового элементного состава.

### 8.8. Закон удельных теплоемкостей

В 1819 г. французские химик *Пьер Луи Дюлонг* и физик *Алексис Терез Пти* работали еще один способ расчета атомных масс элементов, образующих простые вещества в твердом состоянии. Они обнаружили, что *удельная теплоемкость* металлов (количество теплоты, которое необходимо сообщить единице массы вещества, чтобы повысить его температуру на один градус) обратно пропорциональна их относительной атомной массе. *Закон удельных теплоемкостей* формулируется следующим образом: *атомы элементов имеют одинаковую теплоемкость, или же атомные теплоемкости элементов имеют одну и ту же величину.*



**PIERRE LOUIS DULONG**

(Chimiste et Physicien),

Membre de l'Académie des Sciences.

Né à Rouen (Dép. de la Seine-inférieure) le 13 Février 1785.

*Пьер Луи Дюлонг (1785 – 1838)*

Таким образом, атомную массу простого вещества в твердом состоянии (правда, только приблизительно) стало возможным определить, измерив его теплоемкость. Для этого было достаточно разделить константу 6,25 (равную произведению удельной теплоемкости на атомную массу) на экспериментально найденную величину удельной теплоемкости. Дюлонг и Пти проверили свой закон на 12 металлах и сере. Исключения из этого закона (например, в случае бора, углерода и кремния) смогли получить объяснения в более позднее время в работах Вальтера Нернста.

### 8.9. Законы электролиза

Электричество было известно человечеству еще с античных времен. Древние греки знали, что кусочек янтаря, если его потереть о шерстяную ткань, способен притягивать пылинки и даже легкие предметы. Найденные при раскопках в Ираке фрагменты упоминаемой ранее «парфянской батареи», позволяют высказывать смелые гипотезы о том, что уже в начале нашей эры человек мог использовать для своих нужд примитивные гальванические элементы (см. гл. 2, п. 2.4).

Спустя практически две тысячи лет английскому физiku Уильяму Гилберту удалось обнаружить, что способностью электризоваться обладают и другие

вещества. По инициативе Гилберта вещества, обладающие такими свойствами, стали называть «*электриками*» (от греческого слова  $\eta\lambda\epsilon\chi\tau\rho\nu$  – янтарь). Как позднее выяснил французский химик *Ш. Ф. де Систернэ Дюфе*, существует два вида электрических зарядов: один из них возникает на стекле («стеклянное электричество»), а другой – на янтаре («смоляное электричество»). Тело, несущее заряд одного вида, притягивает к себе тело, содержащее заряд другого типа, однако два одинаково заряженных тела испытывают взаимное отталкивание.

В середине XVIII в. выдающийся американский ученый, дипломат и государственный деятель *Бенджамин Франклин* выдвинул гипотезу для объяснения природы электрических зарядов. Согласно его предположению, носителем заряда является электрический флюид. Если содержание этого флюида превышает некоторый предел, тело приобретает заряд одного сорта, а в том случае, когда этого флюида содержится меньше нормы, тело несет заряд другого вида. По мнению Б. Франклина, стекло характеризуется избыточным содержанием флюида и вследствие этого несет *положительный заряд*. У янтара, напротив, наблюдается недостаток флюидов, поэтому его заряд имеет *отрицательный знак*. Система знаков электрического заряда используется до сих пор, несмотря на то, что представления о природе электрического заряда противоположны тем, которые существовали в XVIII–XIX вв.

Важной вехой в изучении электричества стал 1783 г. Согласно наиболее популярной версии, итальянский физиолог *Луиджи Гальвани* из Болонского университета, препарируя лягушку одновременно с экспериментами по статическому электричеству, первым изучил электрические явления при мышечном сокращении. Продолжая свои исследования, итальянский ученый пришел к выводу, что животная ткань вырабатывает электричество («животное электричество»), а металлы играют роль обычных проводников.

Эстафету исследований в новой области принял у Л. Гальвани его соотечественник – физик *Алессандро Вольта*. В 1800 г. итальянский ученый установил, что можно так подобрать



BENJAMIN FRANKLIN 1706-1790.

*Engraved by N. B. Smith & Co. From a portrait by J. M. W. Turner for the British Museum. Collected by R. H. Smith 1818*

Бенджамин Франклин (1706–1790)



Луиджи Гальвани (1737–1798)

две металлические пластины, разделенные растворами электролитов, что через соединяющий их провод пойдет *электрический ток*. Вольта разработал первую электрическую батарею, представляющую собой конструкцию из 20 пар пластинок двух различных металлов. Эта батарея, получившая название Вольтова столба, стала первым источником постоянного тока. Электрический ток в *гальваническом элементе* образуется в результате протекания химической реакции, в которой участвуют два разных металла и разделяющий их раствор электролита. В своих работах А. Вольта привел первые несомненные доказательства тому, что *между химическими реакциями и электричеством существует устойчивая связь*. Дальнейшее развитие эта идея получила в исследованиях английских химиков *Уильяма Николсона* и *Энтони Карлайла*. В своих работах они обнаружили обратную связь – электрический ток может изменять материю и вызывать протекание химической реакции. При помощи электрического тока они разложили воду на водород и кислород, т.е. осуществили *электролиз* воды. Выделявшиеся по мере разложения воды  $H_2$  и  $O_2$  они собирали в отдельные сосуды. Последующие измерения позволили установить, что объем выделившегося  $H_2$  в два раза больше объема  $O_2$ .

С начала XIX в. гальванический электрический ток стал интенсивно применяться в физических и химических экспериментах. Возможность разложения молекулы воды на простые вещества вдохновила английского химика *Гемфри Дэви* на проведение исследований по использованию электрического тока для разложения соединений, которые было нельзя разложить химическим путем. На первых стадиях своих опытов Г. Дэви пропускал ток через растворы изучаемых веществ, в результате чего он практически всегда получал только  $H_2$  и  $O_2$ . Позднее его посетила блестящая догадка удалить воду и перевести анализируемые вещества в расплавленное состояние. В 1807 г., пропуская электрический ток через расплав карбоната калия, Г. Дэви получил маленькие шарики металла, который он назвал *потассием* (от тривиального названия  $K_2CO_3$  – поташ). Некоторое время спустя из расплава  $Na_2CO_3$  Дэви выделил еще один металл, названный *содием*. Эти чрезвычайно химически активные металлы впоследствии называли соответственно *калием* и *натрием*, хотя в английском языке сохранились названия, присвоенные этим элементам самим первооткрывателем.

После выделения в свободном состоянии щелочных металлов Г. Дэви доказал, что газообразный хлор – «дефлогистированная муриевая кислота» Шееле – является простым веществом. Модифицируя и изменяя оборудование для проведения электрохимических исследований, английский химик выделил в чистом виде целую группу *щелочноземельных металлов*: магний, стронций, барий и кальций.



*Copy permission from the larger "Prints published by Agst. Jones & Son."*  
 SIR HUMPHRY DAVY, BART. F.R.S.

*Humphry Davy*

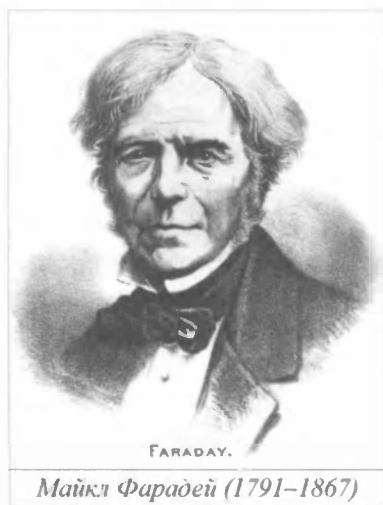
Гемфри Дэви (1778–1829)

Результаты исследований Г. Дэви, Ж. Л. Гей-Люссака и Л. Ж. Тенара подтверждали, что не только хлор, но и иод являются элементами, а не окисленными радикалами. Более того, с помощью электрохимических экспериментов Г. Дэви доказал, что хлороводородная и иодоводородная кислоты не содержат кислорода. В результате длительного изучения процессов электролиза английский ученый пришел к убеждению, что *основной* составной частью кислот, которая и определяет *общие химические свойства* этого класса соединений, является *водород*, а не кислород, как это следовало из теории А. Л. Лавуазье (см. гл. 6, п. 6.7).

Необходимо отметить, что Г. Дэви был поистине блестящим экспериментатором. Все его работы отличались безукоризненной скрупулезностью процедуры и поразительной точностью полученных результатов. Именно поэтому Дэви весьма прохладно отнесся к атомистической теории Дж. Дальтона. Главной мишенью для критических выпадов оказался характер экспериментальных данных Дальтона, которые казались Г. Дэви явно недостаточными для провозглашения фундаментальных теоретических положений. На основании анализа и сопоставления многочисленных экспериментальных данных Дэви разработал собственную *электрохимическую теорию*, призванную объяснить природу химического сродства. В 1807 г. он опубликовал основные ее положения:

- в химическое взаимодействие вступают вещества неодинаковой природы, при контакте приобретающие противоположные электрические заряды;
- акт химического взаимодействия представляет собой процесс выравнивания зарядов, он протекает интенсивнее между исходными веществами, которые обладают большей разностью между противоположными зарядами;
- химическое сродство составных частей соединения связано с их электрической полярностью: чем больше полярность, тем больше сродство;
- между химическими и электрическими процессами существует однозначная связь; первые всегда связаны со вторыми и наоборот.

Даже с современных позиций теория Г. Дэви выглядит достаточно логичной и не лишенной здравого смысла\*. Однако в начале XIX в. не все ее положения были безоговорочно приняты современниками. Тем не менее она сыграла важную роль в развитии естествознания, поскольку, во-первых, стимулировала изучение взаимосвязи химических и электрических явлений, что в конечном итоге привело к созданию электрохимии. Во-вторых, способствовала установлению более тесных отношений между физикой и химией, призывая к более широкому использованию математических методов при проведении химических экспериментов.



\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 203.



Работы Г. Дэви по электролизу продолжил его ученик и помощник Майкл Фарадей. Целый ряд электрохимических терминов, используемых и по сей день, был введен в научный язык по инициативе Фарадея: например, разложение соединений под действием электрического тока английский ученый предложил называть *электролизом*, а вещества, растворы или расплавы которых способны проводить электричество, – *электролитами*. Такие термины, как *электрод*, *катод*, *анод*, *ион*, *катион*, *анион*, своим появлением также обязаны Фарадею.

В 1834 г. М. Фарадей высказал утверждение, что электрохимические процессы характеризуются определенными количественными соотношениями, и сформулировал два закона электролиза. Согласно первому из них, масса вещества, выделившегося на электроде во время электролиза, пропорциональна количеству электричества, пропущенного через раствор.

$$m = kIt,$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $I$  – сила тока;  $t$  – длительность процесса электролиза.

Второй закон утверждал, что масса металла, выделенная определенным количеством электричества, пропорциональна его эквивалентной массе. Эти законы, получившие название законов постоянства электрохимических действий, открывали возможность определять *электрохимические эквиваленты* металлов и далее рассчитывать их относительные атомные массы. Однако в тот период ученые еще не были готовы к тому, чтобы применить законы Фарадея для определения атомных масс, причем одним из наиболее влиятельных противников применения этих законов был сам Й. Я. Берцелиус.

## 8.10. Развитие атомистики в первой половине XIX в.

Атомистическое учение Дальтона завоевывало все новых и новых сторонников главным образом потому, что содержало в себе, во-первых, картину физического устройства вещества и, во-вторых, на его основе, – объяснение химических явлений. Именно второй аспект атомистики Дальтона был особенно важен для дальнейшего развития химии, поскольку принятие учеными атомистической теории зависело, в первую очередь, от соответствия ее основных положений экспериментальным данным.

Некоторые ученые, безусловно признавая методологическую значимость атомистики Дальтона, справедливо расценивали его идею определять атомный состав соединений по данным весового анализа с применением постулата наибольшей простоты как недостаточно обос-



Уильям Гайд Уолластон  
(1766–1828)

нованную. Такой точки зрения придерживались, например, английский ученый У. Г. Уолластон и шведский химик Й. Я. Берцелиус. Именно они предприняли попытки усовершенствовать систему Дальтона на основе собственных исследований и представлений.

Использование наиболее простых соотношений между элементами приводило к неправильным значениям относительных атомных масс. Более того, относительная атомная масса одного и того же элемента (например азота) могла различаться в зависимости от того, при анализе какого соединения она была получена (оксида азота или аммиака). Однако несовершенство техники взвешивания какое-то время позволяло округлять результаты разных анализов.

Вместо относительных атомных весов У. Г. Уолластон предложил использовать эквивалентные веса, которые он определил для многих элементов и соединений по отношению к кислороду. Хотя в своих работах он не дал однозначного определения понятию *эквивалент* (и иногда отождествлял его с дальтоновским *относительным атомным весом*), в большинстве случаев его данные представляли собой соединительные веса, т.е. весовые соотношения, в которых соединяются элементы. Пересчитанные относительно водорода (принятого за 1), многие значения эквивалентов Уолластона оказались близки к атомным весам Дальтона. В 20-е гг. XIX в. многие химики предпочитали пользоваться именно эквивалентами Уолластона. Они казались ученым менее произвольными, поскольку их величины можно было рассчитать не на основании абстрактного дальтоновского постулата, а по экспериментальным результатам.

Следует подчеркнуть, что закон простых кратных отношений был выведен на основании анализа весьма ограниченного круга соединений, поэтому значения относительных атомных весов (масс) Дальтон определил для сравнительно небольшой группы из известных в то время элементов (см. табл. 8.2). Благодаря работам Т. Томсона и У. Г. Уолластона список элементов с рассчитанными относительными атомными весами был существенным образом расширен. Путем многочисленных аналитических экспериментов достоверность закона кратных отношений применительно ко многим неорганическим оксидам, солям, а позднее – и к органическим соединениям проверил и подтвердил Й. Я. Берцелиус.

### 8.11. Й. Я. Берцелиус – титан химии XIX в. Атомные массы и символы элементов

Чрезвычайно важный этап в истории эволюции химической атомистики связан с именем шведского ученого Йенса Якоба Берцелиуса. Его заслуга состоит в том, что на основе идей Дальтона он попытался создать целостную, подкрепленную многочисленными экспериментальными данными теорию.

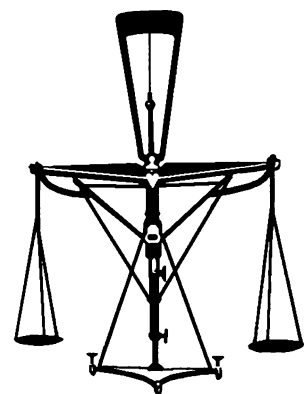
Примерно с 1807 г. под влиянием закона эквивалентов Рихтера Берцелиус занимался определением точного количественного состава различных соединений. Спустя три года молодой ученый познакомился с атомистической теорией Дж. Дальтона. Как писал позднее С. Канниццаро, «предмет исследований Бер-

целиуса сразу оказался освещенным светом, и очень скоро в результате своих опытов он пришел к открытию отношений, о которых до тех пор не догадывался»\*.

В 1813 г. внимание Берцелиуса привлек открытый Гей-Люссаком закон простых объемных отношений. В своих дальнейших исследованиях Й. Я. Берцелиус исходил из попыток сочетать закон объемных отношений с атомной теорией Дж. Дальтона. Однако, как и большинству его современников, ему не удалось в полной мере оценить значение закона объемных отношений и тем более молекулярной теории А. Авогадро.

Шведский ученый был захвачен идеей определения атомных весов, разрабатывая для этого более точные экспериментальные методики, чем у Дж. Дальтона. В своих работах Берцелиус сделал попытку согласовать данные весового и объемного анализа. Он принял, что в одинаковых объемах газообразных веществ содержится одинаковое число атомов, и что, например, вода состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. Для объяснения образования двух, а не одного объема воды при ее синтезе из элементов (как должно было бы быть в представлении об одноатомности молекул простых газов  $2\text{H} + \text{O} = \text{H}_2\text{O}$ ) Берцелиус вынужден был прибегнуть к гипотезе об увеличении расстояния между «сложными атомами» воды по сравнению с простыми газами.

Базовый принцип, который он положил в основу своих соображений, сводился к постулированию простых отношений между числом атомов кислорода в составе оснований и кислот (т.е. в составе основных и кислотных окислов), образующих соли. Таких стехиометрических закономерностей им было подмечено довольно много.



Весы Й. Я. Берцелиуса

В результате длительных и тщательных аналитических работ Й. Я. Берцелиус пришел к выводу, что *в солях существуют простые и постоянные отношения между атомами кислорода основания и атомами кислорода кислоты*. Этот «кислородный закон» окончательно убедил шведского ученого в атомарном строении материи. В некоторых случаях ему не удавалось, однако, установить подчинение составов солей этим закономерностям. Например, в солях фосфорной кислоты отношение кислорода кислоты к кислороду основания не целое –  $5/3$ ). По этой причине для вывода числа атомов в соединениях

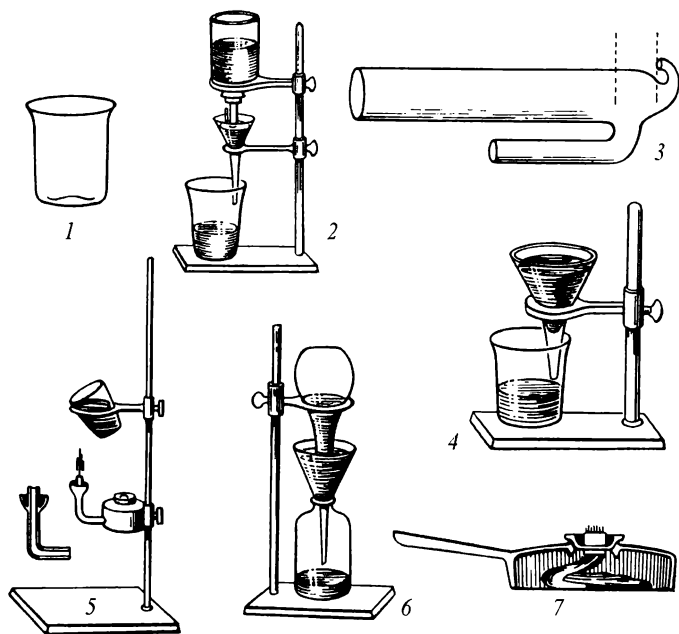


Йенс Якоб Берцелиус (1779–1848)

\* Цит. по: Джуа М. Указ. соч. – С. 178.

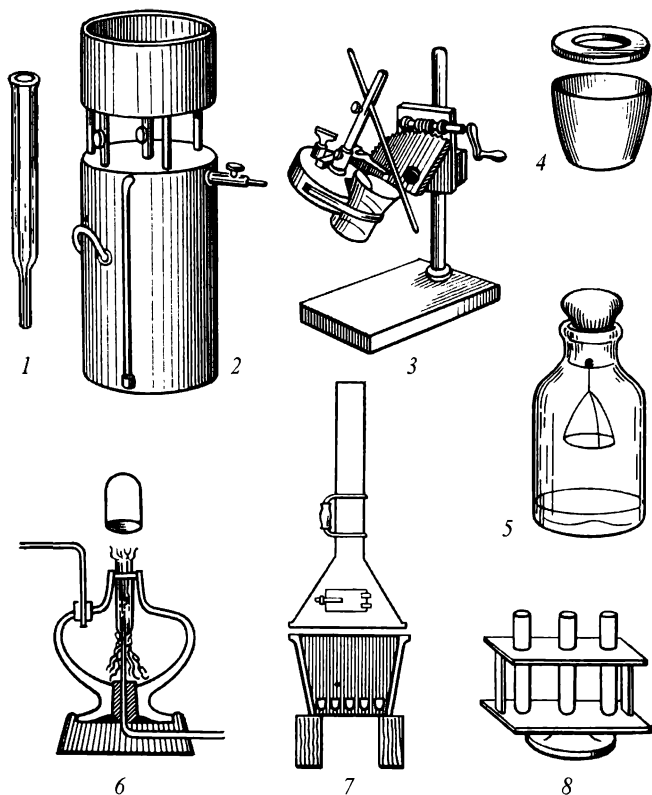
Берцелиус не ограничивался применением только одного критерия, а принимал во внимание все «косвенные соображения», в том числе *аналогии*. Например, аналогия кислорода и серы позволяла ему изучать соединения серы в тех случаях, когда в ряду кислородных соединений отсутствовали какие-либо члены. Таким образом, подход Берцелиуса к рассматриваемому аспекту атомистической теории был существенно более глубоким по сравнению с подходом Дальтона.

Тем не менее Берцелиус характеризовал атомистическую гипотезу Дж. Дальтона как крупнейшее событие в истории химической науки. При всем этом шведский ученый критиковал Дальтона за то, что тот упрямо придерживался одной устоявшейся предпосылки и игнорировал результаты Гей-Люссака, которые на самом деле не опровергали, а наоборот, подтверждали эту теорию. Берцелиус добился результатов чрезвычайной важности, но достиг он их не столько логическими рассуждениями, сколько благодаря вычислению относительных атомных масс 45 известных к тому времени элементов. В 1818 г. он опубликовал таблицу атомных масс, отличающихся высокой точностью, причем атомные массы элементов были рассчитаны относительно кислорода (атомная масса О была принята за 100). Объясняя такой подход, Берцелиус писал: «... Кислород имеет все преимущества. Он, так сказать, является центром, вокруг которого вращается вся химия»\*. Поскольку у Берцелиуса  $A_r(O) = 100$ , абсолютные значения масс элементов в этой таблице по сравнению с привычными для нас завышены в несколько раз. Например, масса водорода, по данным Берцелиуса, составляла 6,2398. Однако соотношения между ними в основном (за исключением нескольких элементов), совпадают с величинами, принятыми в настоящее время. Так можно увидеть, что  $A_r(O)/A_r(H) = 100/6,2398 = 16,023$ . Причина



Лабораторные приборы Й. Я. Берцелиуса: 1 – стакан; 2 – прибор для промывания; 3 – капиллярный регулятор; 4 – штатив с воронкой; 5 – лампа для высушивания осадков; 6 – длительное фильтрование; 7 – масляная лампа

\* См.: Джуса М. Указ. соч. – С. 193.



Лабораторные приборы Й. Я. Берцелиуса: 1 – трубка для фильтрации; 2 – газометр; 3 – аппарат для фильтрации; 4 – водяная баня; 5 – эксикатор; 6 – лампа с поддувом; 7 – калильная печь; 8 – пробирки на штативе

Берцелиус не использовал понятие «молекула», а рассматривал их как атомы различной степени сложности.

С работами Берцелиуса по атомистике тесно связано введение в употребление *буквенных символов* для обозначения химических элементов, которые с небольшими изменениями используются до настоящего времени. Его *система химической символики*, подробно разработанная в 1818–1819 гг., позволяла отражать не только символы элементов и формулы соединений с применением индексов, но и производить запись химических реакций\*\*. Данная система по своей сути представляла собой *специфический научный химический язык*, который весьма содействовал развитию химии.

\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 193.

\*\* Примерно в это же время ирландский химик У. Хиггинс предложил использовать для обозначения элементов аналогичные символы в своей работе «Опыты и наблюдения по атомной теории» (Дублин, 1814 г.).

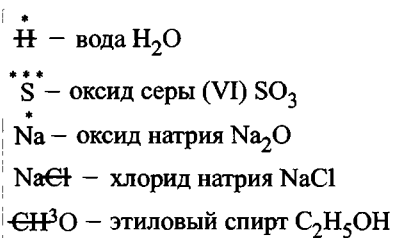
ошибок шведского ученого в определении атомных масс в таблице 1818 г. заключалась еще и в том, что он руководствовался идеей образования соединений с самыми простыми целочисленными соотношениями. Все это не позволяло Берцелиусу найти верное решение атомистической проблемы, хотя он располагал для этого обширными и весьма точными экспериментальными данными\*.

Несколько позднее шведский ученый провел сопоставление процентного состава около 2000 химических соединений (почти всех соединений, известных в то время) и указал значения их «атомных» масс. Так же как и Дж. Дальтон,

Берцелиус признал важность закона Дюлонга и Пти для определения атомных весов (масс), но сделал это скрепя сердце, поскольку многие значения, полученные французскими учеными, отличались от его собственных результатов. С другой стороны, весьма восторженно Берцелиус отзывался о законе изоморфизма Э. Митчерлиха, оценивая его взором учителя, благосклонного к своему ученику. Шведский ученый расценивал этот закон «как самое важное открытие после создания учения о химических пропорциях»\* и широко использовал его для определения и уточнения атомных весов.

Уточненные данные об атомных массах, опубликованные в 1826 г., были получены с использованием представлений о сложных атомах. Подвергая сомнению дальтоновское правило наибольшей простоты, Берцелиус в своих работах пытался вывести состав «сложных атомов» из стехиометрических закономерностей. При создании системы атомных весов 1826 г. Берцелиус использовал различные подходы (закон изоморфизма, закон Дюлонга–Пти, химические аналогии), но основную роль, по-прежнему, отводил объемному и весовому методам. Как и в предыдущих работах, атомные массы всех элементов были отнесены к кислороду, а его масса принята равной 100.

Необходимо подчеркнуть, что при расчетах атомных масс в таблице 1826 г. Берцелиус стал использовать новое теоретическое положение. Он признал существование оксидов, содержащих два атома металла или другого элемента. В 1818 г. единственным представителем таких соединений была вода, для обозначения которой Берцелиус употреблял формулу  $H_2O$ . Небезынтересно, что для изображения кислорода в соединениях, как видно из рисунка, шведский ученый использовал точки.



*Формулы некоторых соединений, записанные с использованием символики Й. Я. Берцелиуса*

В 1826 г. в связи с изменением системы химических формул для обозначения двух атомов металла или неметалла в соединении Берцелиус стал применять символ элемента, перечеркнутый горизонтальной чертой. Использование понятия «двойного атома» привело к изменению формул некоторых кислот, оснований и солей. Таким образом, система химических формул солей Берцелиуса оказалась близка к аналогичным построениям Дж. Дальтона, Т. Томсона и У. Г. Уолластона. Установленные шведским ученым значения атомных масс имеют большую историческую важность, поэтому его таблица вошла в анналы химии как «Таблица атомных весов (масс) 1826 г.»

Принципиальное различие между таблицами атомных масс Дж. Дальтона и Й. Я. Берцелиуса состоит в том, что во втором случае большинство величин атомных масс *не являлись целыми числами*. Необходимо признать, что система атомных весов, созданная громадными усилиями Берцелиуса, не была лишена ошибок

\* Джуга М. Указ. соч. – С. 195.

Таблица 8.4

Таблица атомных весов (масс) Й. Я. Берцелиуса (1826)

Название элемента	Символ	Атомный вес		Название элемента	Символ	Атомный вес	
		O = 100	H = 1			O = 100	H = 1
Кислород . .	O	100	16,02	Тантал . . . .	Ta	1153,72	184,90
Водород . .	H	6,2398	1	Вольфрам . .	W	1183,00	189,60
Углерод . .	C	76,44	12,26	Молибден . .	Mo	598,52	95,92
Бор . . . .	B	136,2	21,82	Ванадий . . .	V	856,89	137,32
Фосфор . . .	P	196,14	31,44	Хром . . . .	Cr	351,82	56,38
Сера . . . .	S	201,17	32,24	Уран . . . .	Ur	2711,36	434,52
Селен . . . .	Se	494,58	79,26	Марганец . .	Mn	345,89	55,44
Иод . . . .	I	789,75	126,56	Мышьяк . . .	As	470,04	75,34
Бром . . . .	Br	489,75	78,40	Сурьма . . .	Sb	806,45	129,24
Хлор . . . .	Cl	221,33	35,48	Теллур . . .	Te	801,76	128,50
Фтор . . . .	Fl	116,9	18,74	Висмут . . .	Bi	886,92	142,14
Азот . . . .	N	88,52	14,18	Цинк . . . .	Zn	403,23	64,62
Калий . . . .	K	489,92	78,52	Кадмий . . .	Cd	696,77	111,66
Натрий . . .	Na	290,90	46,62	Олово . . . .	Sn	735,29	117,84
Литий . . . .	Li	80,33	12,88	Свинец . . . .	Pb	1294,50	207,46
Барий . . . .	Ba	856,88	137,32	Кобальт . . .	Co	368,99	59,14
Стронций . .	Sr	547,29	87,70	Никель . . .	Ni	369,68	59,24
Кальций . .	Ca	256,02	41,04	Медь . . . .	Cu	395,71	63,42
Магний . . .	Mg	158,35	25,38	Ртуть . . . .	Hg	1265,82	202,86
Иттрий . . .	Y	402,51	64,50	Серебро . . .	Ag	1351,61	216,60
Глиций . . .	Gl	331,26	53,08	Золото . . . .	Au	1243,01	199,20
Алюминий . .	Al	171,17	27,44	Платина . . .	Pt	1233,50	197,70
Торий . . . .	Th	744,90	119,30	Палладий . .	Pd	665,90	106,72
Цирконий . .	Zr	420,20	67,34	Родий . . . .	Rh	651,39	104,40
Кремний . .	Si	277,31	44,44	Иридий . . .	Ir	1233,50	197,68
Титан . . . .	Ti	303,66	48,66	Осмий . . . .	Os	1244,49	198,44
Железо . . .	Fe	339,44	54,40				

и противоречий. Здесь уместно напомнить о так называемой *гипотезе Праута*\*. Эта гипотеза основывалась на идее об изначальном единстве материи. Как известно, сама идея далеко не нова: ее формулировали многие античные натурфилософы и атомисты XVII в., включая И. Ньютона и Р. Бойля. Новая гипотеза была в определенной степени лишена метафизической окраски. В 1815–1816 гг. английский химик Уильям Праут, опираясь на таблицу атомных масс Дж. Дальтона, высказал мнение, что все элементы состоят из водорода, и атомные массы различных элементов различаются лишь по той причине, что они содержат различное число атомов Н. Новая гипотеза с восторгом была принята Т. Томсоном, последовательным популяризатором атомистического учения Дж. Дальтона. В то же время Берцели-

\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 197.

ус, получавший в результате своих исследований дробные величины относительных атомных масс, категорически высказался против идеи Праута.

Созданная Й. Я. Берцелиусом система атомных масс и изображения формул химических соединений опиралась на его электрохимическую теорию, которую иногда называют «*дуалистической теорией*». Эта теория, которая привела шведского ученого к созданию дуалистической системы изображения формул химических соединений, была изложена им в классической статье 1818 г. «Исследования в области теории химических пропорций и химического действия электричества». Можно сказать, что электрохимическая теория Берцелиуса во многом являлась развитием представлений Г. Дэви (см. гл. 8, п. 8.8). Однако в отличие от английского ученого Берцелиус считал, что электрические заряды уже присутствуют в атомах до их контакта, поэтому можно разделить элементы на электроотрицательные и электроположительные (табл. 8.5).

Т а б л и ц а 8.5

*Электрохимический ряд Й. Я. Берцелиуса\**

Электроотрицательные элементы в нисходящем порядке	Переходный элемент	Электроположительные элементы в восходящем порядке	
Кислород	Водород	Золото	Цинк
Сера		Иридий	Марганец
Азот и его нитрорадикал		Родий	Алюминий
Радикал муриевой кислоты		Платина	Иттрий
Радикал фтористого водорода		Палладий	Бериллий
Фосфор		Ртуть	Магний
Селен		Серебро	Кальций
Мышьяк		Медь	Стронций
Молибден		Никель	Барий
Хром		Кобальт	Натрий
Вольфрам		Висмут	Калий
Бор		Олово	
Углерод		Цирконий	
Сурьма		Свинец	
Теллур		Церий	
Тантал		Уран	
Кремний		Железо	
Осмий		Кадмий	

\* См.: Джуга М. Указ. соч. – С. 206.



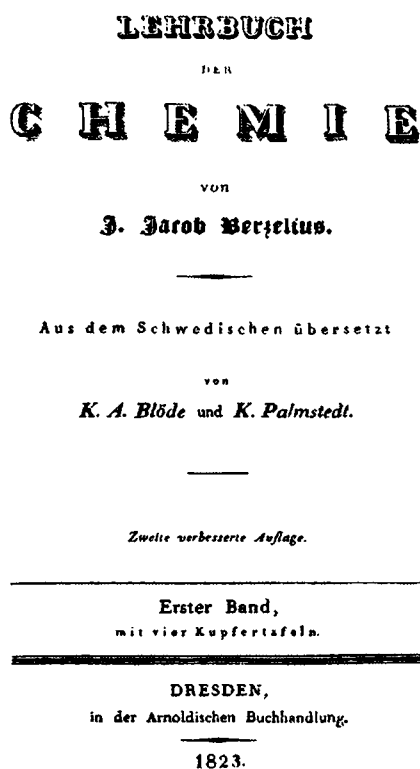
Располагая элементы согласно их электрической полярности, Берцелиус выстроил их в ряд, первым членом которого был кислород, затем следовали сера, азот, фосфор и другие неметаллы с переходом через водород к натрию, калию и другим металлам. Таким образом, Берцелиус разделил все элементы на *металлы* и *металлоиды*. По мнению шведского ученого, химическое соединение образуется путем объединения атомов с противоположными зарядами.

Согласно теории Й. Я. Берцелиуса, электрическая полярность элементов не исчезает после образования ими сложных веществ. Поэтому процесс электролиза объясняется тем, что при прохождении электрического тока атомы восстанавливают свою исходную полярность, которой они обладали до вступления в соединение, вследствие чего и возникает их миграция к электроду с противоположным электрическим зарядом.

Цель дуалистической теории Берцелиуса заключалась в том, чтобы найти отправной пункт для суждения о *конституции* соединений. Попытка устано-

вить рациональные формулы химических соединений привела ученого к созданию так называемой *дуалистической системы* и в то же время к усовершенствованию номенклатуры, разработанной французской школой под руководством А. Лавуазье. Дуалистическая система предполагала, что каждое соединение состоит из двух частей, имеющих различную электрическую полярность. Например, сульфат бария должен был иметь формулу  $(\text{BaO})^+ \cdot (\text{SO}_3)^-$ , а карбонат кальция –  $(\text{CaO})^+ \cdot (\text{CO}_2)^-$ . Согласно Берцелиусу, в растворах кислот вода имела слабо электроположительную функцию, таким образом, водную серную кислоту следовало изображать формулой  $(\text{H}_2\text{O})^+ \cdot (\text{SO}_3)^-$ , в то время как в водных растворах оксидов металлов вода слабоотрицательна, например, в  $(\text{CaO})^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})^-$ .

Этих кратких сведений достаточно для того, чтобы показать, насколько важна была для своего времени дуалистическая теория Й. Я. Берцелиуса\*. Она была достаточно проста и плодотворна для описания состава и строения неорганических соединений, однако применять ее



Титульный лист «Учебника химии»  
Й. Я. Берцелиуса (Лейпциг, 1823)

\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 196.

для органических веществ можно было лишь с большими оговорками. Поначалу Берцелиус был явным сторонником Лавуазье и отстаивал его кислородную теорию кислот (см. гл. 6, п. 6.7). Лишь в 1825 г. под влиянием неопровержимых экспериментальных данных, полученных другими учеными (в том числе, Г. Дэви и Гей-Люссаком), Берцелиус отказался от представлений о том, что все кислоты должны содержать кислород.

Продолжая изучать электролиз растворов солей, Г. Дэви доказал, что в солях *положительной* составной частью является металл, а *отрицательной* – кислотный остаток. В тридцатые годы XIX в. были доказаны факты существования многоосновных кислот, в частности ортофосфорной, лимонной и винной. Все эти экспериментальные данные свидетельствовали о недостатках дуалистической системы. Решительному отказу от нее способствовало также бурное развитие органической химии, поскольку строение органических веществ, подавляющее большинство из которых не являются электролитами, нельзя было объяснить с позиций дуалистической теории. Попытки Берцелиуса всячески защитить свою теорию не помешали тому, что в начале 1840-х гг. она была практически забыта, ибо наука пользуется той или иной теорией до тех пор, пока она жизненна, и отказывается от нее, когда она становится бесполезной.

Как справедливо отмечает М. Джуа, нелегко дать полный обзор поистине исполинской деятельности выдающегося шведского химика\*. Необходимо напомнить, что помимо занятий непосредственными фундаментальными исследованиями в области химии Берцелиус много сил отдавал литературной деятельности. В 1808–1818 гг. он опубликовал «Учебник химии» в трех томах, который пользовался огромной популярностью, выдержал пять изданий и был переведен практически на все европейские языки.

С 1821 г. Берцелиус составлял ежегодные аналитические обзоры естественнаучных исследований, проводимых в разных странах. Его «Обзоры успехов физики и химии» (всего 27 томов) составляли главный источник информации в тот период, имели широкую известность и переводились на другие языки. Шведский ученый был безусловным лидером и корифеем среди исследователей-химиков своего времени. Он бережно взрастил целую плеяду преемников, среди которых были такие выдающиеся ученые, как исследователь редкоземельных металлов К. Г. Мосандер, Э. Митчерлих, Х. Г. Гмелин, Ф. Велер и многие другие.

Роль Й. Я. Берцелиуса в развитии химической науки велика и неоспорима. Он внес огромный вклад в развитие и укрепление атомного учения, обогатил неорганическую химию открытием целого ряда элементов: церия (1803), селена (1817), кремния (1824), циркония (1824), тантала (1825) и ванадия (1830).

\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 197.

## 8.12. Попытки реформы системы атомных весов



Леопольд Гмелин (1788–1853)

Ученики Й. Я. Берцелиуса достойно продолжили его дело по развитию атомного учения. В последующие годы таблицы атомных масс постоянно уточнялись, и все более очевидным становились выводы Берцелиуса, считавшего, что атомные массы различных элементов не являются целыми числами, кратными массе водорода.

Во второй четверти девятнадцатого века многие химики занимались определением атомных масс элементов. Особого упоминания заслуживают *Леопольд Гмелин* и *Жан Сервэ Стас*.

В системе атомных масс, предложенных Л. Гмелином, в основном содержались данные, сходные с результатами Берцелиуса. Однако в его системе атомная масса водорода была вдвое больше принятой Берцелиусом. Л. Гмелин привел для водорода молекулярную массу простого вещества  $H_2$ . В результате атомные массы элементов, образующих с водородом соединения, были определены правильно, а атомные массы металлов оказались вдвое меньше.

Существование различных систем атомных весов в первой половине XIX в. вносило серьезные осложнения в практику химических исследований (некоторые значения атомных весов элементов для различных систем приведены в табл. 8.6). К 40-м гг. XIX столетия проблема приобрела особую остроту, когда химические эквиваленты, в частности, предложенные Л. Гмелином, получили широкое распространение в химической литературе. Ситуацию усложняло еще и то, что само понятие «эквивалент» ученые понимали по-разному: как соединительный вес, как атомный вес или как равнозначные массы вещества в реакциях замещения\*.

Таблица 8.6

Относительные атомные массы элементов, пересчитанные к эталону  $A_r(H) = 1$

Элемент	Относительные атомные массы, рассчитанные разными авторами		
	Гмелин (1827)	Дюма (1828)	Берцелиус (1835)
Водород	1	1	1
Углерод	6	6	12,3
Кислород	8	16	16
Натрий	23,3	46,6	46
Иод	32,2	64,4	128

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 56.

В зависимости от принятой системы формулы соединений (минеральных и органических) составлялись по-разному, и поэтому для одних и тех же веществ могло существовать несколько вариантов. В таких условиях некоторые ученые высказывали сомнения в необходимости и целесообразности установления числа атомов в соединениях. Необходимо отметить, что в начале второй четверти XIX в. разночтения и неопределенности в установлении формул соединений достигли таких пределов, что стали сдерживать развитие органической химии, которая накопила большой эмпирический материал, нуждавшийся в обобщении и систематизации.

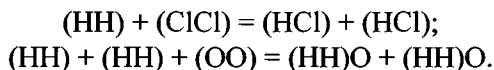
Именно в рамках органической химии на рубеже 50-х гг. XIX в. наметилась тенденция реформы атомистической теории, направленная на возрождение и развитие молекулярных представлений. В 40-х гг. XIX в. два молодых французских химика *Огюст Лоран* и *Шарль Фредерик Жерар* (см. гл. 9, п. 9.4) предприняли очередную попытку уточнения относительных атомных масс. В ходе своих исследований Ш. Ф. Жерар пришел к выводу, что в качестве общей меры для изучения свойств и составов органических веществ атомные веса представляют больше удобства по сравнению с системой эквивалентов. Эквиваленты Гмелина, ближе всего подходившие к соединительным весам, численно были равны уменьшенным вдвое атомным весам Берцелиуса для ряда элементов, в том числе для основных, входящих в состав органических соединений. Анализируя соотношение объемов  $\text{CO}_2$  и паров  $\text{H}_2\text{O}$ , образующихся при горении органических веществ, Жерар пришел к выводу, что представленные Берцелиусом формулы многих соединений являются удвоенными. В обстановке путаницы в атомных и эквивалентных массах, а также в формулах органических веществ Ш. Ф. Жерар предложил устранить накопившиеся противоречия путем исправления значений атомных масс углерода, кислорода и серы. При  $A_r(\text{H}) = 1$  он предложил считать атомные массы этих элементов равными  $A_r(\text{O}) = 16$ ;  $A_r(\text{C}) = 12$  и  $A_r(\text{S}) = 32$ . Жерар также исправил эквивалентные массы серебра, свинца и щелочных металлов. Необходимо признать, что в целом таблица атомных масс Жерара была менее совершенной по сравнению с системой Берцелиуса 1826 г., однако ее главное преимущество заключалось в том, что она опиралась на правильные эмпирические формулы веществ.

В результате своих исследований Жерар и Лоран не только предложили упростить формулы многих соединений, но практически очень близко подошли к современному пониманию молекулярного состояния вещества, используя представления о «*химической частице*». По крайней мере, из статей О. Лорана видно, что он осознавал различие между атомарным и молекулярным хлором, приписывая последнему формулу  $\text{Cl}_2$ .

Полностью поддержав идеи Ш. Ф. Жерара, О. Лоран предложил использовать в записи химических реакций обозначения половинных объемов эквивалентов простых газов ( $\text{H}_{1/2}$ ,  $\text{Cl}_{1/2}$ ). К концу 40-х гг. XIX в. он уверился в существовании двойных молекул этих веществ ( $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ) и высказал предположение о том, что в реакциях такие молекулы могут делиться на два атома. «Даже если допустить, – писал Лоран, – что существует предел делимости материи, мы не обязаны считать атомы химиков таким пределом, и мы вполне будем в состоянии понять причину

закона определенных пропорций, предположив, что химические атомы на самом деле представляют собой молекулярные группы, составленные из некоторого числа меньших атомов»\*.

В одной из последующих статей, пользуясь обозначениями Берцелиуса, Лоран предложил уравнения с обозначениями двухатомных молекул газообразных простых тел:



Используя новые химические формулы, О. Лоран показал принципиальное различие между понятиями *атом*, *молекула* и *эквивалент*. Он продемонстрировал, например, что атом кислорода *эквивалентен* атому серы, а атом водорода – атому галогена, но каждый атом первой пары эквивалентен двум атомам второй пары. Кроме того, Жерар отмечал, что значение эквивалента (эквивалентной массы) сложного вещества далеко не всегда является постоянной величиной – оно может зависеть от природы партнеров, с которыми реагирует данное соединение.

Таким образом, Ш. Ф. Жерар и О. Лоран на рубеже 50-х гг. XIX в. инициировали долгожданную реформу сложившейся в химии системы атомных весов. Еще шаг, как пишет М. Джуа, и идеи Авогадро осветили бы систему атомных масс, но преждевременная кончина обоих французских химиков помешала закончить работы по реформе атомного учения\*\*. Решить эту проблему и осуществить настоящую реформу атомно-молекулярной теории предстояло итальянскому химику С. Канниццаро.

В 60-х гг. XIX в. бельгийский химик Ж. С. Стас определил атомные массы элементов точнее, чем Берцелиус. В начале XX в. американский химик *Теодор Уильям Ричардс*, приняв все меры предосторожности, определил значения атомных масс с такой точностью, которая только была возможна при использовании чисто химических методов исследования. Результатом экспериментов Ж. С. Стаса и Т. У. Ричардса явились ответы на те вопросы, которые оставались нерешенными в работах Берцелиуса.

Однако необходимо напомнить, что в начале XX в., когда Т. У. Ричардс проводил свои поразительные по точности эксперименты, вновь встал вопрос о том, что следует понимать под атомной массой. На этом этапе развития химии гипотезе Праута суждено было возродиться.

Эксперименты показали, что атомные массы различных элементов взаимосвязаны между со-



*Теодор Уильям Ричардс*  
(1868–1928)

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 57.

\*\* См.: Джуа М. Указ. соч. – С. 205.

бой не столь простым способом, как это предполагалось ранее, поэтому насущной задачей стало определение стандарта, относительно которого было бы целесообразно выражать массы других элементов. Если принимать за единицу атомную массу водорода, окажется, что атомная масса кислорода будет выражена нецелым числом 15,9. Это было бы крайне неудобно, поскольку кислород входит в состав подавляющего числа соединений.

Чтобы атомная масса кислорода выражалась целым числом при минимальном нарушении стандарта, т.е. атомной массы водорода,  $A_r(\text{O})$  округлили и приняли равной 16,000. Атомная масса водорода при этом оказалась равной 1,008. Атомная масса кислорода служила стандартом вплоть до середины XX в., пока ее не сменила *углеродная шкала атомных масс*.

### 8.13. Международный съезд химиков в Карлсруэ. Атомно-молекулярная реформа С. Канниццаро

Идеи Ш. Ф. Жерара и О. Лорана получили признание среди наиболее передовых ученых мира. В своей магистерской диссертации «Удельные объемы» Д. И. Менделеев развил некоторые идеи и методы Ш. Ф. Жерара. Он доказал универсальность гипотезы Авогадро и объяснил причины отклонения плотности паров некоторых веществ при высокой температуре их термической диссоциацией\*. В 1856 г. русский ученый предложил формулу для определения молекулярной массы газообразных веществ непосредственно по их относительной плотности, независимо от того, известен их количественный химический состав или нет:

$$M (\text{вещества}) = 29 D_{\text{воздух}}$$

Менделеев писал: «Это дает легчайший способ по удельному весу (*относительной плотности*) узнавать приближенный вес частицы и обратно»\*\*.

Обзор состояния химии в середине XIX в. показывает, что разные школы и группы ученых пользовались различными системами атомных масс: одни придерживались данных Берцелиуса, другие употребляли значения, исправленные Лораном и Жераром. Вследствие этого рациональные формулы соединений, претендующие на раскрытие состава веществ, ученые представляли по-разному. Например, воду изображали четырьмя различными формулами, а для уксусной кислоты существовало целых девятнадцать вариантов написания. При этом необходимо учитывать, что основные химические понятия – атом, молекула и эквивалент – трактовались многими химиками весьма произвольно.

Все это привело к тому, что ученые практически перестали понимать друг друга. В такой сложной обстановке некоторые исследователи пришли к идее об организации международного симпозиума с участием наиболее известных

\* Идею о термической диссоциации молекул Д. И. Менделеев высказал за год до того, как А. Сент-Клер Девиль открыл это явление в 1857 г.

\*\* Становление химии как науки. – С. 294.

ученых разных стран для того, чтобы выработать общие взгляды по самым животрепещущим научным проблемам, в частности – внести ясность в содержание основных химических понятий. Видные ученые, составившие инициативную группу конгресса, обратились к специалистам из разных стран с приглашением посетить это чрезвычайно важное совещание. Начало работы конгресса было назначено на 3 сентября 1860 г.

На Первом Международном конгрессе в г. Карлсруэ присутствовало 140 химиков из Европы и Америки, в том числе семь ученых из России, среди них были Н. Н. Зинин и Д. И. Менделеев, которые были включены в состав комиссии, образованной для принятия согласованного решения конгресса. После бурных дискуссий комиссия пришла к заключению, что основные разногласия сводятся, по существу, к вопросу о различии понятий «химическая частица» (молекула) и «атом».



Станислао Канниццаро  
(1826–1910)

Среди обсуждаемых мнений, представленных на конгрессе, научные идеи итальянского химика *Станислао Канниццаро* оказались наиболее передовыми и отчетливо сформулированными, это сыграло решающую роль в выяснении запутанных вопросов. Его доклад и брошюра «Конспект лекций по химической философии», распространенная среди участников конгресса, произвели сильное впечатление.

Еще в 1858 г. независимо от Д. И. Менделеева С. Канниццаро предложил объективный метод определения молекулярных весов газообразных веществ непосредственно по их относительной плотности по водороду:

$$M (\text{вещества}) = 2D_{\text{H}_2}.$$

С помощью этого метода он исправил некоторые неточности в таблицах атомных весов (масс) в системах Берцелиуса и Жерара. Утверждая, что молекулы простых веществ в газообразном состоянии имеют, чаще всего, двухатомное строение, Канниццаро, в отличие от Берцелиуса и Жерара, пришел к выводу, что металлы (прежде всего, ртуть) в парообразном состоянии находятся в виде одноатомных молекул. Данное заключение позволило ему сделать важный шаг по пересмотру атомных масс металлов. Исследования С. Канниццаро сыграли важную роль в устранении непоследовательности системы атомных весов металлов, разработанной Жераром. Основываясь на результатах измерения плотности паров ртути и ее соединений в совокупности с фактами изоморфизма и данными об удельных теплоемкостях, Канниццаро предложил удвоить атомную массу ртути по сравнению с величиной, принятой Жераром. Имея в виду аналогию формул соединений ртути и других металлов (за исключением щелочных), он предложил уточненные значения атомных масс меди, цинка и олова.

Центральным положением в новых представлениях Канниццаро явилось утверждение *важнейшего* для химии *понятия о молекуле*. Взяв за основу гипотезу Авогадро и пользуясь при определении молекулярных масс простых веществ методом плотности пара, Канниццаро пришел к выводу о существовании у простых веществ молекул, состоящих из различного числа атомов.

Необходимо отметить, что математическая разработка кинетической теории газов, начавшаяся в 1856–1857 гг., привела к физическому обоснованию гипотезы Авогадро. Было доказано положение о равенстве числа молекул в равных объемах при одинаковых условиях, а также наличие различного числа атомов в молекулах простых газообразных веществ:  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $P_4$ ,  $S_6$  и т.д. Проанализировав работы Авогадро, Ампера, Годэна, Дюма, Жерара и Лорана, Канниццаро внес ясность в вопрос о различии атомных, молекулярных и эквивалентных масс. Таким образом, заслуга С. Канниццаро состоит прежде всего в возрождении гипотезы Авогадро об объемных отношениях и последовательном приложении этой гипотезы к определению молекулярных масс металлоорганических соединений и атомных масс ряда металлов. После того как итальянский химик рассчитал молекулярные массы ряда простых веществ и химических соединений, он пришел к следующему выводу: *различные количества одного и того же элемента, содержащиеся в различных молекулах, являются целыми кратными одной и той же величины, которая входит неделимо в эти соединения и по праву называется атомом*. Это положение иногда называют «законом атомов» С. Канниццаро.

С изложением этих взглядов итальянский ученый и выступил на Первом Международном химическом конгрессе в Карлсруэ. В своей речи С. Канниццаро призвал ученых принять атомно-молекулярное учение и предложил придерживаться единой системы основных химических понятий – *молекулы* как наименьшего количества простого или сложного вещества, вступающего в реакцию, и *атома* как наименьшего количества элемента, входящего в состав молекулы. Четкая детализация содержания фундаментальных понятий химии, представленная итальянским ученым, подкрепленная точными и согласующимися между собой результатами расчетов атомных масс элементов придала *атомно-молекулярной теории* законченный характер.

Таким образом, в этой системе подразумевалась принципиальная равнозначность простого и сложного вещества. Атом же мыслился не как неделимый первичный объект материи (то есть не как дальтоновский атом), а как некая мельчайшая «элементарная единица».

силь-  
азу-  
гиль-  
на-  
они  
мса-  
ить  
ва-  
ни-  
пре-  
гиль-  
ство  
и то  
мис-  
а и,  
кис-  
ис-  
не-  
но в  
ной-  
мис-

## ХИМИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС В КАРЛСРУЭ.

(Извлечение из А. А. Воскресенского)

Химический конгресс, только-что окончившийся в Карлсруэ, составляет столь-значительное явление в истории нашей науки, что и счато обязательностью хотя и краткими словами описать результаты конгресса и результаты, до которых он достиг.

Существенный поводок к созданию международного химического конгресса служило желанием уяснить и, если возможно, согласить основные различия, существующая между последовательными развитиями химической школы. Сначала г. Кекуле предполагал было для разрешения многие вопросы: вопрос о различии частицы, атома и эквивален-

провсход  
прошлут  
обходнос  
эвпра, точ  
двойных  
соед., отд  
своей про-  
зливает, и  
физиком,  
гния сред-  
частичн.  
такий об-  
центров  
зависит  
этом, сав-  
стория те-  
мал его, и  
потому-что  
зависеть и  
дальшим

Статья Д. И. Менделеева В газете «Санкт-Петербургские ведомости» от 2 ноября 1860 г., посвященная Международному конгрессу химиков в Карлсруэ



«Одушевленная речь Канниццаро по справедливости была встречена общим одобрением», – писал позднее Д. И. Менделеев. Результаты голосования по основным положениям доклада С. Канниццаро выявили практически полное единодушие участников конгресса.

Отсутствие прямых экспериментальных доказательств существования атомов приводило к тому, что, несмотря на широкое признание взглядов Канниццаро, и после съезда в Карлсруэ оставались естествоиспытатели, которые либо не приняли атомистики вообще, либо рассматривали атомы лишь как удобную, но гипотетическую модель для разъяснения некоторых явлений. Тем не менее, большинством ученых второй половины XIX в. атомно-молекулярное учение было принято и его распространение сыграло решающую роль в дальнейшем развитии химии. Исследования итальянского ученого ознаменовали собой торжество унитарных представлений в химии. Предложенные им способы определения состава молекул впоследствии внесли ясность в правильное понимание *валентности* элементов и *химической структуры* веществ.

Атомно-молекулярное учение обеспечило предметную связь химии с физикой. Эта связь приобретала различные конкретные формы в зависимости от объекта исследования (атом, ион, молекула) и новых экспериментальных методов\*.

Первый Международный конгресс в Карлсруэ едва ли не единственный пример в истории химии, когда глубокие теоретические расхождения обсуждались собранием наиболее авторитетных ученых многих стран и были устранены путем голосования. Конгресс в Карлсруэ, проведенный в атмосфере откровенной и плодотворной дискуссии по важнейшим теоретическим вопросам химии того времени, буквально «оздоровил» обстановку, в которой велись научные исследования и преподавание химии. Многие ученые – участники конгресса – отметили те положительные сдвиги, которые произошли в осознании основных фундаментальных положений химии после его окончания. В частности, Д. И. Менделеев позднее неоднократно отмечал огромное конструктивное значение конгресса в деле поступательного развития химии и в особенности генезиса и становления Периодического закона.

## 8.14. Краткие биографические данные ученых

**РИХТЕР (Richter) Иеремия Вениамин** (1762–1807), немецкий химик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1800). По профессии инженер-строитель; семь лет прослужил в корпусе военных инженеров. С 1785 г. изучал математику и философию в Кенигсбергском университете, где слушал лекции Иммануила Канта, от которого воспринял многие философские и естественнонаучные идеи. Еще до поступления в университет Рихтер интересовался химией и физикой; химию он изучал по «Химическому словарю» Макера. С 1794 г. работал пробирщиком в Бреслау, затем – при управлении Берлинского горного округа. С 1798 г. – химик фарфоровой мануфактуры в Берлине. В 1792–1794 гг. он опубликовал работу «Начала стехиометрии, или способ измерения химических элементов». В этой работе И. В. Рихтер показал, что при образовании соединений элементы вступают во взаимодействие в строго определенных соотношениях, впоследствии названных эквивалентами. Открыл закон эквивалентов, ввел термин «стехиометрия».

\* См.: Становление химии как науки. – С. 319.

**ПРУСТ (Proust) Жозеф Луи** (1754–1826), французский химик. Ученик Г. Ф. Руэля. Заведовал аптекой Сальпетриер в Париже. С 1791 по 1808 г. был профессором химии в Мадриде. В 1816 г. избран действительным членом Парижской академии наук. Установил закон постоянства состава химических соединений, утвердив его в споре с К. Л. Бертолле (1800–1808).

**ДАЛЬТОН (Dalton) Джон** (1766–1844), английский химик и физик, создатель химического атомизма. Образование получил самостоятельно. С 1793 г. преподавал физику и математику в Новом колледже (г. Манчестер). В 1803–1804 гг. установил закон кратных отношений, ввел фундаментальное понятие «относительный атомный вес», первым определил атомные веса (массы) ряда элементов. Открыл газовые законы, названные его именем. Предложил систему знаков для обозначения химических элементов и их соединений. Первым (1794) описал дефект зрения, которым страдал сам, позже названный дальтонизмом. Всемирную известность получил его труд «Новая система химической философии» (1808–1827). Член многих академий наук и научных обществ.

**БЕРЦЕЛИУС (Berzelius) Йенс Якоб** (1779–1848), шведский химик и минералог, иностранный почетный член Петербургской АН (1820). Окончил Упсальский университет. В 1802–1832 гг. работал в Медико-хирургическом институте в Стокгольме. Научные исследования охватывают все главные проблемы общей химии первой половины XIX в. Создал таблицы относительных атомных масс элементов (1818 и 1826). Ввел современную систему обозначения химических элементов и формул соединений. Открыл химические элементы: церий (1803), селен (1817), торий (1828). Впервые получил в свободном состоянии кремний, титан, тантал и цирконий. Создал электрохимическую теорию химического сродства (1812–1819), на ее основе построил классификацию элементов, соединений и минералов. Определил атомные массы 45 элементов (1807–1818), ввел современные химические знаки элементов (1814). Предложил термин «катализ».

**ДЭВИ (Дейви) (Davy) Гемфри (Хамфри)** (1778–1829), английский химик и физик, один из основателей электрохимии, иностранный почетный член Петербургской АН (1826). Получил электролизом водород и кислород (из воды), K, Na, Ca, Sr, Ba, Mg и Li. Описал электрическую дугу. Предложил водородную теорию кислот. Открыл обезболивающее действие гемииоксида азота. Изобрел безопасную рудничную лампу.

**УОЛЛАСТОН Уильям Гайд** (1766–1828), английский химик, физик, врач. Определил состав кислых и средних карбонатов. Наиболее известны его работы по экспериментальному изучению эквивалентов. Является первооткрывателем родия (1803) и палладия (1805), впервые получил в чистом виде платину (1803). Достаточно подробно изучил их химические свойства. Независимо от И. Риттера открыл ультрафиолетовое излучение, сконструировал рефрактометр (1802) и гониометр (1809).

**ГЕЙ-ЛЮССАК (Gay-Lussac) Жозеф Луи** (1778–1850), французский химик и физик, иностранный почетный член Петербургской АН (1829). Открыл газовые законы, названные его именем. Открыл бор (1808, совместно с Л. Тенаром). Получил безводную синильную кислоту (1811) и исследовал ее количественный состав (1815), открыл дициан (1815). Построил первые диаграммы растворимости (1819). Усовершенствовал методы элементного и объемного волюмометрического химического анализа, технологию производства серной кислоты (башня Гей-Люссака). Совместно с М. Шеврелем получил патент на изготовление стеариновых свечей (1825).

**АВОГАДРО (Avogadro)** Амедео (1776–1856), итальянский физик и химик, член Туринской АН (1819). Получил юридическое образование в Туринском университете (1792). В 1800 г. начал самостоятельно изучать физику и математику. С 1806 г. работал демонстратором в колледже при Туринской академии. С 1809 г. профессор в колледже Верчелли, в 1820–1822 гг. и 1834–1850 гг. заведовал кафедрой математической физики в Туринском университете. Основные работы посвящены молекулярной физике. В 1811 г. выдвинул молекулярную гипотезу строения вещества, установил один из газовых законов, названный его именем. Согласно этому закону в одинаковых объемах газов при одинаковых значениях температуры и давления содержится одинаковое количество молекул. Исходя из этого, разработал метод определения молекулярного и атомного весов. Именем Авогадро названа универсальная постоянная – число молекул в одном моле идеального газа (число Авогадро). Установил количественный атомный состав молекул некоторых веществ, для которых он ранее был определен неправильно (вода, водород, кислород, азот, оксиды азота, хлора и др.). Первым обратил внимание на аналогию в свойствах азота, фосфора, мышьяка и сурьмы. Эти химические элементы впоследствии составили главную подгруппу пятой группы периодической системы. В 20–40-х гг. XIX в. занимался электрохимией, изучал тепловое расширение тел, теплоемкости. Автор четырехтомного труда «Физика весовых тел, или трактат об общей конституции тел» (1837–1841), который стал первым руководством по молекулярной физике.

**АМПЕР (Ampere)** Андре Мари (1775–1836), французский физик, математик, химик, член Парижской АН (1814), иностранный член Петербургской АН (1830), один из основоположников электродинамики. Получил домашнее образование. Основные труды в области электродинамики. Автор первой теории магнетизма. Предложил правило для определения направления действия магнитного поля на магнитную стрелку (правило Ампера). Провел ряд экспериментов по исследованию взаимодействия между электрическим током и магнитом, для которых сконструировал большое количество приборов. Обнаружил действие магнитного поля Земли на движущиеся проводники с током. Открыл механическое взаимодействие токов и установил закон этого взаимодействия (закон Ампера) (1820). Сводил все магнитные взаимодействия к взаимодействию скрытых в телах круговых молекулярных электрических токов, эквивалентных плоским магнитам (теорема Ампера). Последовательно проводил чисто токовую природу магнетизма. Открыл магнитный эффект катушки с током (соленоида) (1822). Высказал идею об эквивалентности соленоида с током и постоянного магнита. Предложил помещать металлический сердечник из мягкого железа для усиления магнитного поля. Высказал идею использования электромагнитных явлений для передачи информации (1820). Изобрел коммутатор, электромагнитный телеграф (1829). Сформулировал понятие «кинематика». Проводил также исследования по философии и ботанике.

**Эйльхард МИТЧЕРЛИХ (Мичерлих) (Mitscherlich)** (1794–1863), немецкий ученый, химик. Иностраннй член-корреспондент Петербургской АН (1829). Открыл явления изоморфизма (1819) и диморфизма (1821).

Его племянник **Эйльхард Альфред МИТЧЕРЛИХ** (1874–1956), немецкий ученый, агрохимик и физиолог растений. Труды по почвоведению, физиологии и повышению урожайности растений и др.

**ДЮЛОНГ (Dulong)** Пьер Луи (1785–1838), французский физик и химик. Первым получил хлористый азот (1811) и фосфорноватистую кислоту (1816). Совместно с А. Пти установил закон теплоемкости (закон Дюлонга и Пти), изобрел катетометр (1816).

**ПТИ (Petit) Алекси Терез** (1791–1820), французский физик. Совместно с П. Л. Дюлонгом установил закон теплоемкости Дюлонга–Пти (1819), изобрел катетометр.

**ГИЛЬБЕРТ (Гилберт) (Gilbert) Уильям** (1544–1603), английский физик и врач. В труде «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле» (1600) впервые последовательно рассмотрел магнитные и многие электрические явления.

**ДЮФЕ (Dufay, Du Fay) Шарль Франсуа** (1698–1739), французский физик. Открыл существование двух родов электричества и установил, что одноименно заряженные тела отталкиваются, а разноименно – притягиваются (1733–1734).

**ГАЛЬВАНИ (Galvani) Луиджи** (1737–1798). Итальянский анатом и физиолог, один из основателей учения об электричестве, основоположник экспериментальной электрофизиологии. Первым исследовал электрические явления при мышечном сокращении («животное электричество»). Обнаружил возникновение разности потенциалов при контакте металла с электролитом.

**ВОЛЬТА (Volta) Алессандро** (1745–1827), итальянский физик и физиолог, один из основоположников учения об электричестве. Создал первый химический источник тока (вольтов столб, 1800). Открыл контактную разность потенциалов. Его важнейшим вкладом в науку явилось изобретение принципиально нового источника постоянного тока, сыгравшее определяющую роль в дальнейших исследованиях электрических и магнитных явлений. В честь него названа единица разности потенциалов электрического поля – вольт.

**ФРАНКЛИН (Franklin) Бенджамин (Вениамин)** (1706–1790), американский просветитель, государственный деятель, ученый, один из авторов Декларации независимости США (1776) и Конституции США (1787). Родился в семье ремесленника. Работал в типографии. Основал в Филадельфии первую в североамериканских колониях публичную библиотеку (1731), Пенсильванский университет (1740), Американское философское общество (1743). Призывал к отмене рабства. По философским воззрениям деист. Сформулировал за полвека до А. Смита трудовую теорию стоимости. Как естествоиспытатель известен главным образом трудами по электричеству, разработал его унитарную теорию. Один из пионеров исследований атмосферного электричества. Предложил молниеотвод. Иностранный почетный член Петербургской АН (1789).

**ФАРАДЕЙ (Faraday) Майкл** (1791–1867), английский физик, основоположник учения об электромагнитном поле, иностранный почетный член Петербургской АН (1830). Обнаружил химическое действие электрического тока, взаимосвязь между электричеством и магнетизмом, магнетизмом и светом. Открыл (1831) электромагнитную индукцию – явление, которое легло в основу электротехники. Установил законы электролиза (1833–1834), названные его именем, открыл пара- и диамагнетизм, вращение плоскости поляризации света в магнитном поле (эффект Фарадея). Доказал тождественность различных видов электричества. Ввел понятия электрического и магнитного поля, высказал идею существования электромагнитных волн.

**ПРАУТ (Prout) Уильям** (1785–1850), английский химик и биохимик. Окончил Эдинбургский университет, где получил медицинское образование. Автор первой научной гипотезы, допускавшей сложное строение атомов, названной его именем. По мнению Праута, атомные массы всех элементов, выраженные целыми числами, кратны атомной массе водорода. Автор ряда исследований в области органической химии.

**СТАС (Stas) Жан Серве** (1813–1891), бельгийский химик. Окончил Лувенский университет. С 1837 г. работал в Париже под руководством Ж. Б. Дюма. В 1840–1865 гг. профессор Военной школы в Брюсселе. Труды по определению атомных масс

химических элементов. В 1860 г. предложил за атомную единицу массы принимать  $1/16$  часть массы атома кислорода. Определенные Стасом значения атомных масс до конца XIX в. считались наиболее точными.

**ГМЕЛИН Леопольд** (1788–1853), немецкий химик. Автор «Руководства по теоретической химии» (Т. 1–2, 1817–1819), которое ныне широко известно как «Справочник по неорганической химии» Гмелина (8-е изд., начатое в 1924 г., продолжается).

**РИЧАРДС Теодор Уильям** (1868–1928), американский химик. Окончил Гарвардский университет. С 1889 г. до конца жизни работал в Гарвардском университете. Разработал специальную методику и оригинальную аппаратуру для определения атомных масс. С большой точностью определил относительную атомную массу 25 элементов (1888–1923). Сконструировал (совместно с Л. Гендерсоном и Г. Форбесом) адиабатический калориметр. Определил многие термохимические константы. Нобелевская премия (1914).

**КАНИЦЦАРО (Cannizzaro) Станислао** (1826–1910), итальянский химик, один из основателей атомно-молекулярной теории, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1889). Получил образование в университетах Палермо и Пизы. Профессор химии университетов Генуи (1856–1861), Палермо (1861–1871) и Рима (1871–1910). Основные экспериментальные работы в области органической химии. Однако главное значение работ Канниццаро – принятие фундаментальных химических понятий, означавшее реформу атомно-молекулярного учения. Разграничил понятия «атом», «эквивалент» и «молекула» (1858). Установил и обосновал правильные атомные массы многих элементов, в частности металлов. Свою атомно-молекулярную теорию представил на Первом Международном конгрессе химиков (Карлсруэ, 1860).

## ГЛАВА 9

# ЗАРОЖДЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

*... В настоящее время лишь атомность составляет определенное и неизменное свойство элементов и может служить основанием общей теории и, в самом деле, основываясь на ней, возможно, кажется идти довольно далеко в наших научных соображениях.*

*Александр Михайлович Бутлеров*

### 9.1. Истоки органической химии

Возникновение органической химии как одной из основных химических наук со своими специфическими объектами и методами исследования относится к первой четверти XIX в. Несомненно, человеку и ранее были хорошо известны многие органические вещества, применявшиеся в повседневной жизни и в промышленном производстве.

Как только человек научился добывать и поддерживать огонь, ему пришлось разделять все вещества на горючие и негорючие. В те времена в зависимости от географического положения различным народам мира топливом служили либо дерево, либо жир или масло. Таким образом складывались устойчивые представления о том, что горючие материалы обязательно имеют растительное или животное происхождение. С другой стороны, вода, песок, различные горные породы и большинство веществ минерального происхождения не поддерживали горения. У естествоиспытателей существовала убежденность, что между способностью к горению и принадлежностью к живому или неживому миру прослеживается определенная связь. При этом наблюдались некоторые исключения: каменный уголь и сера, будучи продуктами неживой природы, входили в группу горючих веществ.

С глубокой древности человека интересовало не только свойство горючести веществ растительного или животного происхождения. С незапамятных времен жрецы, врачеватели и ремесленники Древнего мира использовали органические вещества при изготовлении благовоний, косметических и лекарственных препаратов, а также в качестве ядов, красителей и консервантов. С помощью перегонки и экстракции были выделены различные органические соединения – спирты, эфиры, карбоновые кислоты и многие другие. К середине XIV в. перегонка стала основным алхимическим методом получения всевозможных «эссенций», а позднее перешла в практику ятрохимиков и фармацевтов-гербалистов.

В 70-е гг. XVII в. Парижская Академия наук пыталась осуществить грандиозный по тем временам научный проект, направленный на определение «истинных начал» сложных тел растительного происхождения, а также взаимосвязи между

свойствами вещества и его компонентным составом. При этом в качестве основного аналитического метода выбрали сухую перегонку растительного сырья\*.

Согласно распространенному на рубеже XVII–XVIII вв. мнению, при сухой перегонке органических тел можно выделить следующие продукты: *воду, летучую кислую жидкость* (spiritus), *горючее масло* и негорючий остаток, состоящий из двух частей – растворимой в воде *соли* и нерастворимой *земли*.

На протяжении четверти века французские химики кропотливо систематизировали экспериментальные данные по изучению состава растений. Объем полученной информации стремительно увеличивался. Одновременно укреплялось понимание того, что грандиозный замысел, призванный упорядочить разрозненные сведения о составе органических тел, в действительности обернулся хаосом частных констатаций\*\*.

Современные историки науки в целом склонны весьма скептически оценивать результаты грандиозных исследований Парижской Академии. Тем не менее они вынуждены признать и положительные стороны этого проекта. В частности, французские химики XVIII в. стали достаточно активно использовать известные еще с древности экстракционные методы анализа органических веществ.

Еще одним позитивным результатом этого научного проекта можно считать изменения в мировоззрении ученых. К началу XVIII в. химики стали задумываться еще и о том, что подавляющее большинство веществ неживой природы может выдерживать воздействие высоких температур, не утрачивая при этом своих свойств. (Вещества живой или некогда живой материи подобной термообработки *не выдерживали*.) Вода кипела и снова конденсировалась в воду; железо и поваренная соль плавилась, но после охлаждения возвращались в исходное состояние. В то же время вещества растительного или животного происхождения (даже в условиях, исключающих возможность горения) при сильном нагревании претерпевали такие серьезные изменения, что превратить эти продукты в исходные вещества уже не представлялось возможным.

Анализ уровня развития науки в XVIII в. позволяет отметить, что органическая химия находилась тогда еще в зачаточном состоянии, хотя еще в XVII в. Н. Лемери в «Курсе химии» разделил вещества по происхождению на «три царства» – минеральные, растительные и животные. Название «органические вещества» встречается и у М. В. Ломоносова в его книге «Введение в истинную физическую химию».

Прямой путь к анализу элементного состава\*\*\* органических соединений проложил А. Л. Лавуазье, определив сначала количественный состав «летучей меловой кислоты» (углекислого газа), а затем и воды (см. гл. 6, п. 6.7). С 1784 г. в этих целях французский химик применял следующую методику: навеску органического вещества сжигали в маленькой лампе, плавающей на поверхности ртути под коло-

\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии / Под ред. Н. К. Кочеткова и Ю. И. Соловьева. – М.: Наука, 1992. – С. 14.

\*\* Там же. – С. 17.

\*\*\* Преобладание элементаристской концепции было характерным для химических исследований в XVIII в. (см. гл. 6, п. 6.1).

колом, внутри которого находился кислород или воздух. В анализируемом объекте Лавуазье оценивал содержание углерода и водорода по массам образовавшихся  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  соответственно.

Несмотря на несовершенство экспериментальной методики, а иногда и определенную логическую непоследовательность, А. Л. Лавуазье сделал громадный шаг вперед. Количественный элементный анализ выявлял и фиксировал «предельные» ингредиенты химического соединения, истинные инварианты его состава\*. К концу XVIII в. А. Лавуазье признал, что в состав веществ органического происхождения входят углерод, водород, кислород, азот, сера и, значительно реже, фосфор. Несомненно, метод Лавуазье позволил добиться столь желанной определенности результатов химического анализа органических соединений. Однако в действительности, полученные экспериментальные данные подняли новую проблему – проблему *конституции* органических веществ. А. Л. Лавуазье писал, что пока еще трудно понять, каким образом «природа достигает со столь малым числом элементов, или простых тел, столь большого разнообразия результатов»\*\*.

В 1807 г. Й. Я. Берцелиус предложил вещества растительного или животного происхождения называть *органическими*. Вещества, характерные для неживой природы, стали именовать *неорганическими*. Говоря об условиях возникновения органической химии, необходимо назвать два основных стимула, которые оказали непосредственное влияние на направление исследований в этой новой области химической науки.

Во-первых, решающее влияние на развитие органической химии оказали *практические потребности человека*. В начале XIX в. стало очевидно, что эта область науки может поставлять множество ценных продуктов для удовлетворения нужд производства и бытовых потребностей человека: текстильная промышленность (получение природных и искусственных красителей), фармакология и медицина (исследование лечебных свойств природных веществ и потребность в новых лекарственных препаратах) стимулировали расширение и углубление научных изысканий в органической химии.

Во-вторых, при изучении состава и свойств органических соединений был накоплен огромный объем экспериментальных данных, который требовал осмысления, обобщения и систематизации. Особенности элементного состава и свойств органических соединений вызвали необходимость их сопоставления с более изученными минеральными веществами с целью выявления различий и сходства между этими двумя группами соединений. Таким образом, в качестве второго важнейшего фактора расширения и углубления теоретических и экспериментальных исследований органических соединений выступили фундаментальные задачи самой химической науки. Логический путь последующего развития органической химии был обусловлен одновременным влиянием двух этих факторов – практического и фундаментального, взаимодействие которых прослеживалось в работах большинства выдающихся химиков-органиков XIX в.

\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 32.

\*\* Там же. – С. 14.



## 9.2. Крушение теории витализма



Wöhler  
Mit Genehmigung von Berlin & Berlin-Wien  
1796  
Philosophische Hochschule in Berlin  
Wöhler

Фридрих Велер (1800–1882)



Адольф Вильгельм Герман Кольбе  
(1818–1884)

В начале XIX в. в органической химии развернулась ожесточенная теоретическая борьба, которая к середине столетия достигла своего апогея. Все предшествующие годы были эпохой безусловного господства единого взгляда на происхождение органических веществ – теории *витализма*\*. Многие известные ученые того времени (в том числе и сам Й. Я. Берцелиус) были приверженцами этого учения. Первые сомнения в абсолютной правоте сторонников витализма возникли в 1828 г. после опубликования результатов работ немецкого химика *Фридриха Велера*. Из цианата аммония  $\text{NH}_4\text{NCO}$ , который безоговорочно причисляли к неорганическим веществам, немецкому ученому удалось синтезировать кристаллы мочевины  $\text{NH}_2\text{—CO—NH}_2$  – продукта жизнедеятельности человека и животных. Будучи учеником Й. Я. Берцелиуса, Ф. Велер сообщил об этом открытии своему учителю. В результате научной дискуссии Берцелиусу пришлось согласиться, что разделение на органические и неорганические вещества оказалось не таким четким, как ему ранее казалось.

Следует сказать несколько слов о самом открытии Ф. Велера. С одной стороны, превращение цианата аммония  $\text{NH}_4\text{NCO}$  в мочевину является перегруппировкой атомов, поскольку качественный и количественный состав этих веществ совпадает. Однако с другой стороны, это ни в коей мере не должно умалять значения открытия Ф. Велера. Оно имеет прежде всего *мировоззренческое, философское и концептуальное* значение. Кто знает, как долго продолжала бы господствовать теория витализма, если бы Ф. Велер не совершил своего открытия. Результаты, полученные немецким химиком в известной

\* *Витализм* – учение, уходящее своими историческими корнями во времена античности. Идеи витализма прослеживаются в некоторых произведениях Аристотеля. Теория витализма провозглашала, что для превращения неорганических веществ в органические соединения требуется особое воздействие «жизненных сил» (*vis vitalis*), которое может проявиться только внутри живых тканей растений, животных или человека.

мере ослабили позиции сторонников витализма и вдохновили химиков на новые попытки синтеза органических веществ из неорганических.

В 1845 г. ученик Ф. Велера *Адольф Вильгельм Герман Кольбе* успешно осуществил синтез уксусной кислоты, которую, несомненно, считали органическим веществом. Более того, Г. Кольбе получил ее методом *полного синтеза*, который позволял проследить всю цепочку химических превращений – от исходных элементов (углерода, водорода и кислорода) до конечного продукта – уксусной кислоты.

Начиная с 50-х гг. XIX в., французский химик *Пьер Эжен Марселен Бертло* систематически разрабатывал различные методики синтеза многих органических соединений и добился в этом направлении больших успехов. В частности, ему удалось получить метиловый и этиловый спирты, метан, бензол и ацетилен. Таким образом Бертло нанес существенный удар по теории витализма и «нарушил границу» между органической и неорганической химией.

Ф. Велер, Г. Кольбе и М. Бертло синтезировали относительно простые по своему составу органические соединения, тогда как для живой природы характерны значительно более сложные соединения типа крахмала, жиров или белков. Но экспериментально изучать такие вещества в XIX в. было совсем не просто. Зачастую весьма серьезную проблему представляло собой даже определение элементного состава этих веществ.

Вначале об этих сложных соединениях было известно лишь то, что их можно разделить на сравнительно более простые органические вещества. Много усилий решению этой проблемы посвятил русский химик *Константин Сигизмундович Кирхгоф*. Нагревая крахмал с кислотой, он превратил этот углевод в более простое вещество – глюкозу. В 1820 г. по сходной методике французский химик *Анри Браконно* смог выделить *глицин* – азотсодержащую органическую кислоту, относящуюся к группе соединений, которые впоследствии Берцелиусом были названы *аминокислотами*. Глицин был первой (и простейшей по составу) из двадцати аминокислот, выделенных уже в следующем столетии из природных белков.

Как известно, крахмал и белки являются высокомолекулярными органическими соединениями с очень большой молекулярной массой. Можно сказать, что они представляют собой природные полимеры и сополимеры, состоящие из остатков глюкозы и аминокислот соответственно. В XIX в. ученые практически не имели возможности распознать их строение, а следовательно, синтезировать эти вещества в лабораторных условиях. А вот с другими природными соединениями – жирами – дело обстояло несколько иначе. Уже в первой трети XIX в. было известно, что при кислотном гидролизе жиров можно выделить *жирные кислоты* и предельный трехатомный спирт *глицерин*.



*Пьер Эжен Марселен Бертло*  
(1827–1907)

В 1854 г. М. Бертло, нагревая глицерин со стеариновой кислотой (одной из наиболее распространенных жирных кислот), осуществил синтез *тристеарина*. Это соединение оказалось идентичным тристеарину, выделенному из природных жиров. К тому времени тристеарин являлся самым сложным из синтезированных аналогов природных продуктов. Добившись успеха в получении жиров, М. Бертло продолжил свои исследования. Следующим шагом в его экспериментах был синтез соединения глицерина с кислотами, аналогичными жирным кислотам, но выделенными из продуктов неживой природы. В результате этих исследований были получены соединения, с одной стороны, по свойствам похожие на природные жиры, а с другой – отличающиеся от них по своему составу.

Эксперименты М. Бертло показали, что химик может не только синтезировать в лаборатории *аналоги природных продуктов*, но и из веществ неживой природы способен получить соединения, по всем своим свойствам являющееся органическими. Именно это направление научных исследований определило самые крупные грядущие достижения органической химии конца XIX – начала XX вв.

В результате проводимых исследований все более очевидным становился тот факт, что различие между органическими и неорганическими веществами обусловлены прежде всего особенностями химического строения этих соединений. В 1861 г. немецкий химик *Фридрих Август Кекуле фон Страдонитц* пришел к правильному выводу: он определил органическую химию как *химию соединений углерода*. Это определение получило всеобщую поддержку. Правда, самые простые из соединений углерода, такие как CO, CO<sub>2</sub> и соли угольной кислоты (карбонаты), скорее следует считать типичными неорганическими соединениями.



Фридрих Август Кекуле  
фон Страдонитц (1829–1896)

### 9.3. Открытие изомеров и радикалов

Как было показано ранее, состав неорганических соединений можно однозначно описать с позиций атомно-молекулярного учения при помощи *эмпирических* (экспериментально установленных) формул. В начале XIX в. ученые считали, что для каждого соединения характерна своя *собственная эмпирическая формула* и что для двух различных соединений она не может быть одинаковой.

На первых стадиях зарождения и развития органической химии весьма актуальной задачей явилось установление эмпирических формул соединений. Еще в 80-х гг. XVIII в. А. Лавуазье пытался определить относительное содержание углерода и водорода в органических соединениях, сжигая изучаемое вещество и взвешивая

образующиеся продукты реакции:  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , однако результаты такого определения не всегда были достаточно точными. В начале XIX в. Жозеф Луи Гей-Люссак и его коллега Луи Жак Тенар усовершенствовали этот метод путем предварительного смешивания анализируемого вещества с окислителем, например,  $\text{KClO}_3$ . В этом случае горение изучаемого соединения происходило быстрее и полнее. Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 9.1, полученные Гей-Люссаком и Тенаром результаты отличались достаточно высокой точностью. К 1811 г. Ж. Л. Гей-Люссак и Л. Ж. Тенар представили эмпирические формулы около двадцати органических соединений, в том числе и некоторых простых сахаров (см. табл. 9.1).

Таблица 9.1

*Результаты наиболее точного определения  
количественного элементного состава (в процентах по массе)  
некоторых органических соединений, полученные в первой четверти XIX в. \**

Со- еди- не- ние	Гей-Люссак и Тенар (1811)			Берцелиус (1814)			Де Соссюр (1814)			Современные данные		
	С	Н	О	С	Н	О	С	Н	О	С	Н	О
Щавелевая кислота	26,57	2,74	70,69	32,16	0,23	67,61				26,67	2,22	71,11
Лимонная кислота	33,81	6,33	59,86	41,69	3,84	54,47				37,50	4,17	58,33
Уксусная кислота	50,22	5,63	44,15	47,15	6,35	46,50				40,00	6,67	53,33
Этиловый спирт							51,98	13,70	34,32	52,17	13,04	34,78
Тростниковый сахар	42,47	6,90	50,63	42,98	6,89	50,13				42,13	6,43	51,44

\* История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 41.



Юстус Либих (1803–1873)

Жан Батист Андре Дюма  
(1800–1884)

Немецкий химик *Юстус Либих* произвел дальнейшее усовершенствование методики анализа и смог получить весьма достоверные эмпирические формулы. Два года спустя французский химик *Жан Батист Андре Дюма* модифицировал метод Ю. Либиха таким образом, что в дополнение к углероду, водороду и кислороду стало возможным определять содержание азота в органических веществах. Однако в процессе своих исследований эти основоположники *органического анализа* получили такие неожиданные результаты, которые пошатнули веру в незыблемость эмпирической формулы.

В начале двадцатых годов XIX в. Ю. Либих обучался и стажировался в Париже, где был принят в лабораторию Гей-Люссака. Анализируя результаты изучения Ю. Либихом фульминатов серебра (солей гремучей кислоты), а Ф. Велером – цианатов серебра (солей циановой кислоты), Гей-Люссак обнаружил, что эмпирические формулы соединений идентичны, а химические свойства их существенно различаются. В 1830 г. Берцелиус установил, что две органические кислоты – виноградная и винная – хотя и обладают различными свойствами, описываются одной и той же эмпирической формулой  $C_4H_6O_6$ . Поскольку соотношение элементов в этих различных соединениях было одинаковым, Берцелиус предложил называть такие соединения *изомерами* (от греческих слов  $\text{ισος}$  – равный, одина-

ковый и  $\mu\epsilon\rho\omicron\varsigma$  – часть, доля.) В последующие годы число вновь открытых изомеров среди органических веществ стремительно увеличивалось.

Еще в начале XIX в. среди достаточно большой группы ученых (к ней принадлежали Ж. Л. Гей-Люссак и Й. Я. Берцелиус) получила распространение точка зрения, согласно которой свойства органических веществ обусловлены не только качественным и количественным элементным составом, но и *конституцией* соединения. Этот термин обозначал некую *внутримолекулярную упорядоченность* атомов или их группировок. Понятие «конституция» послужило прообразом более поздних представлений о *структуре* веществ, однако, в отличие от последних, не учитывало особенностей распределения сил сродства между атомами\*.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 61.

Среди ученых росла уверенность в том, что, если две молекулы построены из одинакового числа одних и тех же атомов и при этом обладают различными свойствами, значит, причина этого коренится в конституции этих веществ. Другими словами, эти вещества различались способом расположения атомов в самих молекулах. В сложных органических молекулах при большом числе атомов количество возможных вариантов их взаимного расположения возрастает настолько, что химикам первой половины XIX в. задача приведения в соответствие строения соединения и его свойств казалась едва ли разрешимой. Даже вопрос о строении виноградной и винной кислот, молекулы которых содержат всего шестнадцать атомов, для ученых того времени был чрезвычайно сложен.

Среди химиков-органиков первой половины XIX в. стали распространяться настроения отказаться от попыток расшифровать строение сложных органических молекул. Однако результаты исследований Ж. Л. Гей-Люссака и Л. Ж. Тенара вселили надежду на возможность победы в этой сложнейшей научной головоломке.

Изучая циановодород HCN, французские ученые сумели доказать: несмотря на то что в его состав не входит кислород, его водный раствор обладает свойствами кислоты. Они также установили, что цианидная группа  $-\text{CN}$  может переходить от соединения к соединению, не разлагаясь на отдельные атомы углерода и азота. Группа из двух и более атомов, обладающая определенными свойствами, способная без изменения переходить из одной молекулы в другую, а в стехиометрическом плане соответствующая реальному атому была названа *радикалом* (от лат. radical – корень). Безусловно, группа  $-\text{CN}$  относится к числу простейших радикалов. Однако вскоре после этого были обнаружены и другие радикалы, состав которых был намного сложнее. В совместной работе Ф. Велер и Ю. Либих сумели доказать, что к числу радикалов можно отнести бензоильную группу  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-$ . У ученых появилась надежда, что тайну строения больших органических молекул можно раскрыть. Для этого нужно лишь установить строение определенного числа различных радикалов. Таким образом, появление представлений о *радикальном составе* в дополнение к *элементному составу* служило своеобразным искусственным увеличением количества элементов, что позволяло объяснить многообразие органических веществ.

Первая половина XIX в. характеризуется появлением многочисленных теорий строения органических соединений. Частая смена одних теорий другими, столкновения мнений ведущих ученых были обусловлены разными причинами. Во-первых, химики еще не располагали достаточно надежными данными ни о составе, ни, тем более, о строении органических веществ. Во-вторых, для объяснения полученных результатов они прибегали к положениям явно устаревшей кислородной теории А. Лавуазье или электрохимической теории Г. Дэви и Й. Я. Берцелиуса (см. гл. 8, п. 8.8). В-третьих, немалую роль в борьбе теоретических концепций этого периода играл авторитаризм ведущих ученых, подавлявших, нередко в угоду собственным воззрениям, более прогрессивные идеи менее именитых химиков\*.

\* См.: Азимов А. Указ. соч. – С. 68.

## 9.4. Теория радикалов

В 1828 г. Ж. Б. Дюма (см. гл. 9, п. 9.3) на основании тщательного изучения состава спирта, эфира и хлористого этила высказал теорию, согласно которой *маслородный газ* (этилен  $C_2H_4$ ) представляет собой основание, способное образовывать различные солеобразные соединения, подобно аммиаку. После некоторых колебаний Берцелиус принял эту идею, назвав  $C_2H_4$  *этерин*ом. Он считал его *радикалом* и выразил с помощью *этерина* формулы некоторых известных в то время органических соединений. Берцелиус утверждал, что силы, удерживающие атомы в неорганических соединениях или в органических радикалах, имеют электрическую природу (что, в конечном счете, совершенно справедливо). Чтобы такие силы возникали, каждая молекула должна иметь разноименно заряженные составные части.

Принятие идей о «радикальной» конституции органических веществ, в свою очередь, потребовало уточнения тех принципов, на основании которых следовало выделять в них радикалы. Различие в выборе этих принципов привело к существованию нескольких радикальных моделей, распространенных в первой трети XIX в. В 1811 г. Й. Я. Берцелиус сформулировал свое видение главной проблемы органической химии. Он стремился выявить закономерности в экспериментальных данных по составу органических соединений и рассмотреть вопрос о применимости для них стехиометрических законов, открытых при изучении неорганических веществ\*. Модель, которой придерживался Берцелиус, позволяла интерпретировать состав известных тогда полярных органических соединений в рамках его электрохимической (дуалистической) теории родства. Шведский ученый вычленил в составе кислородосодержащей органической молекулы электроотрицательный кислород и электроположительный сложный углеродный радикал. Поэтому иногда модель строения органических веществ по Берцелиусу называют *оксидно-радикальной*. В табл. 9.2 в качестве примера представлены различные варианты формул этилового спирта.

Выделяя кислород в «формуле» органического соединения, Берцелиус не придавал ему какой-либо особой функциональной роли\*\*, а различие в свойствах веществ объяснял различием в пространственном расположении атомов в радикале. Следовательно, у Берцелиуса «формула» органического соединения, по сути, никоим образом не характеризовала его свойства. Шведский ученый придерживался своей модели лишь как соответствующей его общей дуалистической концепции, а также некоторым стехиометрическим закономерностям.

\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 46.

\*\* Надо отметить, что шведский ученый предполагал взаимодействие кислорода со всеми атомами, входящими в состав радикала, благодаря действующей сложным образом силе родства, что противоречило его дуалистической теории.

Таблица 9.2

*Некоторые варианты формулы этилового спирта  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , представленные различными учеными в первой половине XIX в. \**

Автор формулы	Формула
Й. Я. Берцелиус	$(\text{C}^2\text{H}^6) \cdot \text{O}$
Ж. Б. Дюма	$(\text{C}^8\text{H}^8) \cdot 2\text{H}^2\text{O}$
Ю. Либих	$(\text{C}^4\text{H}^{10}\text{O}) \cdot \text{H}^2\text{O}$
Э. Митчерлих	$(\text{C}^4\text{H}^{10}\text{O}^2) \cdot \text{H}^2$

*Примечание.* Различия в формулах обусловлены не только способами выделения радикалов, но и разночтениями в использовании относительных весов углерода и кислорода. Поэтому состав некоторых веществ кратен целому числу их современных формул. Например, для этанола эти формулы имели вид  $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ .

Исследования Ф. Велера и Ю. Либиха о свойствах радикала бензойной кислоты (бензоиле) (см. гл. 9, п. 9.3) привлекали к себе внимание химиков еще и потому, что наглядно подтверждали высказанную ранее идею: радикалы представляют собой реальные составные части органических соединений, подобно атомам в неорганических веществах. В работах Ж. Л. Гей-Люссака, Ж. Б. Дюма, Ю. Либиха и других ученых были предложены иные, чем у Берцелиуса, радикальные модели конституции органических соединений. В этих моделях сложная органическая молекула мысленно расчленялась на несколько изначально «предсуществующих» в ней радикалов, внутри которых атомы связаны более прочно, чем с атомами других фрагментов. Некоторые ученые высказывали предположения, что радикалы как устойчивые группировки атомов способны к самостоятельному существованию.

Важной чертой радикала в рамках подобных представлений была его способность переходить из одного органического соединения в другое без изменений, подобно атомам в реакциях с участием неорганических веществ. Радикалы в органическом соединении «вычленяли» на основании характерных для него реакций, преимущественно реакций соединения или разложения. Например, анализируя процесс образования этилового спирта при гидратации этилена, Ж. Б. Дюма пришел к выводу, что этанол состоит из двух радикалов – этилена и воды (см. табл. 9.2).

В различных вариантах теории радикалов попытка соотнести «вычленяемый» радикал с характерными реакциями данного соединения казалась вполне рациональной. Тем не менее, в зависимости от выбора той или иной химической реакции, свойственной изучаемому веществу, его формулу можно было представить неоднозначно, выделяя в нем разные по составу радикалы. Подобная зависимость конституции органического вещества от выбора используемых для ее определения химических реакций подчеркивала неопределенность самой структуры.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 63.



К середине 30-х гг. XIX в. многие химики ощущали недостатки теории радикалов, в частности невозможность получить в свободном состоянии подавляющее большинство известных в то время радикалов. Несмотря на многочисленные попытки, выделить радикалы в свободном состоянии так и не удалось. По мере накопления новых экспериментальных данных все более очевидной становилась несостоятельность электрохимической теории Берцелиуса, падал и авторитет теории радикалов. В результате понимание радикалов как «*атомов органических соединений*» многим химикам стало казаться сомнительным. Поэтому возникла острая необходимость найти новые пути для решения проблемы строения органических веществ.

## 9.5. Теория замещения Дюма и теория ядер (типов) Лорана

Конец 30-х гг. XIX в. ознаменован формированием новых представлений о конституции органических веществ. Отказ от различных вариантов теории радикалов был продиктован экспериментальными данными, полученными при изучении реакций замещения с участием органических соединений.

Придворный королевский химик А. Броньяр поручил Ж. Б. Дюма разобраться, почему отбеленные хлором восковые свечи горят сильнокопящим пламенем и образуют при этом едкий газ, который раздражал высокопоставленных гостей. В результате проведенных исследований Дюма установил, что отбеленный воск содержит некоторое количество хлора, который при горении свечей выделяется в виде хлороводорода.

Этот случай заставил Ж. Б. Дюма пристально изучить реакции хлорирования различных органических соединений. Аналогичные исследования проводили и другие ученые. В 1832 г. Ф. Велер и Ю. Либих действием хлора на горькоминдальное масло (бензальдегид) получили хлористый бензоил. Один из учеников Ж. Б. Дюма Огюст Лоран в 1836 г. осуществил замещение нескольких атомов водорода в молекуле этилового спирта  $C_2H_5OH$  на атомы хлора, при этом значительного изменения свойств такое замещение не вызвало. Экспериментаторы подчеркивали, что при действии на органические вещества галогенов их атомы становятся на место атомов водорода. При проведении опытов по хлорированию насыщенных углеводородов и их производных Ж. Б. Дюма установил, что водород замещается эквивалентным количеством хлора, и отметил правильные объемные отношения реагентов при таких реакциях.

Несколько позднее Ж. Б. Дюма сформулировал основные правила замещения: *если водородосодержащее вещество теряет в результате дегидрогенизирующего действия хлора, брома, иода, кислорода и т.д. свой водород, то при этом каждый атом водорода замещается атомом хлора, брома, иода или  $\frac{1}{2}$  атома кислорода.*

Результаты проведенных экспериментов оказались несовместимыми с электрохимической (дуалистической) теорией сродства Берцелиуса, поскольку электроотрицательный хлор занимал место электроположительного водорода\*. Кроме того, опыты

\* Еще в 1815 г. Ж. Л. Гей-Люссак доказал возможность замещения электроположительного водорода на электроотрицательный хлор в синильной кислоте с образованием хлорциана. Однако этот факт тогда не вызвал особого интереса у других ученых.

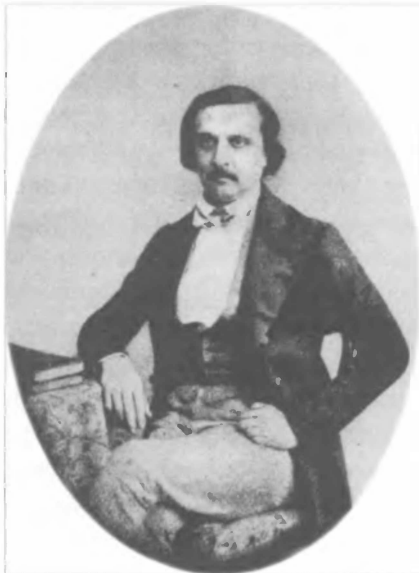
Дюма по хлорированию уксусной кислоты ( $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{ClCOOH} + \text{HCl}$ ) показали, что в этой реакции химическое превращение претерпевает сам радикал, а исходное и хлорированное соединения обладают сходными химическими свойствами. Возможность замещения атомов внутри радикала нарушала представления об устойчивости и неизменности последнего. В итоге Ж. Б. Дюма пришел к мысли отвергнуть саму идею «вычленения» в органическом соединении неизменных предсуществующих группировок атомов. Взамен он предложил иную трактовку конституции органических соединений. Французский ученый попытался соотнести каждое органическое вещество с *определенным типом* – молекулярной системой, фундаментальные химические свойства которой оставались неизменными при замещении водорода на галогены. Например, у Дюма уксусная, монохлоруксусная и трихлоруксусная кислоты относились к одному типу.

Типическая формула вещества уже не предполагала расчлененности молекулы на радикалы и не подчинялась дуалистической концепции Берцелиуса. Такая формула, по сути, означала рассмотрение молекулы как цельной упорядоченной системы атомов. В качестве характеристики, определяющей химическую индивидуальность вещества, Ж. Б. Дюма называл взаимное пространственное расположение атомов\*.

Выступление Ж. Б. Дюма с теорией замещения вызвало дискуссию. Оно поставило важный вопрос о причинах сохранения или утраты веществами своих изначальных свойств в органических реакциях. Против этой теории высказался Берцелиус, а в ее поддержку – целая группа молодых французских химиков, наиболее заметными среди которых были *Огюст Лоран* и *Шарль Фредерик Жерар*. В результате собственных экспериментов О. Лоран не только полностью подтвердил правила замещения Дюма, но и существенно дополнил их собственными обобщениями. Так, в число реагентов, способных заместить водород, была включена азотная кислота (нитрогруппа  $-\text{NO}_2$ ). Весьма существенным дополнением к прежним взглядам послужила мысль о том, что при равенстве числа замещенных атомов Н



*Огюст Лоран (1816–1856)*



*Шарль Фредерик Жерар (1807–1853)*

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 64.

и присоединенных атомов Cl последние играют в новом соединении роль, подобную той, которую играли атомы водорода в исходном соединении.

Новые взгляды Огюста Лорана подверглись нападкам не только со стороны Й. Я. Берцелиуса, который увидел в теории замещения угрозу своему электрохимическому учению, но также со стороны Ю. Либиха и, что удивительно, Ж. Б. Дюма, который отступил от своих убеждений из-за опасения потерять расположение шведского ученого. О. Лоран был в то время еще молодым химиком и не имел такого научного авторитета, которым обладали его именитые критики. Из-за гнева Берцелиуса перед ним оказались закрытыми двери наиболее известных лабораторий. Однако О. Лоран был настойчивым исследователем и, несмотря на моральные и материальные трудности, продолжал искать доказательства того, что радикалы не являются «неразрушимыми и недоступными», и не следует переоценивать влияния положительных и отрицательных зарядов. Годы лишений и тяжелой работы подрывали здоровье молодого ученого – он заболел туберкулезом, но, невзирая на болезнь, продолжал исследования, обобщение результатов которых позволили ему создать свою собственную теорию строения органических соединений. В этой теории ярко проявилось характерное для середины XIX в. противоречие во взглядах на органическую молекулу: унитаризма, принимающего в качестве общего принципа внутренней структуры молекулы ее целостность, и дуализма, объясняющего протекание химических реакций при помощи представлений о «расчлененности» молекулярной структуры\*.

О. Лоран отказался от всякого подчеркивания влияния электрических сил. Он полагал, что органическая молекула имеет фундаментальное *углеводородное ядро* (которое может представлять собой как группу атомов, так и одиночный атом), к которому присоединяются различные радикалы. В своей теории О. Лоран рассматривает проблему генезиса свойств вещества. Согласно концепции Лорана, в реакциях присоединения к фундаментальному ядру или отщепления ранее присоединенного фрагмента свойства полученных соединений должны изменяться. В теории ядер О. Лорана свойства органических веществ должны были определяться не столько качественным и количественным составом, сколько принципом внутренней пространственной упорядоченности атомов друг относительно друга. О. Лоран писал: «Я полагаю, что свойства сложных тел зависят от природы, числа, а также от расположения составляющих эти тела атомов»\*\*. Таким образом, у Лорана каждый фрагмент молекулы (ядро и внеядерная группировка атомов) обладал *унитарностью*, однако молекула в целом оказывалась *дуалистичной*. В теории Лорана сохранялись свойственные радикальным концепциям представления о том, что в органическом веществе одни атомы связаны между собой прочнее, чем другие.

Идеи О. Лорана горячо поддержал молодой французский химик Шарль Фредерик Жерар. Ученые познакомились в 1844 г. и впоследствии стали близкими друзьями. В своей дальнейшей научной деятельности они стали практически неотделимы друг от друга. В истории химии можно найти лишь немногие подобные примеры

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 64–65.

\*\* История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 107.



Шарль Адольф Вюрц (1817–1884)

(может быть, только дружба Ю. Либиха и Ф. Велера). Анализируя их совместную работу, выдающийся французский химик-органик *Шарль Адольф Вюрц* писал: «Лоран был силен своим аналитическим гением и способностью классифицировать явления; Жерар же в высшей степени обладал гением обобщения». К глубокому сожалению, подорванная болезнью, бедностью и годами изнурительных научных экспериментов жизнь этих талантливых ученых оказалась очень короткой. Они ушли из жизни практически друг за другом, едва перешагнув сорокалетний рубеж. Но в истории химии они навсегда останутся символом поразительной душевной стойкости, самоотверженного и бескорыстного служения науке и настоящей мужской дружбы.

Теория ядер Лорана имела практическое значение. Она была положена автором в основу классификации органических соединений по структуре их ядер. Отталкиваясь от идеи своего друга, Ш. Ф. Жерар разработал несколько иную концепцию строения органических веществ. Он рассматривал молекулу преимущественно как *унитарную* систему, в которой все атомы связаны между собой примерно одинаковой силой химического сродства и способны замещаться на радикалы. При этом радикалы Жерар рассматривал как фрагменты, способные заместить в химической реакции определенный атом. При таких замещениях равноценность межатомных взаимодействий не утрачивалась. Считается, что термины «*унитаризм*» и «*дуализм*» в рассматриваемых теориях несколько условны, поскольку в рамках каждой концепции можно усмотреть некоторую долю отступления от «чистого» унитаризма или дуализма\*.

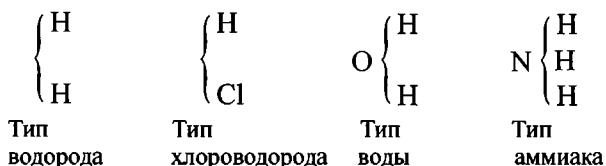
Чтобы представление о радикале не противоречило унитаристской концепции, Жерар высказал мысль о том, что радикалы не предсуществуют в молекулах, а проявляют свою сущность только в момент взаимодействия с другими веществами. Согласно концепции Жерара, свойственная органической молекуле внутренняя упорядоченность проявлялась только в *процессе реакции* и, следовательно, оставалась непознаваемой с помощью химических методов\*\*.

В начале 50-х гг. XIX в. Ш. Ф. Жерар предложил свою *унитарную* теорию строения органических соединений. В этой концепции французский ученый исходил из представлений об органических веществах как продуктах постепенного усложнения простых минеральных веществ путем замещения атомов элементов на радика-

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 64–65.

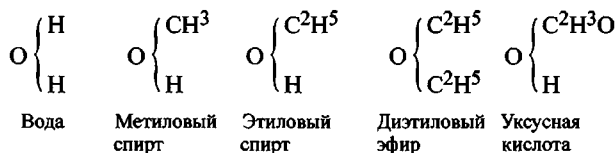
\*\* Там же. – С. 65–66.

лы. Жерар утверждал, что все органические соединения можно классифицировать как производные *четырех неорганических типов*:  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ :



Молекулы соединений одного типа должны иметь сходные ядра. В соответствии с этой теорией в молекуле  $\text{H}_2\text{O}$  к центральному атому кислорода – ядру присоединены два атома Н. При замещении одного из атомов Н на метильную  $-\text{CH}_3$  или этильную  $-\text{C}_2\text{H}_5$  группу образуются соответственно метиловый  $\text{CH}_3\text{OH}$  или этиловый  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  спирты. В результате такого замещения можно получить большое число различных *спиртов*, которые не только имеют много общего в свойствах, но и проявляют определенное сходство с водой. Поэтому нередко унитарную теорию Ш. Ф. Жерара в литературе по истории химии называют *теорией типов* или *новой теорией типов*.

В начале 50-х гг. XIX в. английский химик Александр Уильям Уильямсон показал, что *простые эфиры* также можно построить по «типу воды». Эти соединения можно получить, заместив на органические радикалы оба атома водорода. В диэтиловом эфире, который в те времена стали применять как анестезирующее средство, оба атома Н замещены на этильные группы; его формула –  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ . Продолжая исследования, А. У. Уильямсон неопровержимо доказал, что не только простые эфиры, но и сложные эфиры и кислоты принадлежат к типу воды:



В дальнейшем он отнес к этому типу и многоосновные кислоты, причислив их к «удвоенному» и «утроенному» типам воды:

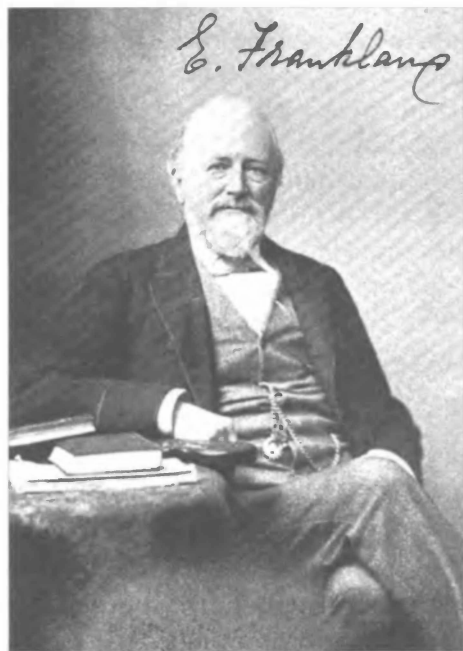


Примерно в то же время Ш. А. Вюрц, изучавший получение и химические свойства *аминов* ( $\text{NH}_2-\text{CH}_3$ ;  $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ;  $\text{NH}_2-\text{C}_2\text{H}_5$  и др.), показал, что у соединений этого типа ядром может служить атом азота. В аммиаке атом азота связан с тремя атомами водорода, а в аминах один или несколько атомов водорода замещены на органические радикалы.

Теория типов завоевывала все большую популярность, поскольку с ее помощью можно было систематизировать органические соединения, список которых стремительно увеличивался. Руководствуясь теорией типов, в 1880 г. российский химик Федор Федорович Бейльштейн опубликовал обширное руководство по органическим соединениям, в котором они были размещены в рациональном порядке. И тем не менее унитарная теория (теория типов) оставалась незавершенной. Типы Жерара, несмотря

на их внешнее сходство с современными структурными формулами, на самом деле принципиально от них отличались, поскольку не выражали *способа связи* элементов в молекуле. По-прежнему предполагалось, что органические соединения построены из радикалов. Видение органической молекулы как последовательности связанных друг с другом отдельных атомов в то время было еще недоступным для химического мышления, стремившегося представить строение вещества как комбинацию радикалов или определенную пространственную организацию атомов. Вопрос о *молекулярной структуре* обходился стороной. Ответить на него можно было, только выяснив, как в действительности располагаются атомы в самих радикалах. Для того чтобы подойти к понятию *структуры*, химикам нужно было довести мысленное «дробление» радикалов до отдельных атомов и осознать, что каждый из них обладает определенной соединительной способностью (химическим *сродством*)\*.

## 9.6. Теория валентности



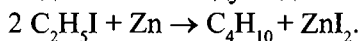
Эдуард Франкленд (1825–1899)

Один из самых первых шагов по направлению к изучению истинной структуры органических веществ сделал Ш. Ф. Жерар. Сравнивая радикалы друг с другом, французский ученый стал соотносить их с атомом водорода. В результате он выделил *одноатомные* (например,  $-\text{C}_2\text{H}_5$ ), *двухатомные* и *трехатомные* радикалы, в зависимости от того, какому количеству атомов водорода они эквивалентны.

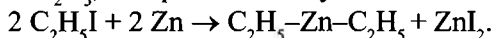
Несмотря на признание теории типов Ш. Ф. Жерара многими учеными, у нее были весьма сильные принципиальные противники, пытавшиеся на основе своих исследований утвердить в органической химии систему собственных взглядов. К ним следует отнести, прежде всего, немецкого ученого Германа Кольбе и англичанина Эдуарда Франкленда.

Г. Кольбе и Э. Франкленд продолжали попытки получить радикалы в свободном состоянии. С этой целью Э. Франкленд вос-

пользовался реакцией взаимодействия между иодистым этилом  $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$  и цинком:



В 1849 г. он изучил эту реакцию более подробно и обнаружил еще одно необычное вещество  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{Zn}-\text{C}_2\text{H}_5$ , которое вызвало у химиков повышенный интерес:



\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 66.

Э. Франкленд одним из первых заинтересовался металлорганическими соединениями, в которых органические группировки присоединены непосредственно к атомам металла, например цинка. Открытие цинкэтила, впоследствии сыгравшее большую роль в синтетической химии, принесло Э. Франкленду почет и известность. Как было установлено, в соединениях этого типа каждый атом металла взаимодействует с определенным числом органических радикалов, причем число это может меняться для разных металлов. Например, атомы Zn всегда соединяются только с двумя органическими группировками.



Лабораторное оборудование Э. Франкленда

В 1852 г., изучая металлорганические соединения, английский химик обнаружил, что связывание металла с алкильными группами снижает его способность присоединять кислород. Далее Франкленд высказал идею о том, что элементы характеризуются определенным пределом соединительной (насыщающей) способности\*. Например, полное насыщение сродства азота отмечено в тех веществах, где он соединен с тремя или пятью эквивалентами других элементов\*\*.

В 50-е гг. XIX в. немецкий химик Ф. А. Кекуле выдвинул теорию, которая позднее стала известна как *теория валентности* (от латинского *valentia* – сила), согласно которой каждый атом обладает определенной способностью к насыщению (или *валентностью*\*\*\*). Было установлено, что атомы водорода, натрия, калия, серебра, хлора и брома имеют валентность, равную единице. Валентность кислорода, серы, магния, кальция и бария была принята равной двум. Атомы азота, фосфора, алюминия и золота оказались трехвалентными. Некоторые элементы, например железо, имели переменную валентность, равную двум или трем. Концепция валентности фактически подразумевала признание идеи о *дискретности* и *насыщаемости* сил химического сродства. В принципе, вопрос о валентности оказался не столь простым, как представлялось вначале. Тем не менее даже такой простейший вариант этой теории позволял сделать важные выводы.

В 50-е гг. XIX в. немецкий химик Ф. А. Кекуле выдвинул теорию, которая позднее стала известна как *теория валентности* (от латинского *valentia* – сила), согласно которой каждый атом обладает определенной способностью к насыщению (или *валентностью*\*\*\*). Было установлено, что атомы водорода, натрия, калия, серебра, хлора и брома имеют валентность, равную единице. Валентность кислорода, серы, магния, кальция и бария была принята равной двум. Атомы азота, фосфора, алюминия и золота оказались трехвалентными. Некоторые элементы, например железо, имели переменную валентность, равную двум или трем. Концепция валентности фактически подразумевала признание идеи о *дискретности* и *насыщаемости* сил химического сродства. В принципе, вопрос о валентности оказался не столь простым, как представлялось вначале. Тем не менее даже такой простейший вариант этой теории позволял сделать важные выводы.

\* См.: Зефирова О. Н. Указ. соч. – С. 67.

\*\* Некоторые историки химии связывают с этой работой Э. Франкленда начало учения о валентности, однако другие считают такую точку зрения ошибочной.

\*\*\* Термин «валентность» получил широкое распространение только в XX в. В XIX в. для обозначения этого понятия использовали термины «атомность» или, реже, «основность».

С введением понятия валентность удалось выяснить различие между атомной массой и эквивалентной массой элементов, поскольку даже в середине XIX в. многие химики еще путали эти два понятия. Было установлено, что эквивалентная масса водорода  $\mathcal{M}(\text{H}) = 1$ ; кислорода  $\mathcal{M}(\text{O}) = 8$ ; хлора  $\mathcal{M}(\text{Cl}) = 35,5$ ; азота  $\mathcal{M}(\text{N}) = 14/3$ . Ш. Вюрц вывел формулу, согласно которой эквивалентная масса элемента равна его атомной массе, деленной на его валентность.

В последующем Ф. А. Кекуле приложил немало сил для дальнейшего усовершенствования теории валентности. В работе Кекуле «О строении и превращениях химических соединений и о химической природе углерода» установлен факт четырехвалентности углерода в метане, четыреххлористом углероде, хлороформе и ряде других соединений. Примерно в то же время к аналогичным выводам пришел и Г. Кольбе.

Понятие о валентности позволило объяснить отмеченное в теории типов Жерара последовательное «усложнение» органических частиц и подойти к рассмотрению межатомных связей, обусловленных определенным количеством сродства каждого атома.

## 9.7. Структурные формулы органических веществ

Теория валентности сыграла важнейшую роль в развитии *фундаментальных основ* химической науки вообще и органической химии в частности. Только на основе представлений о валентности стал возможен переход от изучения *конституции* к распознаванию подлинной *химической структуры* органических веществ. Этот переход, равно как и становление учения о валентности, осуществлялись в рамках развития теории типов Жерара в работах химиков-органиков А. У. Уильямсона, У. Одлинга, Ш. А. Вюрца и Ф. А. Кекуле.

Исходя из предположения о том, что атом углерода четырехвалентен, Ф. А. Кекуле сделал попытку представить строение наиболее простых органических молекул и радикалов. Рассматривая строение веществ, содержащих несколько атомов углерода, Кекуле пришел к заключению, что силы сродства атомов углерода могут быть насыщены не только присоединением атомов других элементов, входящих в состав соединения, но и взаимным соединением атомов углерода между собой. Таким образом, Кекуле вывел формулу, согласно которой можно было определить число единиц сродства  $N$ , которое в соединении, содержащем  $n$  атомов углерода, затрачивается всеми атомами углерода на присоединение атомов других элементов:

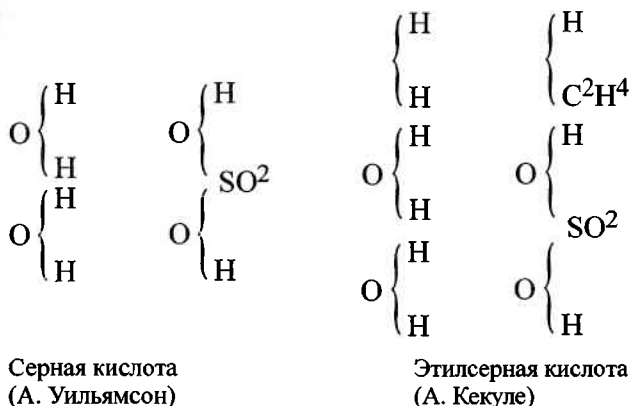
$$N = n(4 - 2) + 2 = 2n + 2.$$

Как не трудно заметить, это выражение соответствует общей формуле предельных углеводородов  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . С позиций этого правила можно было легко объяснить наличие разности  $-\text{CH}_2-$  в гомологических рядах органических соединений. Взаимное расположение атомов в органических соединениях он представлял как их «прилегание» друг к другу и иллюстрировал схематическими изображениями их структуры.



Развивая идею А. У. Уильямсона о кратных типах, Кекуле изменил типические формулы так, чтобы учитывалась валентность атома или радикала. В результате появились формулы смешанных типов, которые представляли собой цепочку различных типов, многоатомными (двух- или трехвалентными радикалами).

В типических формулах Ф. А. Кекуле число атомов или радикалов, связанных друг с другом, строго соответствовало валентностям компонентов. Следовательно, такие формулы уже не были только «формулами превращений» (как у Жерара), а содержали в себе информацию о реальной структуре органических соединений. Введение формул для смешанных типов породило тенденцию к изображению все более мелких фрагментов молекулы (атомных группировок) с той лишь целью, чтобы отразить наибольшее число превращений вещества. В пре-



Примеры построения  
формул кратных и смешанных типов



Арчибальд Скотт Купер  
(1831–1892)

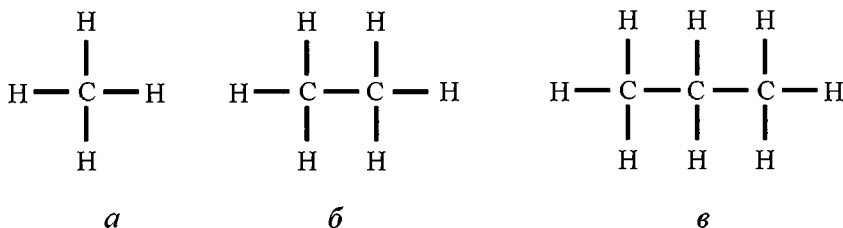
деле такая тенденция должна была привести к построению модели молекулы непосредственно из отдельных атомов. Таким образом, из теории типов выростала новая и по своей сути принципиально отличная от нее *структурная теория* органических соединений.

В 1858 г. шотландский химик Арчибальд Скотт Купер, который в это время работал в лаборатории Вюрца, высказал идеи о строении органических соединений, близкие к взглядам Ф. А. Кекуле. Купер предложил изображать силы, соединяющие атомы (или *связи*, как их принято называть сейчас), в виде черточек. В отличие от Кекуле А. С. Купер оценивал научные теории как важнейшую основу химии. «Конечная цель химии – это ее теория. Теория – руководитель в химическом исследовании», – писал он. После того, как была построена первая структура орга-

нического соединения, стало совершенно ясно, почему органические молекулы, как правило, значительно больше и сложнее, чем неорганические.

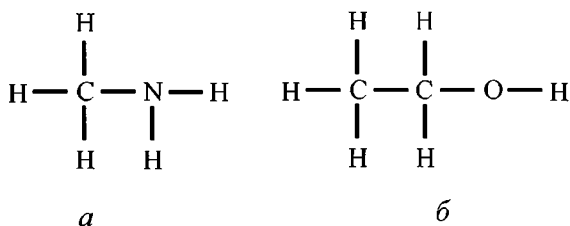
Практически одновременно Ф. А. Кекуле и австрийский профессор *Йозеф Лошмидт* впервые высказали предположение о возможности существования между соседними атомами углерода *кратных связей* (двойной или тройной), с помощью которых можно изобразить структурные формулы этилена  $C_2H_4$ , ацетилена  $C_2H_2$ , метилцианида  $CH_3CN$ , уксусной кислоты  $CH_3COOH$  и ацетона  $CH_3COCH_3$ .

Согласно представлениям Ф. А. Кекуле, углеродные атомы могут соединяться друг с другом при помощи одной, двух или трех из четырех своих валентных связей, образуя длинные цепи – прямые или разветвленные. Никакой другой элемент не обладает этой замечательной способностью в той мере, в какой обладает ею углерод. Принимая во внимание, что каждый атом углерода четырехвалентен, а у каждого атома водорода всего одна такая связь, структурные формулы трех простейших предельных углеводородов: метана  $CH_4$ , этана  $C_2H_6$  и пропана  $C_3H_8$  выглядели следующим образом:



Структурные формулы предельных углеводородов: а – метан; б – этан; в – пропан

Если добавить к углеводородной цепи атом двухвалентного кислорода или атом трехвалентного азота, можно получить структурные формулы молекул этилового спирта и метиламина:

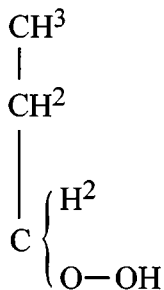


Структурные формулы производных предельных углеводородов:

а – метиламин; б – этиловый спирт

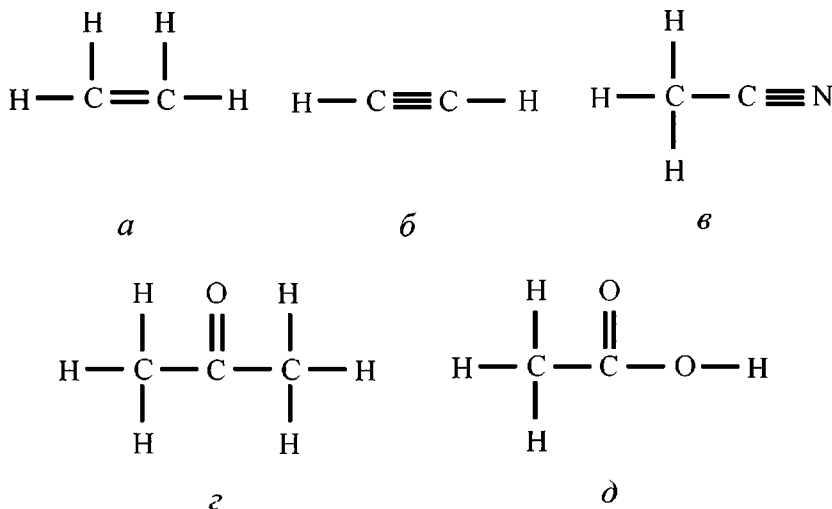
Большинство химиков-органиков с воодушевлением приняли структурные формулы, поскольку целесообразность их применения была столь очевидной. Все попытки

изображать органические молекулы как структуры, построенные из радикалов, были признаны полностью устаревшими. Запись формулы соединения с показом его *химической структуры* повсеместно была признана необходимой.



Формула

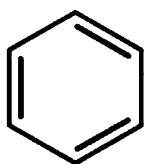
А. Купера для  
пропилового  
спирта



*Структурные формулы непредельных углеводородов и производных предельных углеводородов: а – этилен; б – ацетилен; в – метилцианид; г – ацетон; д – уксусная кислота*

Чтобы вполне доказать справедливость системы структурных формул, было необходимо определить такую формулу для бензола  $\text{C}_6\text{H}_6$ , открытого еще в 1825 г. М. Фарадеем. К этому времени было известно много соединений: бензол, фенол, пикриновая кислота, гидрохинон, анилин, хинон и др., которые содержали шесть атомов углерода. Кекуле предложил объединить их общим названием *ароматические соединения*.

Установить строение ароматических соединений удалось далеко не сразу. Ученым казалось, что не существует такой структурной формулы бензола, которая бы соответствовала требованиям валентности и при этом объясняла большую реакционную устойчивость этого соединения. Решение этой задачи оказалось по силам только Ф. А. Кекуле. Подробности открытия этой формулы (1866) обросли множеством легенд. Одни авторы указывают, что озарение к Кекуле пришло после того, как во сне он увидел змею, кусающую себя за хвост. Другие приводят историю о том, что ученому грезились атомы, кружащиеся в танце; вдруг конец одной цепи соединился с ее началом, и образовалось вращающееся кольцо\*. И Кекуле решил, что бензол должен иметь циклическое строение:



*Структурная формула бензола, предложенная Кекуле*

\* См.: Джюа М. Указ. соч. – С. 285–286.



Александр Михайлович Бутлеров  
(1828–1886)

теории химического строения А. М. Бутлеров начал проводить еще в 1860 г. в своих лекциях студентам Казанского университета.

16 сентября 1861 г. на очередном собрании Общества немецких естествоиспытателей и врачей в Шпейере он выступил со своим знаменитым докладом «О химическом строении вещества», который был опубликован сначала на немецком, а затем и на русском языках. Он не только раскрыл основные принципы созданной им новой теории, но и показал ее плодотворность, нарисовав перспективы развития понятия «химическое строение»\*.

В своем докладе А. М. Бутлеров подверг критике основное положение теории типов, согласно которому невозможно судить о положении атомов внутри молекул. Центральным местом в разработанной им теории являлось понятие валентности. А. М. Бутлеров

писал: «...В настоящее время лишь *атомность* (т.е. *валентность*) составляет определенное и неизменное свойство элементов и может служить основанием общей теории и, в самом деле, основываясь на ней, возможно, кажется идти довольно далеко в наших научных соображениях...»\*\*.

А. М. Бутлерову принадлежит заслуга в определении фундаментальности понятия *химического строения* веществ: «...Я называю *химическим строением* распределение этой силы, вследствие которого химические атомы, посредственно или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу»\*\*\*. На основе этого важнейшего понятия А. М. Бутлеров сформулировал и другие принципиальные положения своей теории, в том числе идею о взаимной связи и взаимовлияния атомов внутри молекулы. А. М. Бутлеров писал: «...Химическая натура сложной частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением»\*\*\*\*.

В своей теории А. М. Бутлеров указал пути и сформулировал основные правила установления химического строения молекул. Он подчеркнул, что единицей силы сродства атомов (*единичной валентностью*) в молекуле необходимо считать связь атомов водорода. В своей теории он указывал: «Минимальное количество этой силы принадлежит некоторым атомам, например, водороду. Отношение хи-

\* История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 173.

\*\* Бутлеров А. М. Сочинения: В 3 т. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 1. – С. 73.

\*\*\* Бутлеров А. М. Указ. соч. – С. 70.

\*\*\*\* Там же. – С. 70.

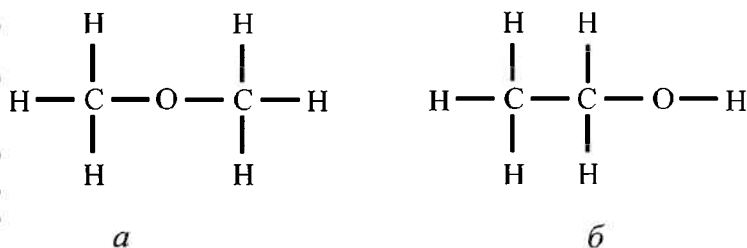
мической силы  
сродства водорода  
со сродством дру-  
гих элементов вы-  
ражается всегда це-  
лым числом...»\*.

Одной из важ-  
нейших проблем,  
связанных с раз-  
витием теории

химического строения, была проблема *изомерии*. А. М. Бутлеров это отчетливо понимал и вскоре после своего доклада перед немецкими естествоиспытателями провел серию экспериментов с целью объяснить причину этого явления. В рабо-  
тах, вышедших в 1863–1865 гг., А. М. Бутлеров рассмотрел несколько различных случаев изомерии. Классическая статья русского ученого «О различных объясне-  
ниях некоторых случаев изомерии», опубликованная в 1863 г., явилась важней-  
шим документом в истории учения о химическом строении. В простейших случа-  
ях объяснение изомерии с позиций теории о химическом строении не вызывало  
никаких трудностей. Например, этиловый спирт и диметиловый эфир описывают-  
ся одной и той же эмпирической формулой:  $C_2H_6O$ . Однако химические свойства  
этих веществ существенно различаются между собой. В молекуле диэтилового  
эфира все шесть атомов водорода непосредственно связаны с атомами углерода,  
а в молекуле этилового спирта только пять атомов Н соединяются с атомами С, а  
шестой атом Н присоединен к атому кислорода.



Владимир Васильевич Марковников  
(1837–1904)



Структурные формулы  
диметилового эфира (а) и этилового спирта (б)

Исключительно большую роль для ут-  
верждения теории химического строения  
сыграл синтез А. М. Бутлеровым изобута-  
на (1865), а затем и третичного изобутило-  
вого спирта, существование которых ранее  
было предсказано теоретически. Почти од-  
новременно немецкие ученые Ш. Фридель и  
А. Ладенбург синтезировали изогексан с чет-  
вертичным углеродным атомом. Торжеству  
теории химического строения способствовал  
и ученик А. М. Бутлерова *Владимир Василь-  
евич Марковников*, который осуществил син-  
тез изомасляной кислоты.

А. М. Бутлеров особенно внимательно от-  
несся к изучению еще одного вида изомерии –  
динамической изомерии, которую называют  
еще *таутомерией*. В случае таутомерии со-

\* Бутлеров А. М. Указ. соч. – С. 71.

единение всегда выступает как смесь двух веществ. Если одну из форм выделить в свободном состоянии, то она сразу же частично перейдет в сопряженную таутомерную форму. Бутлеров показал, что таутомерия обусловлена спонтанным переходом атома водорода от атома кислорода к соседнему атому углерода и наоборот.

Некоторые случаи изомерии в то время еще не находили рационального объяснения (например, изомерия малеиновой и фумаровой кислот), поэтому большое значение для дальнейшего развития теории химического строения получило учение о *взаимном влиянии атомов или групп атомов* в молекулах соединений. А. М. Бутлеров указывал, что атомы в молекулах проявляют различные свойства в зависимости от природы элементов, с которыми они соединены. В дальнейшем эта идея получила особенно глубокое развитие в работах В. В. Марковникова. Его докторская диссертация была полностью посвящена проблеме взаимного влияния атомов в химических соединениях. Ему удалось сформулировать несколько важных частных положений, получивших в дальнейшем название «*правил Марковникова*». Роль положения о взаимном влиянии атомов Марковников определил следующим образом: «...Теория строения есть внешний механизм, действия которого направляются и регулируются теорией взаимного влияния атомов. Это есть та внутренняя причина, которая дает смысл всем проявлениям механизма»\*.

Впоследствии проблема взаимного влияния атомов в соединениях привлекала внимание многих выдающихся ученых. В наши дни она сохранила свою актуальность и продолжает всесторонне изучаться. На протяжении последних пятидесяти лет задача электронных теорий органической химии как раз и заключалась в раскрытии законов действия того молекулярного механизма, который выражается приближенно структурными формулами и проявляется в свойствах молекул\*\*.

Идеи А. М. Бутлерова, развитые им в его историческом докладе, не были оценены современниками. Европейские ученые не поняли всей глубины и плодотворности основных положений теории химического строения. Более того, у теории русского ученого оказались принципиальные и весьма влиятельные противники. Среди них следует прежде всего назвать Г. Кольбе. По его мнению, теория Бутлерова являла собой «извращенные представления». Согласно его язвительному замечанию, теория химического строения – просто «игра для химических детей».

Еще одним знаменитым противником теории А. М. Бутлерова был М. Бертло. Он, в отличие от Г. Кольбе, не критиковал открыто теорию русского ученого, а просто ее игнорировал. К счастью, ни отдельные выступления против теории химического строения, ни попытки некоторых ученых обходиться без нее в практической работе фактически не оказали серьезного влияния на ее дальнейшее развитие. Постепенно теория химического строения стала признаваться большинством химиков, которые применяли ее в своих исследованиях. В 1864–1865 гг. многие химики в той или иной формулировке приняли основные положения теории А. М. Бутлерова. Дальнейшие исследования должны были показать границы при-

\* Марковников В. В. Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – С. 148.

\*\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 175.

менимости этих положений. Однако первоочередной задачей было установление химического строения основных представителей главных классов органических соединений, без чего было невозможно никакое продвижение вперед\*.

В 1866–1868 гг. после опубликования книги А. М. Бутлерова «Введение к полному изучению органической химии» началось успешное применение теории химического строения учеными других стран. С помощью ее основных положений было распознано химическое строение предельных углеводов, а несколько позднее – и непредельных. Например, в 1868 г. на основании сопоставления литературных данных с результатами собственных экспериментов А. М. Бутлеров установил верную формулу пропилена:  $\text{CH}_3\text{—CH=CH}_2$ . Теория химического строения указала А. М. Бутлерову и его последователям магистральное направление дальнейшего научного поиска.

А. М. Бутлеров был не только выдающимся ученым, но и прекрасным педагогом. Он в значительной мере усовершенствовал методику обучения химии в Казанском университете, привлек к преподавательской работе молодых способных ученых: В. В. Марковникова, А. М. Зайцева, А. Н. Попова и др. Вся многогранность таланта А. М. Бутлерова как ученого и педагога проявилась в его изданной в 1866 г. книге «Введение к полному изучению органической химии», которая оказалась подлинным «символом веры» теории химического строения. Эта книга получила высокую оценку не только в России, но и за рубежом. Через год после русского издания книга была переведена на немецкий язык и напечатана в Германии. Известный немецкий химик В. Мейер писал: «Бутлеров своим превосходным учебником органической химии, появившимся в 1868 г. на немецком языке, оказал глубокое влияние на развитие и распространение структурной теории». Вот как характеризовал Бутлерова великий российский химик Д. И. Менделеев: «...Он русский по ученому образованию и по оригинальности трудов. Ученик знаменитого нашего академика Н. Н. Зинина, он сделался химиком не в чужих краях, а в Казани, где продолжает развивать самостоятельную химическую школу. ... В химии есть бутлеровская школа, бутлеровское направление... У Бутлерова все открытия истекали и направлялись одною общою идеей. ... Это есть идея так называемого химического строения...».

Последовательное применение учения А. М. Бутлерова подавляющим большинством химиков принесло богатейшие плоды и способствовало быстрому прогрессу органической химии. Однако, как показала жизнь, фундаментальное значение учения о химическом строении не ограничивается ее применением только для органических веществ. Необходимо подчеркнуть, что в современной интерпретации учение о химическом строении А. М. Бутлерова не является монополией исключительно органической химии, а в целом имеет значение *фундаментальной общехимической теории*\*\*.

Для неорганических веществ зависимость физико-химических свойств от их химического строения (для твердых тел – кристаллохимического строения) также является фундаментальной закономерностью.

\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 185.

\*\* См.: Угай Я. А. Общая химия. – М.: Высшая школа, 1984. – С. 13.

## 9.9. Пространственные структурные формулы молекул

### 9.9.1. Оптические свойства веществ. Природа оптической изомерии

Теория химического строения и использование структурных формул оказали решающее влияние на развитие органической химии. Однако даже с их помощью ученые не сразу смогли объяснить еще один тип изомерии – *оптическую изомерию*.

Одним из важных направлений исследований с целью выявления связи физико-химических свойств соединений с их составом и строением было изучение их оптических свойств. Еще в XVII в. И. Ньютон, исходя из корпускулярной теории света, подробно рассмотрел явление преломления света в различных условиях, провел исследования рефракции нескольких жидкостей: оливкового масла, скипидара и др.

В 1880 г. профессор теоретической физики Лейденского университета *Х. А. Лоренц* и профессор Военной школы в Копенгагене *Л. В. Лоренц* независимо друг от друга нашли выражение для *удельной рефракции*  $R$  веществ:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{\rho},$$

где  $n$  – показатель преломления;  $\rho$  – плотность вещества.

В дальнейшем систематические исследования рефракции веществ увлекали многих ученых. В результате этих экспериментов удалось выяснить, что молекулярная рефракция представляет собой аддитивное свойство. С помощью величин атомных рефракций оказалось возможным рассчитывать молекулярные рефракции как сумму атомных рефракций, составляющих вещество элементов.

Одновременно было установлено, что величина молекулярной рефракции зависит от химического строения молекулы, особенно, от наличия кратных связей. Поэтому в настоящее время изучение молекулярной рефракции вещества широко применяется для изучения химического строения вновь синтезируемых органических соединений.

Еще в начале XIX в. французским физиком *Этьеном Луи Малюсом* был изучен эффект поляризованного света. Первоначально свойства и поведение такого света интересовали только физиков. Однако в 1815 г. французский физик *Жан Батист Био* показал, что при прохождении поляризованного света через некоторые кристаллы происходит поворот плоскости колебаний (*плоскости поляризации*) световых волн. В одних случаях она поворачивается по часовой стрелке (*правое вращение*), в других – против часовой стрелки (*левое вращение*). К числу кристаллов, обладающих *оптической активностью*, относятся и кристаллы ряда органических соединений. Более того, некоторые из этих органических соединений, например различные сахара, сохраняют оптическую активность и в растворенном состоянии.



Со временем были обнаружены вещества, которые отличаются друг от друга только оптическими свойствами. Одно из них вращает плоскость поляризации поляризованного света по часовой стрелке, а другое – против. Обычно имеется еще и третья модификация соединения, которая вообще оптически неактивна. Примером изомерных веществ, различающихся по оптической активности, могут служить открытые Берцелиусом виноградная и винная кислоты. Виноградная кислота оптически неактивна, а винная кислота обладает в растворе правым вращением. Позднее была открыта винная кислота, обладающая в растворе при тех же условиях равным по величине, но противоположным по направлению, левым вращением.



Луи Пастер (1822–1895)

Первый шаг в понимании причин оптической изомерии был сделан французским биохимиком *Луи Пастером*. При кристаллизации из раствора винограднокислого натрий-аммония, он обнаружил две формы асимметричных кристаллов. Пастер сумел разделить оба типа кристаллов, однако свойства их растворов оказались идентичными, за исключением оптической активности – растворы обладали противоположным вращением. Превратив кристаллы, обладающие в растворе правым вращением, в кислоту, Пастер обнаружил, что получил известную ранее природную правовращающую винную кислоту. Из кристаллов другого типа удалось получить ранее не известную левовращающую винную кислоту. На основании этих экспериментов Луи Пастер пришел к заключению, что в виноградной кислоте содержится примерно равное количество молекул лево- и правовращающих винных кислот, вследствие чего сама виноградная кислота оптически неактивна. Соединения, подобные виноградной кислоте, стали называть *рацемическими* (от латинского названия виноградной кислоты).

Результаты проведенных исследований убедительно доказывали, что оптическая активность связана с асимметрией. В большинстве случаев асимметрию привыкли связывать с кристаллическим состоянием вещества. Как свидетельствовали экспериментальные факты, многие органические соединения проявляли оптическую активность не только в виде кристаллов, но и в растворенном состоянии. Значит, у веществ, оптически активных в растворенном состоянии, асимметричной должна быть структура *самих молекул*. Однако используемые в то время структурные формулы органических соединений являлись двумерными: они позволяли получить только плоскостное изображение строения молекулы. Использование таких формул не объясняло причин оптической активности органических молекул.

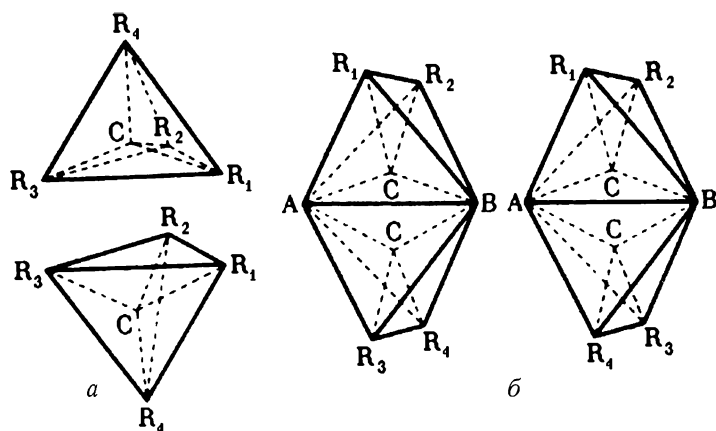
### 9.9.2. Стереохимическая модель Вант-Гоффа–Ле Белля

Важной вехой на этапе зарождения *стереохимии* явились работы немецкого химика *Йоханнеса Вислиценуса*, посвященные изучению изомерии молочной кислоты. В 1869 г. немецкий ученый установил, что существуют две молочных кислоты одного и того же состава  $C_3H_6O_3$ . Одна из них была обнаружена в кислом молоке, а другая (парамолочная кислота) появлялась при работе живой мыши. Химические свойства обеих кислот были одинаковыми, однако молочная кислота брожения была оптически неактивной, а парамолочная кислота представляла собой правовращающий изомер. В 1873 г. Й. Вислиценус показал глубокую связь зарождающихся стереохимических представлений с учением А. М. Бутлерова. Немецкий ученый писал, что у обеих кислот «порядок взаимной связи составляющих атомов выражается формулой  $CH_3-CHON-COOH$ . ... Причина различия заключается только в *различном пространственном расположении* при остающемся неизменным порядке связи атомов»\*.

Переход от плоскостного изображения химического строения соединений к пространственному был поистине *революционным шагом* на пути дальнейшего развития учения о химической структуре вещества. Сделать этот шаг было непросто, ведь во второй половине XIX в. понятие *атома* еще оставалось в большой степени абстрактным: экспериментальные методы еще не позволяли наблюдать их воочию.

Чтобы решиться представить пространственное расположение в молекуле атомов (которые, возможно, и не существуют), нужно было иметь научную смелость, широту творческого полета и, конечно, мужество, дабы выдержать критику консервативно мыслящих оппонентов. История показала, что набором таких качеств обладал молодой голландский химик *Якоб Хендрик Вант-Гофф*. В своих воспоминаниях Вант-Гофф говорил, что именно работы Й. Вислиценуса послужили для него толчком к размышлениям, которые в конечном итоге и привели к созданию стереохимической гипотезы.

В 1874 г. он выдвинул смелое предположение,



Использование тетраэдрической модели  
для объяснения строения и свойств оптических изомеров:

а – зеркальное расположение связей;  
б – геометрические изомеры соединений с двойной связью

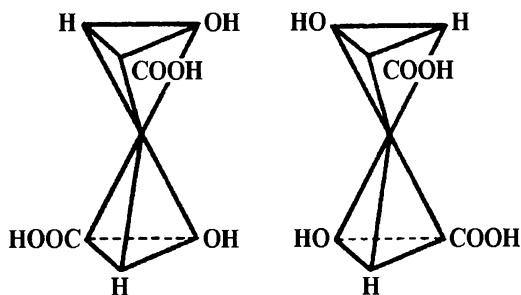
\* См.: История классической органической химии. Всеобщая история химии. – С. 218.

согласно которому четыре связи атома углерода направлены к четырем вершинам правильного кубического тетраэдра, в центре которого и находится атом С. Свои идеи Вант-Гофф изложил в виде приглашения к дискуссии и лаконично уместил в одиннадцатистраничной брошюре\*. Как видно из рисунка, все четыре связи равноудалены друг от друга, а угол между любыми двумя связями равен  $109^{\circ}28'$ . Пространственная структура, предложенная Вант-Гоффом, является симметричной. Симметрия может нарушиться лишь в том случае, когда всеми четырьмя связями атом углерода соединен с различными атомами или группами атомов. В этом случае присоединение может происходить двумя различными способами, а полученные фигуры будут представлять собой зеркальные отображения друг друга. Возникает тот самый вид асимметрии, который обнаружил Луи Пастер в молекулах винной кислоты.

Практически в одно время с Вант-Гоффом аналогичную пространственную модель опубликовал французский химик *Жозеф Ашиль Ле Бель*. Поэтому тетраэдрическую модель расположения связей вокруг атома углерода иногда называют моделью *Вант-Гоффа–Ле Беля*.



*Жозеф Ашиль Ле Бель (1847–1930)*



*Использование тетраэдрической модели для объяснения строения винной кислоты:  
d – винная кислота и l – винная кислота*

Таким образом, пространственная модель Вант-Гоффа–Ле Беля объяснила причину существования оптически активных изомеров: ее могут проявлять соединения, имеющие *асимметричный атом углерода*. Более того, у соединений с несколькими асимметричными атомами углерода число экспериментально установленных оптических изомеров всегда совпадало с предсказанным на основании теории Вант-Гоффа–Ле Беля.

В конце XIX в. теория возникновения оптических изомеров получила свое распространение по отношению и к атомам других элементов. Немецкий химик *Виктор Мейер* в 1888 г. впервые употребил термин «стереохимия» и доказал существование оптической изомерии у некоторых азотсодержащих соединений. В начале XX в. английский химик *Уильям Джексон Поуп* экспериментально подтвердил, что трехмерную пространственную модель химического строения

\* См.: *Быков Г. В.* История стереохимии органических соединений. – М.: Наука, 1966.

можно распространить на соединения серы, селена и олова, а несколько позднее швейцарец Альфред Вернер использовал объемные модели при разработке своей теории координационных соединений.

Виктор Мейер установил, что обычно группы атомов могут свободно вращаться вокруг единственной связи, соединяющей их с остальной частью молекулы, но в ряде случаев этому вращению препятствуют соседние объемные группы. Поуп продолжил эти исследования. Он доказал, что обладающая такого рода *пространственными затруднениями* молекула в целом может оказаться асимметричной и будет проявлять оптическую активность, хотя ни один из составляющих ее атомов сам по себе не является асимметрическим.

Стереохимическая гипотеза Вант-Гоффа объяснила не только оптическую изомерию, но и существование геометрической пространственной изомерии у производных этилена, в частности у фумаровой и малеиновой кислот. Решающим вкладом в создание верных представлений о причинах геометрической изомерии непредельных углеводородов и их производных стали работы Й. Вислиценуса, опубликованные в 1887–1889 гг. Немецкий ученый впервые показал различие свойств centrosимметричных (по современной номенклатуре – *транс*-изомеры) и плоско-симметричных (*цис*-изомеры) непредельных углеводородов.

Немецкий химик *Иоганн Фридрих Вильгельм Адольф фон Байер* применил трехмерную модель для изображения пространственного строения предельных циклических углеводородов. Согласно утверждению И. А. фон Байера, если угол между связями атома углерода отличается от  $109^{\circ}28'$ , то атом оказывается в напряженном состоянии. Чем больше угол между связями в соединении отличается от этой величины, тем сильнее напряжения, возникающие в молекуле. *Теория напряжения* Байера, таким образом, позволила объяснить повышенную реакционную способность циклопропана и циклобутана, а также устойчивость природных пяти- и шестичленных предельных углеводородов, поскольку углы между связями при этом составляют 108 и 120 градусов соответственно.



Иоганн Фридрих Вильгельм  
Адольф фон Байер (1852–1919)

Однако самой серьезной проверке теория Вант-Гоффа–Ле Беля подверглась в процессе интерпретации экспериментальных данных, полученных немецким химиком Эмилем Фишером при изучении моносахаридов общей формулы  $C_6H_{12}O_6$ . Эти соединения обладают многими сходными физико-химическими свойствами, но различаются по оптической активности. Э. Фишер показал, что в молекуле каждого из этих углеводов



Эмиль Герман Фишер (1852–1919)

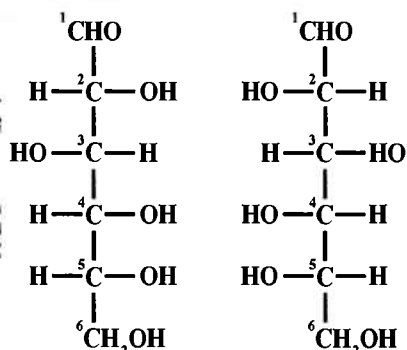
содержится четыре асимметрических атома углерода, и тогда, согласно модели Вант-Гоффа–Ле Беля, всего должно существовать шестнадцать оптически активных изомеров. Эти изомеры можно разбить на восемь пар, каждую такую пару образуют левовращающая и правовращающая форма. Фишер теоретически

установил расположение заместителей у трех асимметрических атомов С в молекулах ряда изомерных спиртов относительно заместителей при четвертом асимметрическом углероде. При этом их расположение было выбрано интуитивно, поскольку в то время еще не существовало прямых экспериментальных методов определения пространственного строения.

Спустя более чем пятьдесят лет все теоретические построения Э. Фишера были доказаны опытным путем. К началу XX в. рассеялись последние сомнения по поводу справедливости трехмерной модели Вант-Гоффа–Ле Беля.

С появлением трехмерной модели молекул учение о химическом строении веществ получило мощный импульс для дальнейшего развития. Стереохимия не только объяснила полученные ранее экспериментальные факты, но и указала путь для направленного синтеза органических веществ с заранее заданными свойствами.

Новые экспериментальные факты и их рациональные объяснения в рамках теории замещения и теории типов в начале второй половины XIX в. инициировали кристаллизацию нового учения о строении органических соединений.

*D-глюкоза**L-глюкоза*

*Структурные формулы  
правовращающего (D-)  
и левовращающего (L-)  
оптических изомеров глюкозы*

## 9.10. Краткие биографические данные ученых

**ВЕЛЕР Фридрих** (1800–1882), немецкий химик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1853). Специализировался по химии под руководством Л. Гмелина (Гейдельбергский университет) и Й. Я. Берцелиуса (Стокгольмский университет). С 1836 г. работал в Геттингенском университете. Впервые синтезировал из неорганических веществ органическое соединение (1824) и установил его тождество с мочевиной (1828). Исследования Велера поставили под сомнение правоту теории витализма. Президент Немецкого химического общества (1877).

**КОЛЬБЕ (Kolbe) Адольф Вильгельм Герман** (1818–1884), немецкий химик-органик. Окончил Геттингенский университет, где учился у Ф. Велера. В 1842–1845 гг. был ассистентом Р. В. Бунзена. Профессор Марбургского и Лейпцигского университетов. Разработал методы синтеза уксусной (1845), салициловой (1860, реакция Кольбе–Шмитта) и муравьиной (1861) кислот, электрохимического синтеза углеводов (1849, реакция Кольбе). Одновременно с Ф. А. Кекуле высказал предположение о четырехвалентности углерода. Являлся выдающимся экспериментатором. Выступал против теории химического строения А. М. Бутлерова и стереохимии Я. Х. Вант-Гоффа.

**БЕРТЛО (Berthelot) Пьер Эжен Марселен** (1827–1907), французский химик и государственный деятель, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1876). Труды по органической химии, химической кинетике, термо- и агрохимии, взрывчатым веществам, истории химии. Окончил Парижский университет. В 1849–1859 гг. работал в Париже под руководством Т. Ж. Пелуза и А. Ж. Балара. С 1889 г. секретарь Парижской АН. Один из основоположников синтетического направления в органической химии. Синтезировал органические соединения различных классов, чем нанес окончательное поражение представлениям о «жизненной силе». Изобрел калориметрическую бомбу (1881). Ввел понятия об экзо- и эндотермических реакциях. Высказал принцип «наибольшей работы» (принцип Бертло–Томсена). Детально исследовал историю алхимии и химии XVIII в. Министр просвещения (1886–1887), министр иностранных дел (1895–1896).

**КИРХГОФ Константин Готлиб Сигизмунд** (1764–1833), российский химик, академик Петербургской АН (1812–1818). По происхождению немец. Открыл превращение крахмала в сахар под действием разбавленных кислот (1812) и фермента амилазы (1814), положившее начало химии каталитических реакций. Заложил основы одного из первых промышленных каталитических процессов. Занимался анализом минералов и получением взрывчатых веществ.

**ЛОРАН (Laurent) Огюст** (1807–1853), французский химик-органик, чл.-кор. Парижской АН. Окончил Горную школу в Париже. В 1830–1831 гг. работал ассистентом у Ж. Б. Дюма. В 1838–1845 гг. профессор университета в Бордо. С 1848 г. химик Монетного двора в Париже. Открыл антрацен (совместно с Дюма) и антрахинон. Труды по строению органических соединений (теория замещения, теория ядер, 1836). На основе теории ядер создал один из вариантов классификации органических соединений. Занимался поляриметрическими исследованиями органических соединений. Четко различал понятия атома и молекулы (1846).

**ЖЕРАР (Gerhardt) Шарль Фредерик** (1816–1856), французский химик. Окончив протестантскую семинарию в возрасте 15 лет, поступил в Политехническое училище в Карлсруэ. В 1833 г. продолжил образование в Высшей коммерческой школе в Лейпциге. В 1835 г. Жерар перебрался в Гисен, где в течение года работал в университетской

лаборатории у Ю. Либиха. В 1839–1841 гг. слушал лекции по химии Ж. Б. Дюма в Сорбонне и одновременно работал в лаборатории М. Шевреля. Защитив диссертацию, в 1841 г. Жерар получил место профессора в университете Монпелье. В 1848 г. переехал в Париж, работал вместе с О. Лораном в его лаборатории при Монетном дворе. В 1851 г. Жерар основал частную учебную лабораторию – Школу практической химии. В 1855 г. получил кафедру химии в Страсбурге и лабораторию. Научная деятельность посвящена преимущественно развитию атомно-молекулярного учения. Разграничил понятия молекулы, эквивалента и атома (1842). Ввел новую систему химических эквивалентов и эквивалентных масс. К понятию гомологических рядов, уже введенному им ранее в «Очерках органической химии» (1844–1845), он добавил два других: изологический и гетерологический. В книге «Введение к изучению химии по унитарной системе» обосновал учение о молекуле органического соединения как единой целостной системе атомов – «унитарной системе». Настаивая на употреблении унитарных эмпирических формул соединений, Жерар распределил вещества по рядам в соответствии с химической аналогией. Предложил обобщенную теорию типов (1851), согласно которой все соединения можно рассматривать как производные водорода, хлористого водорода, воды и аммиака. Предсказал существование и затем открыл много новых органических соединений.

**БРАКОННО (Braconnot) Анри** (1780–1855), французский химик. Труды по химии природных соединений. Получил виноградный сахар (глюкозу) гидролизом целлюлозы (1819). Выделил из гидролизата белка аминокислоты глицин и лейцин (1820). Синтезировал тринитратцеллюлозу – один из первых полимерных материалов (1833).

**КЕКУЛЕ фон Страдонци (Kekule von Stradonitz) Фридрих Август** (1829–1896), немецкий химик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1887). Окончил Гисенский университет в 1852 г. Слушал в Париже лекции Ж. Б. Дюма, Ш. А. Вюрца, Ш. Ф. Жерара. Преподавал в Гейдельбергском (1856–1858), Гентском (1858–1865) и Боннском университетах. Один из создателей теории строения органических соединений. Большинство работ по синтезу органических соединений. Показал, что кислород и сера двухвалентны, а углерод четырехвалентен (1857) и его атомы могут соединяться друг с другом в цепи (1858). На основе теории типов сформулировал первоначальные положения учения о валентности. Предложил циклическую формулу бензола (1866). Внес огромный вклад в развитие учения о валентности, теорию строения органических молекул. Президент Немецкого химического общества (1878, 1886, 1891). Один из организаторов Первого Международного конгресса химиков в Карлсруэ (1860).

**ТЕНАР (Thenard) Луи Жак** (1777–1857), французский химик, иностранный почетный член Петербургской АН (1826). Окончил Политехническую школу в Париже (1798), где учился у Л. Н. Воклена. Преподавал в Коллеж де Франс, Парижском университете и Политехнической школе. Основные работы выполнены в области неорганической химии. Открыл бор (1808, совместно с Ж. Гей-Люссаком), пероксид водорода (1818). Установил каталитическое воздействие твердых веществ на разложения пероксида водорода (1818–1824).

**ЛИБИХ (Liebig) Юстус** (1803–1873), немецкий химик, основатель научной школы, один из создателей агрохимии, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1830). Учился в Боннском, Эрлангенском и Парижском (Сорбонна) университетах. С 1824 г. преподавал в Гисенском, а с 1852 г. – в Боннском университетах. В 1825 г. организовал в Гисене лабораторию для научных исследований, в которой работали многие выдающиеся ученые XIX в. Создал большую школу химиков. Вместе с Ф. Ве-

лером открыл изомерию (1823) и радикал бензоил (1832). В 1834 г. указал на существование радикала этила. Получил ряд органических соединений. Один из создателей теории радикалов. В 1839 г. выдвинул первую теорию катализа. Предложил делить пищевые продукты на жиры, углеводы и белки. Автор химической теории брожения и гниения, теории минерального питания растений. Один из основателей агрохимии.

**ДЮМА (Dumas) Жан Батист Андре** (1800–1884), французский химик и государственный деятель, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1845). Был фармацевтом в Женеве и одновременно учился в Женевском университете. Работал в Париже (Политехническая школа, Сорбонна, Центральная школа искусств и ремесел). Министр сельского хозяйства и коммерции (1849–1851). С 1868 г. секретарь Парижской АН. Основные работы в области органической химии. Предложил методы определения плотности паров различных веществ (1826), азота в органических соединениях (1830). Создал теорию типов (1840), согласно которой все вещества построены подобно немногим неорганическим соединениям (типам). Изучал действие хлора на органические соединения, сформулировал эмпирические правила замещения в органических соединениях водорода хлором. Впервые получил нитрилы, установив общий метод их синтеза (1847).

**ВЮРЦ (Wurtz) Шарль Адольф** (1817–1884), французский химик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1873). Окончил медицинский ф-т Страсбургского университета (1839). Изучал химию в лаборатории Ю. Либиха в Гисенском университете. С 1844 г. работал в Высшей медицинской школе в Париже. С 1875 г. профессор Парижского университета. Работы в области неорганической и органической химии. Разработал универсальный метод синтеза парафиновых углеводородов действием металлического натрия на алкилгалогениды (реакция Вюрца) (1855). Открыл альдольную конденсацию (1872, одновременно с А. П. Бородиным). Был прекрасным лектором, организатором и популяризатором науки. Президент Французского химического общества (1864, 1874, 1878).

**УИЛЬЯМСОН (Вильямсон) (Williamson) Александер Уильям** (1824–1904), английский химик-органик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1891). Труды по изучению реакций этерификации. Синтезировал смешанные эфиры (1851). Предложил в 1852 г. способ получения кетонов (так называемая кетонизация кислот).

**БЕЙЛЬШТЕЙН Федор Федорович** (1838–1906), российский химик-органик, академик Петербургской АН (1886). Труды по ароматическим соединениям. Под руководством Бейльштейна был издан многотомный справочник по органическим соединениям (1881–1906). С 1951 г. справочник, носящий имя Бейльштейна, издается в Германии.

**ФРАНКЛЕНД (Frankland) Эдуард** (1825–1899), английский химик-органик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1876). Учился в Музее практической геологии в Лондоне и Марбургском университете под руководством Р. В. Бунзена. В 1849 г. получил цинкалкилы, которые в дальнейшем широко использовались в органическом синтезе. Ввел термин «металлорганические соединения». Ввел понятие о «соединительной силе», явившейся предшественником термина «валентность» (1853). Президент Лондонского химического общества (1871–1873).

**КУПЕР Арчибальд Скотт** (1831–1892), шотландский химик. Учился в университетах Глазго и Эдинбурга. В 1856–1857 гг. работал у Ш. А. Вюрца в Высшей медицинской школе в Париже. Основные исследования посвящены теоретическим проблемам органической химии. Выдвинул свою теорию о конституции органических веществ,



которая явилась одной из ближайших предшественниц теории химического строения А. М. Бутлерова. В начале 60-х гг. оставил научную деятельность в связи с нервным заболеванием.

**ЛОШМИДТ (Loschmidt) Иоганн Йозеф** (1821–1895), австрийский физик и химик. С 1865 г. работал в Венском университете. Основные работы относятся к кинетической теории газов. В 1865 г. определил число молекул в  $1 \text{ см}^3$  идеального газа при нормальных условиях.  $N_L = 2,68 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$  (число Лошмидта). Занимался определением структурных формул органических соединений.

**ЛАДЕНБУРГ Альберт** (1842–1911), немецкий химик-органик. Учился у Р. В. Бунзена и немецкого физика Г. Р. Кирхгофа. Работал у Ш. А. Вюрца в Париже. Основные работы посвящены выяснению строения и синтезу алкалоидов, исследованию органических соединений кремния и олова, изучению строения ароматических углеводов. В 1885 г. получил пиридин. Установил эквивалентность углеродных и водородных атомов в бензоле и структуру его орто-, пара- и метапроизводных. Установил формулу озона.

**БУТЛЕРОВ Александр Михайлович** (1828–1886), российский химик-органик, академик Петербургской АН (1874). Родился в с. Чистополь Казанской губернии (ныне Татарстан). В 1844 г. поступил в Казанский университет, где обратил на себя внимание известных химиков Н. Н. Зинина и К. К. Клауса. По окончании университета (1849) был привлечен к преподаванию (за него ходатайствовали Клаус и Н. И. Лобачевский) и читал лекции по физике, химии и физической географии. В 1851 г. получил степень магистра, в 1854 г. защитил в Московском университете докторскую диссертацию («Об эфирных маслах»), после чего был избран экстраординарным, а в 1857 г. – ординарным профессором химии Казанского университета. Большое значение для формирования научных интересов имела его командировка в Европу (1857–1858), где Бутлеров ознакомился с лучшими химическими лабораториями и рядом химических предприятий. Он посещал лекции Э. Мичерлиха, Ю. Либиха, познакомился с А. Кекуле, около полугодя работал в лаборатории А. Вюрца в Париже. Собственные экспериментальные работы, знакомство с состоянием химии за рубежом, глубокий интерес к теоретическим основам химии привели Бутлерова к идеям, с которыми он выступил в 1861 г. на Съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Шпейере (доклад «О химическом строении вещества» – первое изложение Бутлеровым его знаменитой теории химического строения, которую он разрабатывал и развивал в течение всей своей научной деятельности). Был избран профессором химии Петербургского университета (1867–1868). В 1880–1883 гг. президент Русского физико-химического общества. В 1875 г., после 25-летней службы, Бутлерову полагалась отставка, но Совет Петербургского университета дважды отодвигал этот срок на 5 лет. Последнюю лекцию Бутлеров прочитал 14 марта 1885 г. Судьба Бутлерова как ученого сложилась удачно. Его работы при жизни получили полное признание и в России, и за рубежом, а без его научной школы (среди учеников – В. В. Марковников, А. М. Зайцев, А. Е. Фаворский, И. Л. Кондаков) невозможно представить развитие химии в России. Современники отмечали большое обаяние личности Бутлерова, его разностороннюю талантливость, широту взглядов и интересов, открытый, общительный характер, добродушие, деликатное и снисходительное отношение к ученикам.

**МАРКОВНИКОВ Владимир Васильевич** (1837–1904), российский химик, основатель научной школы. Развивая теорию химического строения А. М. Бутлерова, исследовал взаимное влияние атомов в органических соединениях и установил ряд закономерностей (в том числе правило, названное его именем, 1869). Открыл изоме-

рию жирных кислот (1865). С начала 80-х гг. исследовал кавказские нефти, открыл нафтенy. Содействовал развитию отечественной химической промышленности. Один из организаторов Русского химического общества (1868).

**ЗАЙЦЕВ Александр Михайлович** (1841–1910), российский химик-органик, член-корреспондент Петербургской АН (1885). Ученик А. М. Бутлерова. Разработал цинкорганические методы синтеза спиртов (1870–1875); установил названное его именем правило отщепления галогеноводорода от вторичных или третичных галогенидов, а также воды от спиртов (1875).

**МЕЙЕР (Meyer) Виктор** (1848–1897), немецкий химик-органик. Труды по алифатическим нитросоединениям (открыл в 1872 г. реакцию, носящую его имя), оксимами и др. Разработал метод определения молекулярных масс по плотности паров. Ввел в науку термин «стереохимия».

**ЛОРЕНЦ (Лорентц) (Lorentz) Хендрик Антон** (1853–1928), нидерландский физик, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1910) и иностранный почетный член АН СССР (1925). Труды по теоретической физике. Создал классическую электронную теорию, с помощью которой объяснил многие электрические и оптические явления, в том числе эффект Зеемана. Разработал электродинамику движущихся сред. Вывел преобразования, названные его именем. Близко подошел к созданию теории относительности. Нобелевская премия (1902, совместно с П. Зееманом).

**МАЛЮС (Malus) Этьенн Луи** (1775–1812), французский физик. Исследовал поляризацию света. Открыл закон, названный его именем.

**БИО (Biot) Жан Батист** (1774–1862), французский физик, иностранный почетный член Петербургской АН (1819). Основные труды по изучению поляризации света (закон, названный его именем), магнитного поля электрического тока (так называемый закон Био–Савара, 1820), акустики.

**ПАСТЕР (Pasteur) Луи** (1822–1895), французский ученый, основоположник современной микробиологии и иммунологии, иностранный член-корреспондент (1884) и почетный член (1893) Петербургской АН. Работы Пастера по оптической асимметрии молекул легли в основу стереохимии. Открыл природу брожения. Опроверг теорию самозарождения микроорганизмов. Изучил этиологию многих инфекционных заболеваний. Разработал метод профилактической вакцинации против куриной холеры (1879), сибирской язвы (1881), бешенства (1885). Ввел методы асептики и антисептики. В 1888 г. создал и возглавил научно-исследовательский институт микробиологии (Пастеровский институт).

**ВИСЛИЦЕНУС (Wislicenus) Йоханнес** (1835–1902), немецкий химик-органик. Учился в университетах Цюриха и Галле. Основополагающие труды в области изомерии. Показал идентичность молочных кислот, выделенных из кислого молока и мышечной ткани. В 1873 г. высказал предположение, что их молекулы являются пространственными изомерами. Отметил случаи геометрической изомерии на примере фумаровой и малеиновой кислот. Президент Немецкого химического общества (1889).

**ЛЕ БЕЛЬ (Le Bel) Жозеф Ашиль** (1847–1930), французский химик, один из основоположников стереохимии. Предложил теорию пространственного расположения атомов в молекулах (1874, одновременно с Я. Х. Вант-Гоффом).

**БАЙЕР (Baeyer) Адольф** (1835–1917), немецкий химик-органик, основатель крупной научной школы, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1892). Основополагающие труды по синтезу красителей и алициклических соединений, сте-

реохимии. В 1883 г. завершил работу по синтезу и установлению строения индиго. Ввел понятие о цис-транс-изомерии (1888). Нобелевская премия (1905).

**ФИШЕР Эмиль Герман** (1852–1919), немецкий химик-органик, создатель научной школы, основоположник химии природных соединений, иностранный член-корреспондент (1899) и иностранный почетный член (1913) Петербургской АН. Исследовал строение и синтезировал ряд производных пурина: кофеин, гуанин, аденин и др. Ввел номенклатуру, создал рациональную классификацию и осуществил синтез многих углеводов. Открыл специфичность действия ферментов. Основополагающие исследования по химии белков. Нобелевская премия (1902).

**ВАНТ-ГОФФ (van't Hoff) Якоб Хендрик** (1852–1911), нидерландский ученый, один из основателей стереохимии, физической химии, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1895). Сформулировал теорию пространственного расположения атомов в молекулах (1874). Открыл законы химической кинетики и осмотического давления в растворах. Заложил основы количественной теории разбавленных растворов (1886–1889). Нобелевская премия (1901).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение I

#### Тит Лукреций Кар «О ПРИРОДЕ ВЕЩЕЙ»\*

(Фрагмент)  
*Книга вторая*

(...)

Множество маленьких тел в пустоте ты увидишь, мелькая,  
Мечутся взад и вперед в лучистом сиянии света;  
Будто бы в вечной борьбе, они бьются в сраженьях и битвах,  
В схватки бросаются вдруг по отрядам, не зная покоя,  
Или сходясь, или врозь беспрерывно опять разлетаясь.  
Можешь из этого ты уяснить себе, как неустанно  
Первоначала вещей в пустоте необъятной мятутся.  
Так о великих вещах помогают составить понятие  
Малые вещи, пути намечая для их постиженья.  
Кроме того, потому обратить тебе надо вниманье  
На суматоху в телах, мелькающих в солнечном свете,  
Что из нее познаешь ты материи также движенье,  
Происходящее в ней потаенно и скрыто от взора.  
Ибо увидишь ты там, как много пылинок меняют  
Путь свой от скрытых толчков и опять отлетают обратно,  
Всюду туда и сюда разбегаясь во всех направлениях.  
Знай же: идет от начал всеобщее это блужданье,  
Первоначала вещей сначала движутся сами,  
Следом за ними тела из малейшего их сочетанья,  
Близкие, как бы сказать, по силам к началам первичным,  
Скрыто от них получая толчки, начинают стремиться,  
Сами к движенью затем понуждая тела покрупнее.  
Так, исходя от начал, движение мало-помалу  
Наших касается чувств, и становится видимым также  
Нам и в пылинках оно, что движутся в солнечном свете,  
Хоть незаметны толчки, от которых оно происходит.

(...)

\* Русский текст воспроизведен по книге: *Лукреций. О природе вещей*: В 2 т. / Пер. Ф. А. Петровского. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – Т. 1.

## Гермес Трижды Величайший ИЗУМРУДНАЯ СКРИЖАЛЬ\*

Не ложь говорю, а истину изрекаю.

То, что внизу, подобно тому, что вверху, а то, что вверху, подобно тому, что внизу. И все это только для того, чтобы свершить чудо одного-единственного.

Точно так же, как все сущие вещи возникли из мысли этого одного-единственного, так стали эти вещи вещами действительными и действенными лишь путем упрощения применительно случаю того же самого одного-единственного, единого.

Солнце – его отец. Луна – мать его. Ветер вынашивает его во чреве своем. Земля вскармливает его.

Единое, и только оно, – первопричина всяческого совершенства – повсеместно, всегда.

Мощь его есть наимогущественнейшая мощь – и даже более того! – и явлена в безграничии своем на земле.

Отдели же землю от огня, тонкое от грубого с величайшей осторожностью, с трепетным тщанием.

Тонкий, легчайший огонь, возлетев к небесам, тотчас же низойдет на землю. Так свершится единение всех вещей – горних и дольних. И вот уже вселенская слава в дланях твоих. И вот уже – разве не видишь?! – мрак бежит прочь. Прочь!

Это и есть та сила сил – и даже еще сильнее! – потому что самое тончайшее, самое легчайшее уловляется ею, а самое тяжелое ею пронзено, ею проникновенно.

Так, так все сотворено. Так!

Бессчетны и удивительны применения, которые воспоследуют, столь прекрасного сотворенного мира, всех вещей этого мира.

Вот почему Гермес Трижды Величайший – имя мое. Три сферы философии подвластны мне. Три!

Но... умолкаю, возвестив все, что хотел, про деяние Солнца. Умолкаю.

---

\* Русский текст воспроизведен по книге: Рабинович В. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры. – М.: Наука, 1979. – С. 369.

**Hermes Trismegistus**  
**TABULA SMARAGDINA\***

Verum est sine mendacio, cerium et verissimum:

Quod est inferius est sicut id quod est superius. Et quod est superius est sicut id quod est inferius, ad perpetranda miracula rei unius.

Et sicut res omnes fuerunt ab uno, meditatione unius: sic omnes res natae fuerunt ab hac una re, adoptione.

Pater ejus est Sol, mater ejus est Luna. Portavit illud ventus in ventre suo. Nutrix ejus terra est.

Pater omnis telesmi totius mundi est hic.

Virtus ejus integra est, si versa fuerit in terram.

Separabis terram ab igne, subtile a spisso, suaviter, magno cum ingenio.

Ascendit a terra in coelum, iterumque descendit in terram, et recipit vim superiorum et inferiorum. Sic habebis gloriam totius mundi. Ideo fugiet a te omnis obscuritas.

Haec est totius fortitudinis fortitudo fortis, quia vicet omnem rem subtilem, omnemque solidam penetrabit.

Sic mundes creatus est.

Hinc erunt adaptationes mirabiles, quarum modus est hic.

Itaque vocatus sum Hermes Trismegistus, habens tres partes philosophiae totius mundi.

Completum est, quod dixi de operatione Solis.

---

\* Латинский текст воспроизведен по книге Германа Мартина Коппа (*Kopp H. Geschichte der Chemie: in 2 t. – Braunschweig, 1844. – T. 1. – S. 147–148*).

**РЕЦЕПТ ПОЛУЧЕНИЯ ФИЛОСОФСКОГО КАМНЯ,  
по преданию, принадлежащий испанскому алхимику  
и мыслителю Раймонду Луллию.**

Повторен английским алхимиком XV в. Джорджем Рипли  
в «Книге двенадцати врат»\*

«Чтобы приготовить эликсир мудрецов, или философский камень, возьми, сын мой, философской ртути и накаливай, пока она не превратится в зеленого льва. После этого прокаливай сильнее, и она превратится в красного льва. Дигерируй этого красного льва на песчаной бане с кислым виноградным спиртом, выпари жидкость, и ртуть превратится в камедообразное вещество, которое можно резать ножом. Положи его в обмазанную глиной реторту и не спеша дистиллируй. Собери отдельно жидкости различной природы, которые появятся при этом. Ты получишь безвкусную флегму, спирт и красные капли. Киммерийские тени покроют реторту темным своим покрывалом, и ты найдешь внутри нее истинного дракона, потому что он пожирает свой хвост. Возьми этого черного дракона, разотри на камне и прикоснись к нему раскаленным углем. Он загорится и, приняв вскоре великолепный лимонный цвет, вновь воспроизведет зеленого льва. Сделай так, чтобы он пожрал свой хвост, и снова дистиллируй продукт. Наконец, мой сын, тщательно ректифицируй, и ты увидишь появление горячей воды и человеческой крови».

\* Русский текст воспроизведен по книге: Рабинович В. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры. – М.: Наука, 1979. – С. 16.

**Albertus Magnus**  
**Libellus de Alchimia**  
**Альберт Великий (Магнус)**  
**МАЛЫЙ АЛХИМИЧЕСКИЙ СВОД\***

Оглавление

Предуведомление

1. О многоразличных ошибках
2. Как появились металлы
3. Доказательство того, что алхимическое искусство – истинное искусство
4. Разновидности печей, потребных в алхимии
5. О количестве и качестве печей
6. Какие существуют разновидности печей для возгонки и какая от них польза
7. Как складывают печи для перегонки
8. О печах обливных
9. Как облицовывают глиняные сосуды
10. Четыре тинкториальные начала
11. О том, что есть эликсир, а также о том, сколько металлов может быть трансмутировано посредством этих четырех начал
12. О разновидностях веществ и об их именах
13. Что есть ртуть и каково ее происхождение
14. Что такое сера, каковы ее свойства и где ее можно отыскать
15. Что такое аурипигмент и какое у него происхождение
16. Что такое мышьяк
17. Двойственная природа нашатыря
18. Для чего универсальная соль и как ее приготовить
19. Соляная вода, или вода, в коей растворена любая, какая тебе только придет на ум, соль
20. Какая польза от щелочной соли и как ее приготовить
21. Как выбелить и как растворить в воде квасцы
22. Как же можно окрасить в красный цвет атраментум, а также растворить его в воде
23. Как приготовить винный камень, да так, чтобы масло, извлеченное из него, могло растворять окарины
24. Как готовят зеленую медь, как ее окрашивают в красный цвет и чем она полезна для алхимического искусства
25. Как и из чего делают киноварь
26. Как и из чего можно приготовить лазурит

\* Русский текст воспроизведен по книге: Рабинович В. Л. Алхимия как феномен средневековой культуры. – М.: Наука, 1979. – С. 198–200.



27. Как и из чего делают белый свинец
28. Как из белого свинца приготовить свинцовый сурик
29. Как изготовить свинцовый сурик из свинцовой окалины
30. Что такое возгонка и сколько существует способов возгонки
31. Что такое обжиг и сколько может быть способов обжига
32. Что такое сгущение и почему к этой операции прибегают
33. Что такое закрепление и сколько существует способов закреплять тела
34. Что такое растворение и сколько существует способов растворять вещества
35. Что такое перегонка и как ее осуществляют
36. Что такое умягчение и как это делается
37. Как приготовить белоснежную ртуть
38. Как растворяют, выбеливают и закрепляют серу
39. Как выбеливают аурипигмент
40. Как выбеливают мышьяк
41. Как приготовить нашатырь
42. Об огнетворных веществах
43. Дополнительная глава, продолжающая рассказывать о закреплении летучих (духовных) начал
44. Здесь начинается алхимический апокалипсис и научение тайнам сего искусства
45. Здесь я научу тебя, как закреплять порошки, дабы их можно было бы смешивать с разными веществами
46. Как следует растворять в воде субстанциональные духовные принципы *(может быть, воздухоподобные начала? – примечание переводчика)*
47. Как субстанциональные духовные принципы можно обратить в жидкость красного цвета
48. Как перегнать воду. Два способа
49. О перегонке масла
50. О сгущении всех растворов
51. Как может быть прокалено золото и серебро
52. Про реторту
53. Как должно обжигать прочие металлы
54. Как обжечь медные пластинки
55. Как же укрупнить и отвердить окалины различных тел. Про это ты можешь узнать также и у Гебера, в его алхимическом своде
56. Здесь начинается наипервейшая из операций
57. Как же все-таки получить золото и серебро, если поступать в согласии со всем тем, что и я предписал тебе в этой книге

Роберт Бойль  
ТРАКТАТ ПО ФИЛОСОФИИ НАУКИ\* (1657 г.)

(Фрагмент)

Все, что необходимо для *хорошей* гипотезы, суть:

1. Чтобы она была понятной (intelligible).
2. Чтобы она не принимала и не предполагала ничего невозможного, непонятного, абсурдного или явно ложного.
3. Чтобы она была согласована сама с собой.
4. Чтобы она была пригодной и достаточной для объяснения явлений, особенно главных.

5. Чтобы она была, по крайней мере, согласована с остальными явлениями, особенно с теми, к которым она относится, и не противоречила бы любым другим явлениям природы или очевидным физическим истинам.

Условиями и свойствами (qualities) *превосходной* гипотезы являются следующие:

1. Чтобы она не была необоснованной (prescious), но имела бы достаточные основания в природе самой вещи или, по крайней мере, была хорошо представлена некоторыми вспомогательными доказательствами.

2. Чтобы она была *простейшей* из всех хороших гипотез, которые мы в состоянии построить и, по меньшей мере, не содержала бы в себе ничего лишнего или неуместного.

3. Чтобы она была единственной гипотезой, которая может объяснить данные явления, или, по крайней мере, чтобы она объясняла их так же хорошо.

4. Чтобы она давала возможность искусному натуралисту предсказывать будущие явления по тому, согласуются они с нею или не согласуются, и особенно исход таких экспериментов, которые специально предназначены для рассмотрения этой гипотезы, а также [предсказывать] вещи, которые должны или не должны быть ее следствием.

\* Опубликовано в кн.: Boas Hall M. Robert Boyle on Natural Philosophy. An Essay with Selections from his Writings. – Bloomington: Indiana University Press, 1965. – P. 134–135. (Пер. с англ. И. С. Дмитриева). Русский текст воспроизведен по книге: Становление химии как науки. Всеобщая история химии / Под ред. Ю. И. Соловьева. – М.: Наука, 1983. – С. 419–420.

**Роберт Бойль**  
**ТРАКТАТ «ПРОИСХОЖДЕНИЕ ФОРМ И КАЧЕСТВ**  
**СОГЛАСНО КОРПУСКУЛЯРНОЙ ФИЛОСОФИИ» \* (1666 г.)**  
 (Фрагмент)

(...) 1. В мире имеется великое множество частиц материи, каждая из которых слишком мала, чтобы, взятая отдельно, быть доступной для ощущения. Будучи целой и неделимой, такая частица непременно должна иметь определенную форму и быть очень твердой. Так что хотя она и может быть разделена мысленно или божественным всемогуществом, однако в действительности, она столь незначительна и тверда, что природа едва ли способна когда-либо разделить ее, и в этом смысле подобные частицы могут быть названы *minima* или *prima naturalia*.

2. Имеется также множество корпускул, которые составлены путем объединения нескольких *minima naturalia*. Объем (*bulk*) этих корпускул столь мал, а сцепление (*adhesion*) в них столь плотно и столь прочно, что каждое из этих небольших первичных образований и скоплений-частиц (*primitive coneretions or clusters*), если так можно выразиться, по отдельности не доступно для органов чувств. Хотя по своей природе эти образования не являются абсолютно неделимыми на составляющие их *prima naturalia* или на другие малые фрагменты, однако в силу названных причин они крайне редко разлагаются или разламываются и, как правило, они остаются целыми в подавляющем большинстве чувственно-воспринимаемых тел, принимая различные формы, или личины (*disguises*). Как мы уже видели... даже наиболее массивные и сложные корпускулы часто наделены такой постоянной структурой. (К примеру, ртуть из плавкого и тягучего тела может быть превращена в красный порошок или же в летучий дым или же принять многие другие формы, но при этом она всегда будет оставаться истинной и способной к восстановлению ртутью). Они (особо прочные корпускулы – *примечание переводчика*) являются как бы семенами или непосредственными началами многих видов природных тел, таких, как земля, вода, соль и т.д., и, будучи неощутимыми в отдельности, в соединении с другими становятся способными воздействовать на наши органы чувств.

3. Каждая *minima naturalia*, как и каждый кластер, имеет определенный объем и форму. Когда кластеры присоединяются друг к другу, то получающаяся вследствие их определенного расположения и когезии корпускула всегда будет иметь иные размеры, а часто и иную форму, чем исходные частицы. Кроме того, скорость одной из них или обеих соединяющихся частиц может изменяться по направлению, величине или как-то иначе. Аналогичная картина наблюдается и

\* Boyle R. The Works: in V Vol. / Ed. by T. Birch. – London: A. Millar, 1744. – Vol. II. – P. 470–471. (Пер. с англ. И. С. Дмитриева.) Русский текст воспроизведен по книге: Становление химии как науки. Всеобщая история химии. – С. 420–421.

при разъединении составляющих кластер корпускул, а также при разламывании малых масс. Во всех случаях меняются размеры частиц, а зачастую и их форма, которая становится конгруэнтной форме пор одних тел (а возможно, и некоторых органов чувств) и не конгруэнтной форме пор других тел. Поэтому в разных ситуациях одна и та же корпускула будет вести себя по-разному.

4. Если при образовании видимого тела из множества невидимых корпускул последние (полностью или частично) приходят в движение, то это движение, независимо от его источника, само по себе может привести к большим изменениям и к появлению у тела новых свойств... Движение способно сделать многое, даже когда оно не вызывает каких-либо видимых изменений в теле. Но часто оно производит заметные изменения в структуре тела, ибо движущиеся части всегда стремятся передать, хотя бы в некоторой степени, свое движение тем частям, которые до того или пребывали в покое, или двигались иным образом. Тем самым движущиеся частицы иногда разрушаются теми корпускулами, с которыми они соударяются, изменяя таким образом свой объем или форму или же и то и другое... Отсюда следует, во-первых, что структура тела, хотя бы на некоторое время, окажется сильно трансформированной (если, конечно, она не будет очень стабильной и абсолютно неизменной), а во-вторых, – это особенно важно – поры тел или малые интервалы между частицами будут менять свою величину или форму или и то, и другое, в результате чего нарушается их соразмерность корпускулам, которые ранее подходили им по своей величине и форме. Вместе с тем поры становятся соразмерными тем корпускулам, которым первоначально они не были конгруэнтны.

**Г. Э. Шталь**  
**ИЗ КНИГИ «СЛУЧАЙНЫЕ МЫСЛИ**  
**И ПОЛЕЗНЫЕ РАЗМЫШЛЕНИЯ ПО ПОВОДУ СПОРА**  
**О ТАК НАЗЫВАЕМОЙ СЕРЕ»\***

(Фрагменты)

**Свойства Флогистона<sup>1</sup>**

(...) Первое, что необходимо рассмотреть в связи с этим (серным – *прим. переводчика*) началом, это:

1. Его свойства по отношению к огню.
2. Его способность давать окраску.
3. Его тесное соединение с другими тонкими субстанциями.
4. Его поведение по отношению к воде и влаге.
5. Его удивительную способность к дроблению и разрежению.
6. Его природу как в твердом, так и в жидком состоянии.
7. Где оно встречается.

Есть основание утверждать, что по отношению к огню это серное начало является не только присущим движению огня, но, по-видимому, только его движению и свойственно. Более того, рассуждая здраво, надо признать, что само это начало – вещественный (материальный) огонь<sup>2</sup>, истинная материя огня, подлинное начало его движения во всех горючих соединениях; однако само по себе, вне соединения, оно никакого огня не образует, а рассеивается и улетучивается в виде неделимых частиц или же, в крайнем случае, просто дает тепло, которое представляет собой сильно разреженный огонь.

С другой стороны, важно отметить, что эта огненная материя сама по себе, т.е. без содействия воздуха и воды, не является ни разреженной, ни летучей, но, однажды став таковой при соприкосновении со свободным воздухом или при движении огня, она делается столь тонкой и разреженной, что оказывается не доступной восприятию всех (органов) чувств, так что ее уже невозможно ни распознать, ни приблизить или собрать, особенно если это нужно сделать быстро и в большом количестве.

(...) По всей совокупности изложенного я рассудил, что для этой материи нет иного, более подходящего, названия, чем горючая материя, или *начало* горючести. В самом деле, поскольку доньше ее смогли найти и распознать не иначе, как только в соединениях, и потому ее невозможно ни определить, ни назвать по каким-либо свойствам, только ей и присущим, мне кажется, что нет ничего разумнее, чем наименовать эту материю по тем общим действиям, которые она производит в соединениях; вот почему я даю ей греческое название *флогистон*, или горючее<sup>3</sup>.

\* *Stahl G. E. Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den Streit von sogenannten Sulphure. – Leipzig, 1716.* Русский текст воспроизведен по книге: Становление химии как науки. Всеобщая история химии. – С. 424–428.

1. Несмотря на это свойство, необходимо отметить одно важное явление, а именно: пока это (горючее) вещество находится в связанном состоянии, способном воздействовать на (наши) органы чувств, оно не может быть совершенно разрушено огнем и не может быть рассеяно, напротив, оно будет сопротивляться самым сильным воздействиям огня и не претерпит при этом никаких изменений, пока свободный воздух не увлечет его с собой.

2. Что касается цвета, то, по крайней мере *a posteriori*, можно доказать, что это серное начало в той или иной степени служит причиной и порождает цвета всех веществ, в состав которых оно входит и к которым присоединяется заметным образом.

3. Относительно способности этого начала тесно соединяться с другими субстанциями я приведу примеры, которые показывают, в каком топком и раздробленном состоянии оно пребывает, к примеру, в обыкновенной сере и до какой степени это начало может рассеиваться, как можно об этом судить по некоторым окрашенным растительным субстанциям (таким, как шафран), что заслуживает быть отмеченным.

4. Что касается запаха, то существование бесконечного множества растительных пахучих субстанций дает возможность предположить, что они обязаны своим запахом также этому началу горючести. К тому же, при горении дым и запах разносятся далеко и ощущаются обонянием и вкусом, что говорит о тонкости разделения этого начала.

5. Справедливо и то, что это начало совершенно не обладает способностью к соединению с водой; между тем, в растениях оно прочно соединено с водной частью посредством очень непрочной солеобразной субстанции, чему особенно способствует длительность времени роста растений и их полного созревания. Подтверждение тому мы усматриваем в наиболее летучих и тончайших растительных маслах и горючих спиртах, которые всегда образуются при длительной ферментации. С другой стороны, эта проблема до сего времени не решена совершенно, поскольку не удалось собрать и соединить искусственно это вещество с водной частью, хотя очень легко удалось выделить его из растительных масел<sup>4</sup>.

6. Многочисленные примеры убедительно доказывают, что хотя очень трудно соединить это начало с водой и хотя оно очень легко выделяется из этого соединения, тем не менее оно очень охотно и тесно соединяется разными путями с твердыми веществами, из чего видно, что серное начало склонно переходить в твердое и сгущенное состояние. Таким образом, Бехер был прав, говоря, что это – сухое и землистое по своей природе вещество, способное к образованию твердых соединений.

7. Наконец, необходимо рассмотреть вопрос, где находится это начало. Как видно из предыдущего, все сложные тела содержат ту или иную ощутимую долю этой субстанции, причем во всех так называемых трех царствах Природы, т.е. в растениях, животных и минералах. Тела двух первых царств содержат это начало в большом изобилии, так что все части их пронизаны им и тесно соединены с ним, за

исключением водной части, которая сама по себе от него тоже не свободна, поскольку заключена в этом теле; но в жирных частях этих двух царств начало горючести преобладает.

8. Среди царства минералов только в воде, обычной соли, чистой купоросной соли<sup>5</sup>, песке или в камнях этого начала либо мало, либо совсем нет. С другой стороны, каменный уголь и битум наделены им в изобилии; что же касается серы, то она наполнена этим началом не по весу, но по числу его бесконечно тонких частиц. И не меньше его находится в несовершенных и горючих металлах, а также в тех веществах, которые называют незрелыми металлическими субстанциями<sup>6</sup>.

### Восстановление металлов из окалин

У какого химика найдем мы, что одно и то же начало горючести может переходить из царства животных и царства растений непосредственно и без изменений в царство минералов и в металлы, вызывая там всегда один и тот же эффект, а именно горючесть, что пытаются объяснить, ссылаясь на аналогию, слово, которым пользуются для прикрытия своего невежества?

(...) Остается лишь зайти к оловянщику<sup>7</sup>, когда он плавит олово на сильном огне (пылающих) углей, нагревает расплавленный металл до того, что он воспламеняет клочок бумаги<sup>8</sup>. Вскоре на поверхности олова образуется пленка, и как только ее снимут, незамедлительно образуется новая, которая по мере продолжения этого процесса станет более похожей на пыль или золу. Если поместить большое или малое количество этой золы в тигель и подвергнуть его сильному нагреву, но так, чтобы ни один уголек не попал в него, зола не испытает никаких изменений; если же туда добавить стекла как флюс, пленка останется все в том же состоянии золы. С другой стороны, если эта зола еще остается на поверхности расплавленного олова, если добавить туда растительного масла, вара или растительной смолы либо сала или же другого животного жира, перемешать все это палочкой, то эта зола вновь расплавится<sup>9</sup> и присоединится к остаткам олова, но таким образом, что на нем уже не будет даже малейшей пленки.

Если же взять чистый свинец, расплавить в плоском сосуде, помешивая или снимая образующуюся пленку, то мало-помалу он полностью превратится в известь или золу. Если поместить эту золу в плоскую и открытую плошку, то она будет испускать легкий нар, но мало-помалу весь свинец преобразуется в тонкий шлак или вид стекла. Если же эту золу долго нагревать на пламени дровяной печи, она сначала побелеет, затем пожелтеет и, наконец, покраснеет, станет тем, что называют суриком<sup>10</sup>. Если взять примерно с горошину этой свинцовой извести, поместить ее в углубление в куске угля и с помощью паяльной трубки и лампы эмалировщиков<sup>11</sup> направить (на известь) пламя, известь расплавится и превратится в стекло; теперь достаточно следить за тем моментом, когда капля этого стекла коснется края угля, тогда послышится легкое шипение, и в этот момент оно снова превратится в свинец<sup>12</sup>.

### Круговорот флогистона

Создается впечатление, что это начало переходит в растения из воздуха, как это позволяют предполагать некоторые наблюдения. В самом деле, всем известно, что масличные и смолистые растения лучше всего произрастают на засушливых и песчаных почвах; для них непригодна влажная и жирная земля, им необходимо легкое и губчатое удобрение, образовавшееся из гнилого дерева, которое только разрыхляет песок и делает его пористым. Различные породы сосен и елей, которые насыщены смолой, растут только на чистом песке или рыхлом песчанике, в котором их корни делают щели, что не удастся в жирной и влажной земле. Эти деревья протягивают свои корни у самой поверхности земли, и у самых больших деревьев их очень мало; это совершенно не мешает их корням наполняться смолой, равно как их листьям<sup>13</sup> и шишкам. Никто не может себе представить, что эта субстанция приходит только из сухого песка, кажется более вероятным, что она переходит из этих растений в атмосферу, которая наполняется ею с помощью ферментации; последняя действует на листья, которые от этого падают и, сгнивая осенью и весной, несут в воздух, помимо масел, дров и горелого угля, значительное количество освобожденного горючего начала в его чистом, первозданном состоянии. Итак, это начало проникает в виде паров или переносится в растения с помощью непрочной солевой части, которая, как известно, лишена воздуха; к тому же, никто не знает, не содействует ли роса ускорению роста растений<sup>14</sup>.

### Комментарии

<sup>1</sup> Учение Шталь о флогистоне рассеяно в его многочисленных сочинениях. По мнению французского историка химии Ф. Гёфера, Шталь лучше всего изложил это учение в работе «Случайные мысли и полезные размышления по поводу спора о так называемой сере», которую он назвал «чрезвычайно редким небольшим сочинением» (*Hoefler F. Histoire de la chimie. — Paris, 1869. — Т. 2. — Р. 397*). Мы приводим три фрагмента из этого труда.

<sup>2</sup> Здесь, как и во многих других высказываниях, Шталь считает флогистон вещественным, материальным началом.

<sup>3</sup> Флогистон — средний род от греческого прилагательного *флогистос* — горючий, воспламеняемый.

<sup>4</sup> Подразумевается легкость воспламенения растительных масел, причем, по учению Шталь, флогистон выделяется в виде пламени.

<sup>5</sup> Чистая купоросная соль — какой-то природный сульфат.

<sup>6</sup> По представлениям алхимиков, металлы зарождаются и зреют в земных недрах. Золото и серебро считались металлами зрелыми, достигшими совершенства. Прочие металлы (ртуть, медь, железо, олово, свинец) считались металлами несовершенными, не достигшими зрелости.

<sup>7</sup> «Оловяничник, оловянщик, отливающий, работающий оловянную посуду» (*Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка: в 4 т. — М.: Русский язык, 1979. — Т. 2. — С. 671*).



<sup>8</sup> Олово плавится при 232° С; чтобы сообщить расплавленному металлу жидкотекучесть, необходимую для хорошего заполнения литейной формы, его надо перегреть значительно выше точки плавления.

<sup>9</sup> Так в авторском тексте. Но расплавится, конечно, не окись олова (II) SnO, а восстановленное из него олово.

<sup>10</sup> Речь идет о превращении свинцового глета в сурик по реакции  $6\text{PbO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Pb}_3\text{O}_4$ .

<sup>11</sup> Лампа эмалировщиков – масляная лампа, которой пользовались для плавки эмалей и стеклодувных работ.

<sup>12</sup> Шталь не поясняет, что, по его мнению, восстановление олова и свинца из оловянной золы и свинцового глета происходит за счет присоединения флогистона, содержащегося в угле и других горючих материалах. Вероятно, он считал это очевидным.

<sup>13</sup> Так в авторском тексте. Речь идет о хвое.

<sup>14</sup> В другом месте Шталь пишет, что флогистон переходит из растений в животных и вместе с ними обоими попадает в подземный мир (*Stahl G. E. Experimenta... – P. 25*).

**А. Л. Лавуазье  
О ГОРЕНИИ ВООБЩЕ\***

Если в физических науках опасно стремление подбирать факты под определенную систему, то не менее опасным является беспорядочное нагромождение опытных данных, которое способно лишь затемнить науку, вместо того чтобы внести в нее ясность, и сделать доступ желающим приобщиться к ней крайне затруднительным. В конце концов в награду за долгую и утомительную работу можно получить лишь полный беспорядок и путаницу. Факты, наблюдения и опыты являются материалами для построения большого здания, но, собирая их, надо избегать загромождения науки; наоборот, следует стремиться их классифицировать и отмечать то, что относится к каждому отделу и к каждой части того целого, к которому они принадлежат.

С этой точки зрения системы в физике являются только орудиями, которые должны помочь слабости наших чувств. Это, собственно говоря, приближенные методы, направляющие нас на путь решения задачи; это гипотезы, которые, будучи последовательно изменяемы и исправляемы по мере того, как их опровергает опыт, должны, несомненно, путем исключения и отбора привести нас к познанию истинных законов природы.

Ободренный этими соображениями, я позволяю себе предложить Академии новую теорию горения или, говоря со сдержанностью, которую я поставил себе законом, скорее гипотезу, при помощи которой весьма удовлетворительным образом объясняются все явления горения, обжигания и отчасти даже явления, сопровождающие дыхание животных. Первые основания этой гипотезы я уже набросал на страницах 279 и 280 первого тома моих «Физических и химических сочинений»<sup>1</sup>, но сознаюсь, что, мало доверяя своим собственным познаниям, я не осмелился тогда выставить мнение, которое могло показаться странным и которое было прямо противоположно учению Штала и некоторых следовавших ему знаменитых людей.

Быть может, некоторые из соображений, удержавших меня тогда, остались в силе и сегодня; однако факты, умножившиеся с того времени и, как мне кажется, благоприятствующие моим взглядам, укрепили меня в моем мнении; не сделавшись, быть может, более сильным, я стал более уверенным, и думаю, что имею достаточно доказательств или, по крайней мере, вероятностей, чтобы даже несогласные с моими взглядами не смогли порицать меня за их опубликование.

---

\* *Lavoisier A. L. Memoires sur la combustion en general // Memoires de l'Academi des Sciences. – Paris, 1777. – P. 592; Oeuvres de Lavoisier. – Paris, 1862. – Т. 2. – P. 222–233. Впервые на русском языке опубликовано в журнале «Успехи химии» (1943. – Т. 12, вып. 5. – С. 368–373). (Пер. с фр. Т. В. Волковой, редакция и комментарий С. А. Погодина). Русский текст воспроизведен по книге: Становление химии как науки. – С. 430–435.*

При горении тел постоянно наблюдаются четыре явления, что, по-видимому, должно считать законом, от которого природа никогда не уклоняется. Хотя эти явления и изложены неявно в других моих мемуарах, я не могу обойтись здесь без того, чтобы не напомнить их в немногих словах.

*Первое явление.* При всяком горении происходит выделение огненной материи или света.

*Второе явление.* Тела могут гореть только в очень немногих видах воздуха<sup>2</sup>, или, вернее, горение может происходить лишь в одном виде воздуха, который Пристли назвал бесфлогистонным и который я буду называть «чистым воздухом»<sup>3</sup>. Тела, которые мы называем горючими, не только не горят в пустоте или в каком-либо другом воздухе, но там они гаснут так быстро, как если бы их погружали в воду или в любую другую жидкость.

*Третье явление.* При всяком горении происходит разрушение или разложение чистого воздуха и вес сгоревшего тела увеличивается точно на количество поглощенного воздуха.

*Четвертое явление.* При всяком горении тело превращается в кислоту в результате прибавления того вещества, которое увеличило его вес; так, например, если под колоколом сжигать серу, то продуктом горения будет серная кислота<sup>4</sup>, если сжигать фосфор, то получается фосфорная кислота; если сжигать какое-либо углистое вещество, то продуктом сгорания является связываемый воздух, называемый иначе меловой кислотой\*.

Обжигание металлов подчинено точно тем же законам, и Макер совершенно правильно рассматривает его как медленное горение. Итак, 1) при всяком обжигании металла выделяется огненная материя, 2) истинное обжигание металла может происходить лишь в чистом воздухе, 3) происходит соединение воздуха с обжигаемым телом, но с тем отличием, что вместо кислоты при этом образуется особое соединение, известное под названием металлической извести.

Здесь не место доказывать, что существует аналогия между дыханием животных, горением и обжиганием; я вернусь к этому вопросу ниже.

Эти различные явления обжигания металлов и горения очень удачно объясняются гипотезой Штала, но вместе с ним приходится предположить, что в металлах, сере и во всех телах, которые он считает горючими, имеется огненная материя, или связанный флогистон.

Но если от последователей учения Штала потребовать доказать существование огненной материи в горючих телах, то они неминуемо впадают в порочный круг и вынуждены утверждать, что горючие тела содержат огненную материю, потому, что они горят, а горят они потому, что содержат огненную материю. Итак, в конечном итоге легко видеть, что горение объясняется горением же.

---

\* Замечу здесь, между прочим, что число кислот вообще неизмеримо больше, чем предполагают<sup>5</sup>.

Существование огненной материи и флогистона в металлах, сере и т.п. есть, в сущности, лишь гипотеза, предположение, которое, будучи принято, правда, объясняет некоторые явления обжигания и горения.

Но если я покажу, что те же явления могут быть объяснены столь же естественным образом при помощи противоположной гипотезы, т.е. без предположения существования огненной материи и флогистона в веществах, называемых горючими, то и система Штала окажется поколебленной в своей основе.

Меня, несомненно, спросят, прежде всего, что я подразумеваю под огненной материей. Отвечу вместе с Франклином, Бургаве и некоторыми древними философами, что огненная материя, или свет, является очень тонкой, очень упругой невесомой жидкостью (флюидом), которая со всех сторон окружает нашу планету, более или менее легко проникает во все тела, ее составляющие, и стремится, когда она свободна, во всех них прийти в равновесие<sup>6</sup>.

Добавлю еще, говоря химическим языком, что этот флюид является растворителем большого числа тел; что он соединяется с ними, подобно тому, как вода соединяется с солями и кислоты с металлами, и что тела, соединенные с огненным флюидом и растворенные им, теряют некоторые свои свойства, которые они имели до соединения с ним, и приобретают новые, приближающие их к огненной материи.

Как я уже указал в своем мемуаре, переданном в секретариат Академии\*, всякая воздухообразная жидкость<sup>7</sup>, всякий вид воздуха является следствием соединения какого-либо твердого или жидкого тела с материей огня или света и этому соединению обязаны воздухообразные жидкости своей упругостью, удельной легкостью и разреженностью и всеми теми свойствами, которые сближают их с огненным флюидом.

Поэтому чистый воздух, тот, который Пристли называет бесфлогистонным, есть огненное соединение, в которое материя огня или света входит как растворитель и в котором другое вещество является основанием.

Но если на находящееся в каком-либо растворе основание подействовать веществом, имеющим к нему большое сродство, то прибавленное вещество немедленно соединяется с основанием и растворитель, покинутый им, становится свободным.

То же происходит с воздухом при горении: тело, которое горит, отнимает его основание, а огненная материя, которая служит ему растворителем, делается свободной, вступает в свои права и выделяется в виде пламени, тепла и света. Чтобы осветить все темные места этой теории, приложим ее к нескольким примерам. Когда обжигают металл в чистом воздухе, то основание воздуха, которое имеет меньше сродства к своему растворителю, чем к металлу, соединяется с последним, как только он расплавляется и превращает его в металлическую известь. Это соединение основания воздуха с металлом доказывается: 1) увеличением веса ме-

\* Этот мемуар был впоследствии доложен и напечатан на странице 420 «Memoires de l'Academie des Sciences» (1777).

талла во время обжигания, 2) почти совершенным разрушением воздуха, находящегося в колоколе.

Но если основание воздуха удерживалось в растворе огненной материей, то, по мере того как это основание соединяется с металлом, огненная материя должна становиться свободной и, выделяясь, давать пламя и свет. Понятно, что чем быстрее производится обжигание металла, т.е. чем больше основание воздуха связывается в данное время, тем больше огненной материи будет освобождаться сразу и, следовательно, тем ощутимее и заметнее будет горение.

Эти явления, которые чрезвычайно медленны и трудно уловимы при обжигании металлов, почти мгновенны при горении серы и фосфора. Я показал посредством опытов, против которых, мне кажется, трудно сделать какое-либо разумное возражение, что при горении этих обоих веществ воздух, или, вернее, основание воздуха, поглощается; что оно соединяется с серой и фосфором, образуя купоросную и фосфорную кислоты. Но основание воздуха не может перейти в новое соединение, не оставив свободным свой растворитель, а этот растворитель, который и есть огненная материя, должен выделиться в виде света и пламени.

Уголь и все углистые вещества оказывают такое же действие на основание воздуха. Они его присоединяют и образуют с ним благодаря горению своего рода кислоту, известную под названием связанного воздуха, или меловой кислоты. При этом процессе также выделяется растворитель основания воздуха, огненная материя, но в меньшем количестве, чем при горении серы и фосфора, так как часть ее соединяется с мефитической кислотой<sup>8</sup>, чтобы удержать ее в парообразном и упругом состоянии, в котором мы ее получаем.

Замечу здесь, между прочим, что сгорание угля в колоколе, опрокинутом над ртутью, не производит очень значительного изменения объема воздуха, в котором происходило горение, даже тогда, когда для опыта применяют чистый воздух, потому что образующаяся мефитическая кислота остается в воздухообразном состоянии, в отличие от купоросной и фосфорной кислот, которые сгущаются в твердом виде по мере того, как они образуются.

Я мог бы последовательно приложить ту же теорию ко всем видам горения, но, так как я буду часто иметь случай возвращаться к тому предмету, ограничиваюсь пока этими общими примерами. Итак, обобщая, скажу, что, по моему мнению, воздух состоит из огненной материи как растворителя, соединенного с веществом, которое служит ему основанием и в некотором роде ее нейтрализует. Всякий раз, когда на это основание действуют веществом, к которому оно имеет больше сродства, оно покидает свой растворитель. С этого момента огненная материя возвращает свои права, свои свойства и вновь появляется перед нашими глазами в виде тепла, пламени и света. Итак, согласно этому мнению, чистый воздух, бесфлогистонный воздух Пристли, есть истинное и, быть может единственное, горючее тело в природе, и потому очевидно, что больше нет необходимости для объяснения явления горения предполагать, что существует громадное количество огня, связанного во всех телах, которые мы называем горючими; наоборот, весьма вероятно, что его находится лишь немного в металлах, сере, фосфоре и в

большинстве очень твердых, тяжелых и плотных тел; может быть, в этих телах находится только свободная огненная материя вследствие свойства этой материи приходить в равновесие со всеми окружающими телами.

Другое убедительное соображение, которое подтверждает предыдущее, заключается в том, что почти все тела могут существовать в трех различных состояниях: либо в твердом виде, либо в жидком, т.е. расплавленном, виде, либо в состоянии воздуха и пара. Эти три состояния зависят лишь от большего или меньшего количества огненной материи, которой они проникнуты и с которой они соединены. Текучесть, испаряемость, упругость — свойства, характерные для присутствия огня и для его большого изобилия; наоборот, твердость, плотность служат доказательством его отсутствия. Итак, поскольку доказано, что воздухообразные вещества и сам воздух содержат большое количество соединенного огня, постольку, вероятно, твердые тела содержат его немного.

Я вышел бы из границ, которые я себе поставил и которые требуются обстоятельствами, если бы стал показывать, сколько света проливает эта теория на все великие явления природы; однако я не могу удержаться от того, чтобы не заметить, с какой легкостью она объясняет, почему воздух есть упругая и разреженная жидкость. В самом деле, так как огонь является наиболее тонким, наиболее упругим и наиболее разреженным из всех флюидов, он должен сообщить часть своих свойств веществам, с которыми он соединяется, и, подобно тому как водные растворы солей всегда сохраняют часть свойств воды, вещества, растворенные огнем, должны сохранять частично свойства последнего. Поэтому понятно, почему горение не может происходить ни в пустоте, ни даже в каком-либо воздухообразном соединении, в котором огненная материя имеет очень большое сродство к основанию, с которым оно соединено.

Исходя из этих положений нет необходимости допускать присутствие громадного количества связанной и соединенной огненной материи в алмазе и в большом числе веществ, которые не только совсем не имеют свойств, подобных свойствам огненной материи, но имеют даже свойства противоположные; наконец, нет необходимости утверждать, как это делает Шталь, что тела, которые увеличиваются в весе, теряют часть своего вещества.

Я выше указал, что теория, изложенная в настоящем мемуаре, может быть приложена к объяснению части явлений дыхания, и этим я закончу настоящий опыт. В докладе, который я сделал на публичном заседании на прошлой пасхе<sup>9</sup>, я показал, что чистый воздух, войдя в легкие, выходит из него частично в виде связываемого воздуха, или меловой кислоты. Следовательно, чистый воздух, проходя через легкие, претерпевает такое же разложение, которое имеет место при горении угля. Но при горении угля происходит выделение огненной материи; следовательно, в промежутке от вдоха до выдоха равным образом должно быть выделение огненной материи в легких и несомненно, что эта огненная материя, распределяясь вместе с кровью по всему организму, поддерживает в ней постоянную теплоту около 32,5° по термометру Реомюра.

На первый взгляд, эта мысль, может быть, покажется малообоснованной, но, прежде чем ее отбросить или осудить, прошу принять во внимание, что она опирается на два явных и неоспоримых факта, а именно на разложение воздуха в легких и на выделение огненной материи, которое сопровождает всякое разложение чистого воздуха, т.е. всякий переход чистого воздуха в связываемый воздух.

Зависимость животной теплоты от разложения воздуха в легких подтверждается еще и тем, что в природе только привычно дышащие животные являются теплкровными и что их теплота тем больше, чем дыхание чаще, т.е. имеется очевидное соотношение между теплотой<sup>10</sup> животного и количеством воздуха, вошедшего в его легкие или, по крайней мере, превращенного в связываемый воздух.

Впрочем, повторяю, что, нападая здесь на учение Штала, я не имею цели заменить его строго доказанной теорией, но только предложенной гипотезой, которая мне кажется более вероятной, более согласной с законами природы и которая, по-видимому, включает меньше искусственных объяснений и меньше противоречий.

Обстоятельства позволяют мне дать здесь только общий очерк системы и обзор ее следствий, но я предполагаю последовательно вернуться к каждой ее части, развить их в отдельных статьях и осмелюсь заранее утверждать, что предлагаемая мною гипотеза объясняет очень просто и очень удачно главные явления физики и химии.

### Комментарии

<sup>1</sup> *Lavoisier A. L. Opuscules physiques et chimiques. – Paris, –1774. – Т. 1; Oeuvres de Lavoisier. – Paris, 1864. – Т. 1. – Р. 439–655.*

<sup>2</sup> В то время большинство химиков считали все газы различными видами воздуха.

<sup>3</sup> Вскоре Лавуазье дал этому газу название «кислород».

<sup>4</sup> Здесь и далее необходимо помнить, что кислотами Лавуазье называл ангидриды кислот.

<sup>5</sup> Связываемый воздух, меловая кислота – синонимы углекислого газа.

<sup>6</sup> При реформе химической номенклатуры (1787) Лавуазье предложил для огненной материи название «calorique» (теплород или теплотвор).

<sup>7</sup> А. Л. Лавуазье ссылается на свою статью «О соединении огненной материи со способными испаряться жидкостями и об образовании упругих воздухообразных жидкостей», т.е. газов (*Oeuvres de Lavoisier. – Paris, 1862. – Т. 2. – Р. 212–224*).

<sup>8</sup> Мефитическая кислота – углекислый газ.

<sup>9</sup> Доклад «Опыты над дыханием животных и над изменениями, которым подвергается воздух, проходя через их легкие» был сделан Лавуазье 3 мая 1777 г. (*Mem. Acad. – Paris, 1777. – Р. 185; Oeuvres de Lavoisier. – Paris, 1862. – Т. 2. – Р. 174–183*).

<sup>10</sup> Под теплотой (*chaleur*) здесь Лавуазье подразумевает температуру.

**Библиографический список**

- Азимов А.* Краткая история химии. Развитие идей и представлений в химии / А. Азимов. – СПб. : Амфора, 2000. – 268 с.
- Аристотель.* Сочинения : в 3 т. – Т. 1. – М. : Мысль, 1981. – 642 с.
- Асмус В. Ф.* Античная философия / В. Ф. Асмус. – М. : Высшая школа, 2005. – 408 с.
- Ахутин А. В.* История принципов физического эксперимента (от античности до XVII в.) / А. В. Ахутин. – М. : Наука, 1976. – 292 с.
- Боголюбов А. Н.* Роберт Гук / А. Н. Боголюбов. – М. : Наука, 1984. – С. 43.
- Бутлеров А. М.* Сочинения : в 3 т. / А. М. Бутлеров. – М. : Изд-во АН СССР, 1953. – Т. 1. – 639 с. ; Т. 3. – 429 с.
- Быков Г. В.* История стереохимии органических соединений / Г. В. Быков. – М. : Наука, 1966. – 369 с.
- Быков Г. В.* История органической химии. Открытие важнейших органических соединений / Г. В. Быков. – М. : Наука, 1978. – 375 с.
- Быков Г. В.* Амедео Авогадро : очерк жизни и деятельности / Г. В. Быков. – М. : Наука, 1970. – 184 с.
- Быков Г. В.* Станислао Канницаро : очерк жизни и деятельности / Г. В. Быков, В. А. Крицман. – М. : Наука, 1972. – 215 с.
- Возникновение и развитие химии с древнейших времен до XVII века. Всеобщая история химии / под ред. Ю. И. Соловьева. – М. : Наука, 1980. – 399 с.
- Бэкон Ф.* Сочинения : в 2 т. / Ф. Бэкон. – М. : Мысль, 1977–1978. – Т. 1. – 486 с.
- Ван-дер-Варден Б. Л.* Пробуждающаяся наука / Б. Л. Ван-дер-Варден. – М. : Физматгиз, 1959. – 459 с.
- Веселовский А. Н.* Египетская наука и Греция / А. Н. Веселовский // Труды Ин-та истории естествознания и техники АН СССР. – 1948. – Т. 2. – С. 426–498.
- Волков В. А.* Выдающиеся химики мира / В. А. Волков, Е. В. Вонский, Г. И. Кузнецова. – М. : Высшая школа, 1991. – 656 с.
- Гайденко П. П.* Эволюция понятия науки : становление и развитие первых научных программ / П. П. Гайденко. – М. : Наука, 1980. – 568 с.
- Гриненко Г. В.* История философии / Г. В. Гриненко. – М. : Юрайт, 2006. – 685 с.
- Гулыга А. В.* Гердер / А. В. Гулыга – М. : Мир, 1975. – 458 с.
- Дамаскин Б. Б.* Современная электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий ; под ред. А. Н. Фрумкина. – М. : Наука, 1965. – 458 с.
- Джуа М.* История химии / М. Джуа. – М. : Мир, 1975. – 477 с.
- Дорфман Я. Г.* Лавуазье / Я. Г. Дорфман. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 328 с.



- Зефирова О. Н.* Краткий курс истории и методологии химии / О. Н. Зефирова. – М. : Анабазис, 2007. – 140 с.
- Золотов Ю. А.* Аналитическая химия : проблемы и достижения / Ю. А. Золотов. – М. : Наука, 1992. – 286 с.
- Золотов Ю. А.* О химическом анализе и о том, что вокруг него / Ю. А. Золотов. – М. : Наука, 2004. – 477 с.
- Зубов В. П.* Аристотель / В. П. Зубов. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 368 с.
- Зубов В. П.* Развитие атомистических представлений до начала XIX в. / В. П. Зубов. – М. : Наука, 1965. – 372 с.
- История классической органической химии. Всеобщая история химии / под ред. Н. К. Кочеткова и Ю. И. Соловьева. – М. : Наука, 1992. – 448 с.
- Кедров Б. М.* Энгельс о развитии химии / Б. М. Кедров. – М. : Наука, 1979. – 496 с.
- Кедров Б. М.* Три аспекта атомистики. Учение Дальтона. Исторический аспект / Б. М. Кедров. – М. : Наука, 1969. – 317 с.
- Келли Дж.* Порох. От алхимии до артиллерии : история вещества, которое изменило мир / Дж. Келли ; пер. с англ. А. Турова. – М. : Колибри, 2005. – 340 с.
- Крамер С. Н.* История начинается в Шумере / С. Н. Крамер. – М. : Наука, 1965. – 256 с.
- Кун Т.* Структура научных революций / Т. Кун. – М. : Прогресс, 1975. – 421 с.
- Ланжевен Л. М. В.* Ломоносов и Р. Бойль : корпускулярная теория материи и механистическая картина мира / Л. Ланжевен // Ломоносов : сб. статей и материалов. – Л. : Наука, 1977. – Вып. 7. – С. 30–57.
- Лекторский В. А.* Субъект, объект, познание / В. А. Лекторский. – М. : Наука, 1980. – 359 с.
- Либих Ю.* Письма о химии : в 2 т. / Ю. Либих ; пер. с нем. П. Алексеева. – СПб., 1861. – Т. 1. – С. 56–57.
- Лукас А.* Материалы и ремесленные производства Древнего Египта / А. Лукас. – М. : Изд-во иностр. лит., 1958. – 717 с.
- Лукреций.* О природе вещей : в 2 т. / пер. Ф. А. Петровского. – Т. 1. – М. : Изд-во АН СССР, 1946. – 451 с.
- Лурье С. Я.* Очерки по истории античной науки / С. Я. Лурье. – М. ; Л. : Наука, 1947. – 404 с.
- Лурье С. Я.* Демокрит : тексты, перевод, исследование / С. Я. Лурье. – Л. : Наука, 1970. – 664 с.
- Макаров В. С.* Классическая химия и ее творцы / В. С. Макаров, Д. Л. Шамшин. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1989. – 192 с.
- Марковников В. В.* Избранные труды / В. В. Марковников. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 926 с.

- Менделеев Д. И.* Сочинения : в 25 т. / Д. И. Менделеев. – Л. ; М., 1949. – Т. 15. – 358 с.
- Маркс К.* Из ранних произведений / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М. : Госполитиздат, 1956. – 456 с.
- Канани Н.* Парфянская батарея. Электрический ток 2000 лет назад? / Н. Канани. – М. : Техносфера. – 2006. – 103 с.
- Кравченко А. Ф.* История и методология науки и техники / А. Ф. Кравченко. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. – 360 с.
- Крицман В. А.* Роберт Бойль, Джон Дальтон, Амадео Авогадро / В. А. Крицман. – М. : Просвещение, 1978. – 347 с.
- Кукушкин Ю. Н.* Введение в химическую специальность / Ю. Н. Кукушкин, А. В. Дремов. – СПб. : Химиздат. – 1999. – 183 с.
- Очерки истории естественно-научных знаний древности // Библиотека всемирной истории естествознания / под. ред. С. Р. Микульского. – М. : Наука. – 1982.
- Рабинович В. Л.* Алхимия как феномен средневековой культуры / В. Л. Рабинович. – М. : Наука, 1979. – 391 с.
- Рожанский И. Д.* Анаксагор : у истоков античной науки / И. Д. Рожанский. – М. : Наука, 1972. – 320 с.
- Рожанский И. Д.* Античная наука / И. Д. Рожанский. – М. : Наука, 1980. – 200 с.
- Рожанский И. Д.* Развитие естествознания в эпоху античности : ранняя греческая наука о «природе» / И. Д. Рожанский. – М. : Наука, 1979. – 488 с.
- Рузавин Г. И.* Методология научного исследования / Г. И. Рузавин. – М. : Юнити-Дана, 1999. – 315 с.
- Ранке-Мадсен Е.* История индикаторов / Е. Ранке-Мадсен // Индикаторы / под ред. Э. Бишопа. – М. : Мир, 1976. – Т. 1. – С. 9–24.
- Сабадвари Ф.* История аналитической химии / Ф. Сабадвари, А. Робинсон. – М. : Мир, 1984. – 317 с.
- Селимханов И. Р.* Существовал ли медный век перед бронзовым? / И. Р. Селимханов // Курьер ЮНЕСКО. – 1976. – № 3. – С. 13–16.
- Соловьев Ю. И.* Очерки по истории физической химии / Ю. И. Соловьев. – М. : Наука, 1964. – 340 с.
- Соловьев Ю. И.* Эволюция основных теоретических проблем химии / Ю. И. Соловьев. – М. : Наука, 1971. – 379 с.
- Соловьев Ю. И.* Представления Р. Бойля о химических элементах / Ю. И. Соловьев // Химия в школе. – 1981. – № 1. – С. 13–15.
- Соловьев Ю. И.* История химии / Ю. И. Соловьев. – М. : Просвещение, 1983. – 408 с.

Соловьев Ю. И. История химии. Развитие основных направлений современной химии / Ю. И. Соловьев, Д. Н. Трифонов, А. Н. Шамин. – М. : Просвещение, 1983. – 408 с.

Соловьев Ю. И. Якоб Берцелиус: Жизнь и деятельность / Ю. И. Соловьев, В. И. Куринной. – М. : Наука, 1980. – 320 с.

Становление химии как науки. Всеобщая история химии / под ред. Ю. И. Соловьева. – М. : Наука, 1983. – С. 55.

Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии : от древнейших времен до начала XIX столетия / Н. А. Фигуровский. – М. : Наука, 1969. – 455 с.

Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии : развитие классической химии в XIX столетии / Н. А. Фигуровский. – М. : Наука, 1979. – 477 с.

Философские проблемы современной химии. – М. : Прогресс, 1971. – 230 с.

Франц М. Л. фон. Алхимия. Введение в символику и психологию / М. Л. фон Франц. – М. : Мир, 1997. – 324 с.

Химия и мировоззрение / отв. ред. Ю. А. Овчинников. – М. : Наука, 1986. – 352 с.

Шапошник В. А. Первая страница истории аналитической химии : к 350-летию введения Р. Бойлем термина «химический анализ» / В. А. Шапошник // Журн. аналит. химии. – 2004. – Т. 59, № 8. – С. 886–888.

Штрубе В. Пути развития химии : в 2 т. / В. Штрубе. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – 239 с.

Aitchison L. A History of Metals. / L. Aitchison. – New York : Interscience Publishers, Inc., 1960. – 581 p.

Anderson W. C. Figurative language and the scientific ideal : the preface to P. J. MacQuer's Dictionnaire de Chymie / W. C. Anderson. // Neophilologus. – 1981. – Vol. 65, № 2. – P. 185–199.

Clotfelter B. E. The Cavendish Experiment as Cavendish Knew It / B. E. Clotfelter // American Journal of Physics. – 1987. – Vol. 55, № 3. – P. 210–213.

Cobb C. Creation of Fire : Chemistry's Lively History from Alchemy to the Atomic Age / C. Cobb, H. Goldwhite. – New York ; London : Plenum Publishing Corporation, 1995. – 346 p.

Donovan A. Antoine Lavoisier : Science, Administration, and Revolution / A. Donovan. – Cambridge University Press, 1993. – 347 p.

Emsley J. The Elements / J. Emsley. – Oxford : Clarendon Press, 1991. – 256 p.

- Handbook of semiconductor technology : in 2 vol. / ed. K. A. Johnson and W. Schrötter. – Weinheim ; New York ; London : Wiley VCH, 2001. – Vol. 1. – 846 p.
- Holmyard E. J.* The Works of Geber / E. J. Holmyard. – London : Pergamon Press, 1928. – 278 p.
- Holmyard E. J.* Alchemy / E. J. Holmyard. – Edinburgh : Edinburgh University Press, 1957. – 453 p.
- Hudson J.* The History of Chemistry / J. Hudson. – New York : Chapman and Hall, 1992. – 446 p.
- Falconer I.* Henry Cavendish : The Man and the Measurement / I. Falconer // Measurement Science Technology. – 1999. – Vol. 10, N 6. – P. 470–477.
- Fester G.* Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Großindustrie / G. Fester. – Berlin, 1923. – 543 s.
- Jackson J.* A World on Fire : A Heretic, An Aristocrat And The Race to Discover Oxygen / J. Jackson. – London : Viking, 2005. – 325 p.
- Grey V.* The Chemist Who Lost His Head : the Story of Antoine Lavoisier / V. Grey. – Coward, McCann & Geoghegan, Inc., 1982. – 287 p.
- Gregory C. E.* A Concise History of Mining (Revised Edition) / C. E. Gregory. – New York : A. A. Balkema Publishers, 2001. – 448 p.
- Karger-Decker B.* Gifte, Hexensablen, Liebesgetränke / B. Karger-Decker. – Leipzig : VEB Duetcher verlag für grundstoffindustrie, 1966. – 549 s.
- King P.* The cartel in Öregrund iron : trading in the raw material for steel during the 18th century / P. King // Journal of Industrial History. – 2003. – № 6. – P. 25–48.
- Kopp H.* Geschichte der Chemie / H. Kopp. – T. 1, 2. – Braunschweig, 1844.
- Kuhn T.* The Copernican Revolution / T. Kuhn. – Cambridge : Harvard Univ. Press, 1957. – 341 p.
- Kurlansky M.* Salt : A World History / M. Kurlansky. – New York : Plenum, 2002. – 312 p.
- Laszlo P.* Salt : Grain of Life / P. Laszlo // Columbia Univ. Press, 2001. – 427 p.
- Mellart J.* Çatal Hüyük : A Neolithic Town of Anatolia / J. Mellart. – New York : McGraw-Hill Book Company, 1967. – 478 p.
- Meyer E.* Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zu Gegenwart. 4. Aufl. / E. Meyer. – Leipzig, 1914. – 459 s.
- Mottek H.* Zu einigen Fragen der Entwicklung der Produktivkräfte und ihrer gesellschaftlichen Bedingungen // Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte. – Berlin, 1964. – T. II. – S. 168–197.
- North A.* Swords of Islam. In «Swords and Hilt Weapons» / A. North. – New York : Weidenfeld and Nicolson, 1989. – P. 136–147.

*Partington J. R.* A History of Chemistry / J. R. Partington. – London : McMillan, 1961–1970. – Vol. 1. – 1970. – 370 p. ; Vol. 2. – 1961. – 795 p. ; Vol. 3. – 1962. – 854 p. ; Vol. 4. – 1964. – 1007 p.

*Pernicka E.* Early Bronze Age Metallurgy in the Northeast Aegean / E. Pernicka // Troia and the troad : scientific approaches. – Berlin ; London : Springer, 2003. – P. 143–172.

*Proctor D. F.* A History of Breathing Physiology / D. F. Proctor. – New York : Marcel Dekker, Inc., 1995. – 438 p.

*Reibold M.* Materials : Carbon nanotubes in an ancient Damascus saber / M. Reibold, P. Paufler, A. A. Levin, W. Kochmann, N. Pätzke, D. C. Meyer // Nature. – 2006. – № 444 (7117) – P. 286–296.

*Rice E. F., Jr.* The Foundations of Early Modern Europe, 1460–1559 / E. F. Rice, Jr. – New York : W. W. Norton & Company, 1970. – 463 p.

*Schubert H. R.* History of the British Iron and Steel Industry / H. R. Schubert. – London : Pergamon Press, 1957. – 438 p.

*Shapin S.* The Scientific Revolution / S. Shapin. – Chicago : University of Chicago Press, 1996. – 487 p.

*Stillman D.* Galileo and the Law of Inertia / D. Stillman // American Journal of Physics. – 1964. – Vol. 32, № 8. – P. 601–608.

The Oxford History of Ancient Egypt / ed. Ian Shaw. – Oxford : Oxford University Press, 2000. – 543 p.

*Tromsdorf J. F.* Versuch einer allgemeinen Geschichte der Chemie, 1803–1805 / J. F. Tromsdorf // Taschenbuch für Artze, Chemiker und Apotheker, 1806 gesondert als Buch. Nachgedruckt im Zentralantiquariat der DDR mit de rim Druck von 1806 fehlender Teilen und ainer Vorbemerkung von W. Strube. – Leipzig, 1965. – 471 s.

*Tylecote R. F.* A History of Metallurgy / R. F. Tylecote // Woodhead Publishing Limited. – Abington Hall, Abington, Cambridge. – 1992. – 218 p.

*Verhoeven J. D.* The Key Role of Impurities in Ancient Damascus Steel Blades / J. D. Verhoeven, A. H. Pendray, W. E. Dauksch // Journal of Metals. – 1998. – Vol. 50, № 9. – P. 58–64.

*Westfall R. S.* The Construction of Modern Science / R. S. Westfall. – New York : John Wiley and Sons, 1971. – 462 p.

*Wiegleb J. C.* Historish-kritische Untersuchung der Alchemie, Weimar, 1777. Nachdruck des Zentralantiquariat der DDR mit de rim Druck von 1806 fehlender Teilen und ainer Vorbemerkung von W. Strube / J. C. Wiegleb. – Leipzig, 1965. – 532 s.

## **Учебное пособие**

Заявки на книги присылайте по адресам:

**zakaz@id-intellect.ru**

**solo@id-intellect.ru**

тел. (495) 579-96-45

факс (495) 579-96-70

В заявке обязательно указывайте  
свои реквизиты (для организаций) и почтовый адрес!

Подробная информация о книгах на сайте

**<http://www.id-intellect.ru>**

**Ирина Яковлевна Миттова  
Александр Михайлович Самойлов**

# **ИСТОРИЯ ХИМИИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО КОНЦА XX ВЕКА**

**Том 1**

Редактор – С.Н. Володина

Компьютерная верстка – А.Ю. Хаустова

Корректор – М.С. Исаева

Ответственный за выпуск – Л.Ф. Соловейчик

---

Оригинал-макет подготовлен  
в Издательско-полиграфическом центре  
Воронежского государственного университета

---

Формат 70х100/16. Печать офсетная.

Гарнитура Ньютон.

Печ. 26 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 528

Бумага офсетная №1, плотность 80 г/м<sup>2</sup>

---

Издательский Дом «Интеллект»  
141700, Московская обл., г. Долгопрудный,  
Промышленный пр-д, д. 14,  
тел. (495) 579-96-45

---

Отпечатано в ООО «Чебоксарская типография №1»  
428019, г. Чебоксары, пр-т И. Яковлева, д. 15



**Александр Михайлович  
Самойлов**

доктор химических наук, доцент кафедры неорганической химии Воронежского государственного университета. Является руководителем научного направления «Синтез кристаллов и гетероструктур многокомпонентных полупроводниковых материалов с сенсорными свойствами», которое развивается с начала 1990-х гг. Автор более 170 научных и учебно-методических работ, в том числе 1 монографии и 2 авторских свидетельств.



**Ирина Яковлевна  
Миттова**

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой неорганической химии Воронежского государственного университета. Является руководителем сформированного ею научного направления «Процессы хемостимулированного окисления полупроводников», которое развивается с середины 1980-х гг. Осуществляет руководство исследованиями, посвященными новым функциональным нанокерамическим и биосовместимым материалам, разработке методов их синтеза и установлению механизма процессов в соответствующих системах.

Автор более 500 научных работ, в том числе 2 монографий, 16 авторских свидетельств и патентов.