

## Предисловие

**В** июне 1812 года Великая армия Наполеона насчитывала шестьсот тысяч человек. Уже в начале декабря того же года она уменьшилась всего до десяти тысяч. После отступления из Москвы измученным французам удалось переправиться через реку Березина вблизи Борисова. Тех, кто остался в живых, преследовали голод, болезни и мороз: они стали причиной поражения Наполеона в неменьшей степени, чем штыки и пули русских. Множество солдат погибли, поскольку были недостаточно хорошо одеты и экипированы, чтобы пережить ледяную зиму.

Отступление Наполеона из России имело серьезные последствия для всей Европы. В 1812 году 90 % населения России составляли крепостные крестьяне, которые находились в полной собственности помещиков и не имели никаких прав. Их продавали и покупали. Эта ситуация больше напоминала рабовладельческий строй, чем крепостное право в Западной Европе. Победоносное шествие наполеоновской армии по Европе сопровождалось распространением принципов и идеалов Французской революции (1789–1799), которые разрушали средневековые устои,

изменяли политические границы и способствовали становлению национального сознания. Нововведения Наполеона также оказались полезными. Реформированный государственный аппарат и общие для всех кодексы пришли на смену запутанным местным законам и правилам, появились представления о правах человека, семье, частной собственности. Вместо сотен местных систем мер и весов систем была принята единая, десятичная.

Но что явилось причиной поражения величайшей армии, которую вел Наполеон? Почему солдаты Наполеона, прежде непобедимые, дрогнули? На этот счет есть одна странная догадка, сформулировать которую можно, перефразируя слова детского стихика: потому что не было пуговиц! Это кажется невероятным, но гибель армии Наполеона можно связать с такой незначительной вещью, как пуговицы. Точнее, с *оловянными* пуговицами, на которых держалась одежда всей армии, начиная с шинелей офицеров и заканчивая штанами и мундирами пехотинцев. При низкой температуре блестящее металлическое олово превращается в хрупкий серый порошок, все еще оловянный, но имеющий совершенно другую структуру. Неужели именно это произошло с пуговицами наполеоновских солдат? Один свидетель в Борисове описывал войска французов как “толпу привидений, завернутых в женские платки, куски ковров и прожженные шинели”. Неужели исчезновение пуговиц привело к тому, что солдаты так замерзли, что больше не могли воевать? И вместо того, чтобы держать оружие, они вынуждены были буквально придерживать штаны?

Впрочем, в этой гипотезе есть несколько узких мест. Так называемая оловянная чума (“болезнь олова”) была известна на севере Европы уже несколько столетий. Как мог Наполеон, уверенный в готовности своих войск к победоносным битвам, разрешить изготавливать элементы обмундирования из олова? Кроме того, распад олова представляет собой достаточно длительный процесс, даже при такой низкой температуре, как зимой 1812 года в России. Однако это занимательная история,

и химикам она очень нравится в качестве объяснения поражения французской армии. Но если в этой гипотезе есть доля правды, то возникает вопрос: что было бы, если бы пуговицы не рассыпались от холода и французы продолжили движение на восток? Не привело бы это к тому, что крепостное право в России пало на полвека раньше? Сохранилась бы граница между Западной и Восточной Европой, которая приблизительно соответствует границе наполеоновской империи?

Во всей истории человечества металлы играли очень важную роль. Кроме случая с оловянными пуговицами наполеоновских солдат, были и другие. Известно, например, что оловянные рудники Корнуолла привлекали внимание древних римлян и стали одной из причин захвата ими территории современной Великобритании. К 1650 году около шестнадцати тысяч тонн серебра из рудников Нового Света перекочевали в сундуки богатых испанцев и португальцев, и большая часть этих средств была израсходована на войны в Европе. Поиски золота и серебра оказали чрезвычайно сильное влияние на открытие, колонизацию и заселение многих регионов мира. Например, золотые прииски в Калифорнии, Австралии, Южной Африке, Новой Зеландии и на реке Клондайк в Канаде в значительной степени способствовали освоению этих мест в XIX веке. В нашем языке закрепилось множество выражений, в которых упоминается золото: золотой стандарт, золотой человек, золотое время, черное золото. Название целых эпох отдает дань металлам. На смену бронзовому веку, когда бронза — сплав или смесь олова и меди — использовалась для изготовления оружия и орудий труда, пришел железный век, когда люди начали плавить и ковать железо.

Но только ли олово, золото и железо повлияли на ход истории? Металлы — это элементы, то есть вещества, которые с помощью химических реакций нельзя разложить на более простые составляющие. В природе существует девяносто элементов. Кроме того, человек создал еще около девяноста эле-

ментов в очень небольшом количестве. Но химических соединений (веществ, образованных в результате *химических взаимодействий* двух или нескольких элементов) известно около семи миллионов. Без преувеличения можно сказать, что некоторые соединения также сыграли поворотную роль в истории человечества. Эта любопытная идея и легла в основу книги.

Если рассматривать некоторые обычные или не совсем обычные вещества в таком аспекте, обнаруживаются удивительные истории. В результате подписания соглашения в Бредде в 1667 году голландцы уступили англичанам свои владения в Северной Америке в обмен на маленький островок Ран в архипелаге Банда (современная Индонезия). Англия, потерявшая свои права на остров Ран (притягательность которого заключалась исключительно в том, что там выращивали мускатный орех), взамен получила права на небольшой кусочек суши на другом краю света — остров Манхэттен.

Голландцы стали претендовать на Манхэттен вскоре после прибытия туда Генри Гудзона, искавшего путь в Ост-Индию, к легендарным Островам пряностей (Молуккские острова). В 1664 году губернатор Нового Амстердама Питер Стейвесант был вынужден уступить колонию англичанам. Недовольство голландцев этой уступкой и другие территориальные разногласия привели к войне между двумя странами, длившейся около трех лет. Английское присутствие на острове Ран раздражало голландцев, поскольку только оно нарушало монополию Голландии на торговлю мускатным орехом. Голландцы, известные в этом регионе своей жестокостью, совершенно не желали, чтобы англичане имели долю в прибыльной торговле пряностями. После четырехлетней блокады и кровавых боев голландцы наконец захватили остров Ран. Англичане отомстили тем, что стали нападать на корабли голландской Ост-Индской компании.

Голландцы требовали компенсации за пиратство и добивались возврата Нового Амстердама. Англичане хотели, чтобы гол-

ландцы заплатили за свои преступления в Ост-Индии и вернули Ран. Так как ни одна из сторон не хотела идти на уступки и не могла одержать победу на море, в Бреде было подписано соглашение, позволившее обоим государствам сохранить лицо. Англичане забирали Манхэттен и отказывались от притязаний на остров Ран. Голландцы становились хозяевами острова Ран и больше не претендовали на Манхэттен. Когда англичане подняли свой флаг над Новым Амстердамом (позже переименованным в Нью-Йорк), казалось, что голландцам в этом споре повезло больше. Разве можно сравнить маленькое поселение в Новом Свете (около тысячи человек) с монополией на торговлю мускатным орехом?

Почему мускатный орех ценился так высоко? Подобно другим пряностям, таким как гвоздика, перец и корица, мускатный орех широко использовался в Европе для сохранения продуктов, его употребляли в пищу и применяли в медицине. Но мускатный орех имел и другую, гораздо более важную функцию. Считалось, что мускатный орех защищает от “черной смерти”, которая с XIV века опустошала Европу на протяжении четырехсот лет.

Конечно, теперь нам известно, что “черная смерть” (чума) — это бактериальное заболевание, которое переносят крысы и которое передается через укусы блох. Поэтому можно сказать, что носить на шее маленький мешочек с мускатным орехом в качестве средства от чумы — просто суеверие. Да, так можно было бы сказать, если не разбираться в химическом составе мускатного ореха. Характерный запах этого ореха объясняется присутствием в нем изоэвгенола. Растения вырабатывают подобные вещества в качестве природных пестицидов — для защиты от жвачных животных, насекомых и микробов. Вполне вероятно, что изоэвгенол из мускатного ореха действовал как природный инсектицид, отгонявший блох. Конечно, правда и другое: состоятельные люди, имевшие возможность купить мускатный орех, жили в относительно более благоприятных условиях, то есть в окружении меньшего количества крыс и блох, что снижало вероятность заражения чумой.

Помогал ли мускатный орех от чумы, сказать трудно, но летучие ароматические вещества в его составе способствовали росту его цены и популярности. Открытие и завоевание новых земель, подписанное в Бреде соглашение, а также тот факт, что главный город Америки называют Нью-Йорком, а не Новым Амстердамом, — все это имеет отношение к веществу изоэвгенол.

Вслед за историей об изоэвгеноле можно рассказать истории о множестве других соединений, изменивших наш мир. Некоторые из этих соединений широко известны и по-прежнему имеют большое значение для мировой экономики или медицины, другие давно забыты. Но все эти вещества сыграли роль в одном или даже в нескольких поворотных событиях, повлиявших на ход истории.

Мы решили написать эту книгу, чтобы рассказать об удивительной связи между химическими соединениями и историей человечества и показать, что иногда не связанные между собой на первый взгляд события имеют отношение к химическим молекулам, а путь развития общества порой определяется химической структурой некоторых веществ. Мысль о том, что те или иные события в истории могут зависеть от чего-либо столь незначительного, как молекулы (то есть группы из двух или нескольких атомов, определенным образом связанных между собой), заставляет нас по-новому взглянуть на развитие цивилизации. Такие незначительные изменения, как положение связи между атомами в молекуле, могут приводить к чрезвычайно сильным различиям в свойствах соединений и влиять на ход событий. Таким образом, эта книга не об истории химии, а скорее о роли химии в истории.

Выбор молекул, о которых мы решили рассказать, в некотором смысле произвольный и ни в коей мере не исчерпывающий. Мы выбрали те соединения, которые показались нам наиболее интересными как в историческом, так и в химическом отношении. Мы не утверждаем, что именно эти молекулы оказали наиболее сильное влияние на цивилизацию. Без сомнения,

наши коллеги-химики могли бы добавить в список некоторые другие молекулы, изъяв некоторые из наших. Мы расскажем о молекулах, которые положили начало Великим географическим открытиям и освоению новых земель. Мы поговорим о молекулах, которые сыграли важную роль в развитии торговли, привели к переселению народов и колонизации отдельных территорий, а также способствовали работоторговле и подневольному труду. Мы попытаемся объяснить, как химическая структура некоторых молекул повлияла на то, что мы едим, что пьем и во что одеваемся. Мы познакомимся с молекулами, стимулировавшими развитие медицины и гигиены, а также с молекулами, способствовавшими промышленному прогрессу. Мы поговорим о “молекулах войны”, которые унесли жизнь миллионов людей, и о “молекулах мира”, спасших миллионы жизней. Мы увидим, как много изменений в отношениях между мужчинами и женщинами, в человеческой культуре, в законодательстве и в окружающей среде можно связать с химической структурой нескольких молекул. Впрочем, выбранные нами семнадцать веществ — это не всегда отдельные молекулы. В некоторых главах рассмотрены группы молекул с очень похожей структурой, свойствами и исторической ролью.

События рассматриваются нами не в хронологическом порядке. В расположении глав мы хотели отразить связь между сходными молекулами, группами сходных молекул, а также между разными по химической структуре молекулами, которые, однако, имеют похожие свойства или могут быть связаны с аналогичными событиями. Например, начало Промышленной революции связывают с выращиванием на плантациях в Северной и Южной Америке сахарного тростника и производством сахара, а в Англии экономические и социальные изменения были связаны с другим веществом — хлопком, причем по химической структуре второе вещество приходится старшим или, может быть, двоюродным братом первому. Быстрое развитие

химической промышленности в Германии в конце XIX века в определенной степени обусловлено получением новых красителей из каменноугольной смолы — побочного продукта, образующегося при получении газа из каменного угля. Те же немецкие химические компании первыми синтезировали искусственные антибиотики, по структуре напоминающие новые красители. Кроме того, из дегтя был получен и первый антисептик — фенол, который впоследствии стал использоваться для производства пластмасс и который по химической структуре родственен изоэвгенолу из мускатного ореха. В истории можно найти массу подобных химических взаимосвязей.

Нас также интересовал вопрос о роли интуитивного предвидения в многочисленных открытиях в химии. Часто говорят, что многие важные открытия были сделаны лишь благодаря счастливому случаю. Однако нам кажется, что гораздо более важную роль играет способность ученого осознать важность сделанного открытия и понять его суть. Много раз в истории химии странные, но потенциально важные результаты оставались без внимания. Нам кажется, что следует отдать должное способности ученых распознавать ценность неожиданных результатов, а не объяснять все простым везением. Некоторые изобретатели и первооткрыватели, о которых мы рассказываем в данной книге, были химиками, другие вообще не имели никакого научного образования. Многие из этих людей обладали необычным характером. Их истории удивительны.

## **ОРГАНИЧЕСКОЕ — РАЗВЕ ЭТО НЕ ТО, ЧТО РАСТЕТ В ОГОРОДЕ?**

Чтобы помочь читателю уяснить химическую сторону описываемых событий, мы предлагаем сначала вкратце ознакомиться с химическими терминами. Многие из соединений,



о которых пойдет речь, называют *органическими*. В последние двадцать-тридцать лет это слово использовалось в смысле, весьма далеком от исходного значения. “Органическими” все чаще называют продукты сельского хозяйства, для производства которых не применяются искусственные пестициды, гербициды или синтетические удобрения\*. Исходно термин “органический” был предложен около двухсот лет назад шведским химиком Йенсом Якобом Берцелиусом, который в 1807 году назвал органическими те вещества, которые происходят из живых организмов. Напротив, *неорганическими* веществами Берцелиус назвал те, которые происходят из неживых источников.

В XVIII веке в научном мире распространилась идея, что химические вещества, происходящие из природных источников, чем-то отличаются от остальных, и что они содержат в себе некую жизненную сущность, даже если ее не удастся обнаружить и измерить. Эту особую сущность называли жизненной энергией. Научное течение, утверждавшее, что в веществах из растительных или животных источников содержится некая мистическая сила, называлось витализмом. Считалось невозможным создать органическое соединение в лабораторных условиях, но по иронии судьбы это сделал один из студентов самого Берцелиуса. В 1828 году Фридрих Велер, в будущем профессор химии в университете Геттингена в Германии, нагрел смесь двух неорганических веществ — аммиака и циановой кислоты — и получил кристаллы мочевины, которые ничем не отличались от кристаллов мочевины, выделенной из мочи животных.

Сторонники витализма считали, что циановая кислота является органическим веществом, поскольку ее получали из высу-

\* По-русски такие продукты чаще называют натуральными, а по-английски слова “натуральный” и “органический” в этом смысле действительно являются синонимами. — *Здесь и далее — примечания переводчика.*

шенной крови. Тем не менее идея витализма начала угасать. Спустя еще несколько десятилетий она рассыпалась окончательно, поскольку другим химикам также удавалось синтезировать органические вещества из неорганических. Последние сторонники витализма вынуждены были смириться с тем, что до тех пор считали ересью, и смерть витализма стала общепризнанным фактом. Возникла необходимость дать новое химическое определение органическим веществам.

Теперь органическими стали называть такие вещества, которые содержат углерод. Таким образом, органическая химия — это наука, изучающая соединения углерода. Безусловно, это определение несовершенно, поскольку существуют соединения углерода, которые химики никогда не рассматривали в качестве органических. Причина этого лежит главным образом в традиции. Например, задолго до экспериментов Велера было известно, что карбонаты, содержащие кислород и углерод, входят в состав минеральных веществ, а не только живых организмов. Таким образом, мрамор (карбонат кальция) и питьевую соду (бикарбонат натрия) никогда не относили к органическим соединениям. Аналогично углерод в форме алмаза или графита (оба вещества исходно добывали в земле, а теперь их можно получить искусственным путем) всегда воспринимали в качестве неорганического вещества. Диоксид углерода, состоящий из одного атома углерода, соединенного с двумя атомами кислорода, был известен ученым на протяжении многих столетий и никогда не рассматривался в качестве органического соединения. Таким образом, данное выше определение небезупречно. Но, в общем, органические вещества действительно содержат углерод, а неорганические вещества состоят из других элементов.

Углерод отличается от других элементов невероятным разнообразием образуемых им связей, а также широким диапазоном элементов, с которыми он может образовывать связи.

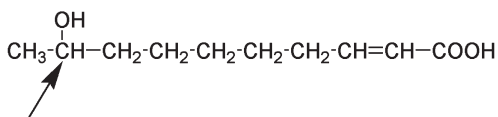
Таким образом, количество соединений углерода, как природных, так и синтетических, многократно превосходит количество соединений всех остальных элементов вместе взятых. Это отчасти объясняет то, что в книге мы уделяем больше внимания органическим веществам, чем неорганическим. Но наш выбор объясняется также и тем, что оба автора книги являются химиками-органиками.

## СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ: НУЖНЫ ЛИ ОНИ?

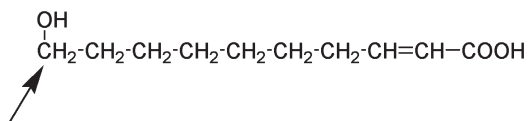
Для нас самой большой проблемой в работе над книгой было определение разумных пределов ее химического содержания. Некоторые коллеги советовали нам меньше говорить о химии и больше — об истории. И уж разумеется, говорили нам, не стоит рисовать никаких химических структур. Но нам показалось наиболее интересным как раз отразить связь между химической структурой и свойствами вещества, а также связь между его структурой и историческими событиями. Конечно, можно прочесть книгу, не глядя на формулы, но нам кажется, что понимание химических структур оживляет связь между химией и историей.

Органические вещества состоят всего из нескольких видов атомов: углерода (С), водорода (Н), кислорода (О) и азота (N). Кроме того, в них могут встречаться и другие элементы: бром (Br), хлор (Cl), фтор (F), йод (I), фосфор (P) и сера (S). В книге мы изображали структуры химических соединений главным образом для сравнения, поэтому, чтобы понять объяснение, требуется просто взглянуть на рисунок. Различия в структурах обычно помечены стрелками, обведены окружностью или выделены каким-либо иным образом. Например, единственным различием между двумя изображенными ниже веществами является положение ОН-группы. В каждом случае это положение отмечено стрелкой. В первой молекуле ОН-группа располага-

ется у второго атома углерода слева, а во второй молекуле — у первого атома углерода.

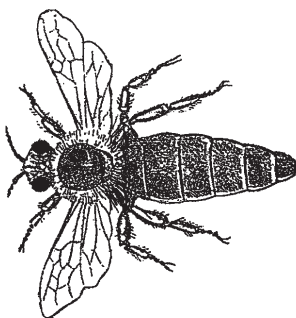


Молекула, синтезируемая пчелиной маткой

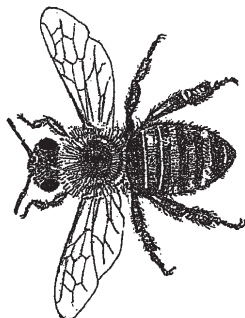


Молекула, синтезируемая рабочей пчелой

Это, казалось бы, незначительное различие имеет для пчел чрезвычайно важное значение. Первую молекулу синтезирует пчелиная матка, а вторую — рабочие пчелы, и все пчелы умеют отличать первую молекулу от второй. Мы можем увидеть различие между пчелиной маткой и рабочей пчелой, если посмотрим на картинку.



Пчелиная матка



Рабочая пчела

*Рисунки любезно предоставлены Раймондом и Сильвией Чемберлен*

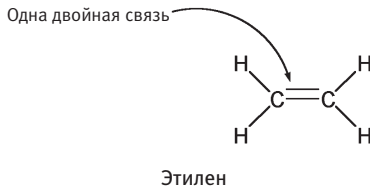
Сами пчелы для распознавания пользуются химическими сигналами. Можно сказать, они обладают химическим “зрением”.

Чтобы показать порядок соединения атомов в молекулах, химики пользуются структурными формулами. Атомы изображают с помощью химических символов, а связи между ними рисуют в виде черточек. Иногда между двумя атомами может быть не одна, а несколько черточек. Если черточек две, то это двойная связь (=), если их три, то связь тройная (≡).

В одной из самых простых органических молекул — в молекуле метана (болотного газа) — углерод окружен четырьмя простыми (одинарными) связями, каждая из которых соединяет его с атомом водорода. Химическая формула метана  $\text{CH}_4$ , а структурная формула выглядит так:



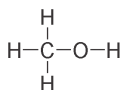
Самая простая органическая молекула с двойной связью — этилен ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ). Его структурная формула такова:



В данном случае углерод по-прежнему имеет четыре связи, поскольку двойная связь рассматривается как две одинарные. Этилен — очень простое и очень важное вещество. Это растительный гормон, способствующий созреванию плодов. Например, если яблоки хранить в непроветриваемом помещении, они быстро перезреют под действием собственного этилена.

(Можно ускорить созревание незрелых авокадо или киви, положив их в пакет со спелым яблоком.)

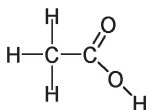
Органическое соединение метанол, или метиловый спирт, имеет химическую формулу  $\text{CH}_4\text{O}$ . Структура этого кислородсодержащего соединения представлена на рисунке:



Метанол

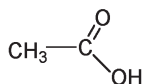
В данном случае атом кислорода имеет две простые связи, одна из которых связывает его с атомом углерода, а другая — с атомом водорода. И, как всегда, углерод окружен четырьмя связями.

В соединениях, в которых существует двойная связь между атомами углерода и кислорода, как в уксусной кислоте (уксусе), формула  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  не показывает однозначно, где расположена двойная связь. Именно по этой причине нам нужны структурные формулы: чтобы показать, в каком порядке соединяются атомы и где расположены двойные связи.

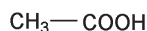


Уксусная кислота

Подобные структурные формулы можно изобразить и в сжатом виде. Тогда структурная формула уксусной кислоты примет следующий вид:

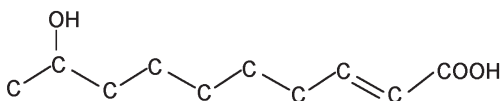


или даже

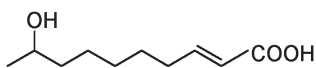




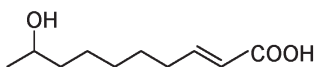
Кроме того, атомы углерода в формулах часто изображают связанными не по прямой линии, а под углом. На самом деле такая запись точнее отражает реальную структуру молекул. Изобразим молекулу, синтезируемую пчелиной маткой.



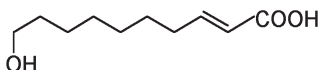
А в еще более сжатом виде можно опустить большинство атомов углерода:



Здесь конец линии и все пересечения обозначают место расположения атома углерода. Все остальные атомы, за исключением большинства атомов водорода и углерода, изображены. Если использовать данное упрощение, то разница между молекулами, синтезируемыми пчелиной маткой и рабочей пчелой, видна гораздо отчетливее.



Молекула, синтезируемая пчелиной маткой

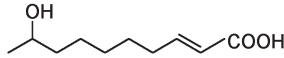


Молекула, синтезируемая рабочей пчелой

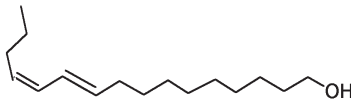
Кроме того, в таком виде проще сравнить эти молекулы с молекулами, которые синтезируют другие насекомые. Например, бомбикол — это феромон, или половой аттрактант, который синтези-



руют самцы тутового шелкопряда. В отличие от молекулы, синтезируемой пчелиной маткой (которая также является феромоном), эта молекула состоит из шестнадцати атомов углерода, имеет две двойные связи вместо одной и не содержит группы  $\text{COOH}$ .

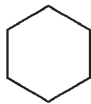


Молекула, синтезируемая пчелиной маткой



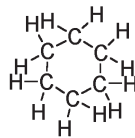
Молекула бомбикола

Особенно выгодно опускать изображение атомов углерода и водорода в формулах циклических соединений — достаточно распространенных структур, в которых атомы углерода образуют кольцо. Ниже приведена структурная формула молекулы циклогексана  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ .



Сжатая форма изображения химической структуры циклогексана. Пересечение любых двух линий указывает место расположения атома углерода. Атомы водорода не показаны.

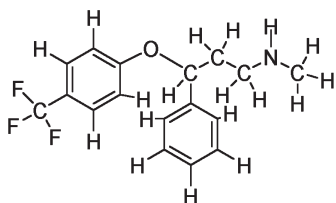
В развернутом виде структурная формула циклогексана выглядит так:



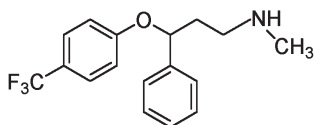
Развернутая форма изображения химической структуры циклогексана. Указаны все атомы и связи.

Как видно, если изобразить все атомы углерода и водорода, а также все связи, то формула получается перегруженной и трудной для восприятия. А если речь идет о более сложных молекулах, таких как антидепрессант прозак, то развернутая формула (показана ниже) значительно усложняет понимание.

Развернутая форма изображения структуры прозак

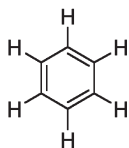


А вот сжатую форму воспринимать гораздо легче:



Прозак

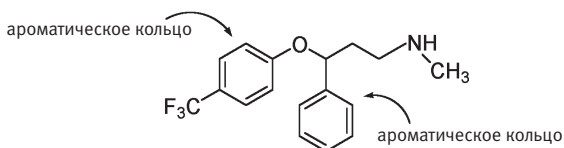
Еще один термин, который широко используется для описания химических веществ, — ароматическое соединение. В словарях ароматное или ароматическое вещество определяется как вещество, имеющее аромат, то есть пикантный или острый вкус и приятный запах. В химии употребляется слово “ароматический”, и многие ароматические соединения имеют запах, хотя далеко не всегда приятный. В химическом смысле ароматическое соединение — это соединение, имеющее в составе бензольное кольцо (см. ниже), которое чаще всего изображают в сжатом виде.



Структура бензола

Сжатая форма  
изображения молекулы бензола

Глядя на структурную формулу прозака, можно сказать, что в этой молекуле есть два ароматических (бензольных) кольца. Таким образом, прозак относится к ароматическим соединениям.



Два ароматических кольца в молекуле прозака

Мы совершили очень краткий экскурс в мир органических структур, но этого вполне достаточно, чтобы понять содержание данной книги. Мы будем сравнивать химические молекулы, чтобы показать их сходство и различие, и увидим, что чрезвычайно малые изменения в структуре молекул иногда могут привести к очень серьезному изменению свойств вещества. И именно через свои уникальные свойства некоторые молекулы оказали значительное влияние на цивилизацию.