

О. С. Gabrielyan, И. Г. Oстроумов,
С. Ю. Пономарев

ХИМИЯ

Учебник

Рекомендовано
Министерством
образования и науки
Российской Федерации

7-е издание, стереотипное



Москва



2019

УГЛУБЛЁННЫЙ УРОВЕНЬ

10

к л а с с



УДК 373.167.1:54
ББК 24.1я72
Г12

Габриелян, О. С.
Г12 **Химия. 10 класс. Углубленный уровень : учебник /**
О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, С. Ю. Пономарев. —
7-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2019. — 368 с. : ил. —
(Российский учебник).

ISBN 978-5-358-21275-6

Учебник продолжает курс химии, изложенный в учебниках «Химия. 8 класс» и «Химия. 9 класс» автора О. С. Габриеляна. Может быть использован при изучении курса органической химии на углубленном уровне.

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту среднего (полного) общего образования, включен в Федеральный перечень учебников.

УДК 373.167.1:54
ББК 24.1я72

РОССИЙСКИЙ УЧЕБНИК

Учебное издание

Габриелян Олег Сергеевич
Остроумов Игорь Геннадьевич
Пономарев Сергей Юрьевич

ХИМИЯ. 10 класс
Углубленный уровень
Учебник

Зав. редакцией *Т. Д. Гамбурцева*. Ответственный редактор *Т. Д. Гамбурцева*
Художественный редактор *О. А. Новотоцкий*. Художественное
оформление *Ю. В. Христинич*. Технический редактор *И. В. Грибкова*
Компьютерная верстка *С. Л. Мамедова*. Корректор *Е. Е. Никулина*

Подписано к печати 24.05.18. Формат 60 × 90 ¹/₁₆.

Гарнитура «Школьная». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 23,0. Тираж 7000 экз. Заказ №

ООО «ДРОФА». 123308, Москва, ул. Зорге, дом 1, офис № 313.



rosuchebnik.rf/метод

Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги
можно отправлять по электронному адресу: expert@rosuchebnik.ru

По вопросам приобретения продукции издательства обращайтесь:
тел.: 8-800-700-64-83; e-mail: sales@rosuchebnik.ru

Электронные формы учебников, другие электронные материалы и сервисы:
LECTA.ru, тел.: 8-800-555-46-68

В помощь учителю и ученику: регулярно пополняемая библиотека дополнительных
материалов к урокам, конкурсы и акции с поощрением победителей, рабочие программы,
вебинары и видеозаписи открытых уроков rosuchebnik.rf/метод

ISBN 978-5-358-21275-6

© ООО «ДРОФА», 2013

Введение

§ 1

Предмет органической химии. Органические вещества

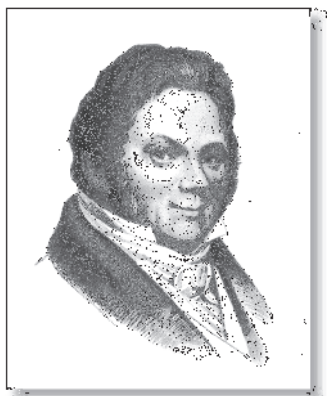
Органической химией изначально называлась химия веществ, полученных из организмов растений и животных.

С такими веществами человечество знакомо с глубокой древности. Люди умели получать уксус из прокисшего вина, а эфирные масла — из растений, выделять сахар из сахарного тростника, извлекать природные красители из организмов растений и животных. Ещё в IX в. арабские алхимики разделяли все вещества в зависимости от источника их получения на минеральные (неорганические), животные и растительные (органические).

Долгое время считалось, что для получения органических веществ нужна особая «жизненная сила» — *vis vitalis*, которая действует только в живых организмах,

Берцелиус Йенс Якоб
(1779—1848)

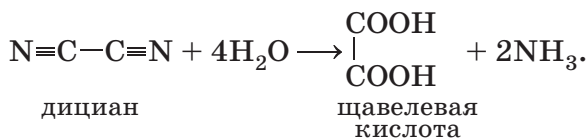
.....



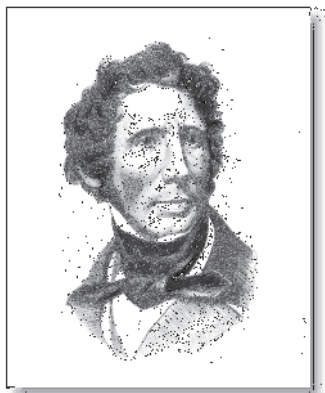
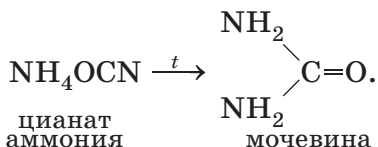
Шведский химик, президент Королевской академии наук. Научные исследования охватывают все главные проблемы общей химии первой половины XIX в. Экспериментально проверил и доказал достоверность законов постоянства состава и кратных отношений применительно к неорганическим оксидам и органическим соединениям. Определил атомные массы 45 химических элементов. Ввёл современные обозначения химических элементов и первые формулы химических соединений.

а химики способны всего лишь выделять органические вещества из продуктов жизнедеятельности, но не могут синтезировать их. Поэтому шведский химик Й. Я. Берцелиус определял органическую химию как химию растительных или животных веществ, образующихся под влиянием «жизненной силы». Именно Берцелиус ввёл понятия «органические вещества» и «органическая химия».

К середине XIX в. в химии накопилось большое количество фактов получения в лабораторных условиях органических веществ из неорганических, а также взаимопревращений органических соединений без какой-либо «жизненной силы». Немецкий учёный Ф. Вёлер в 1824 г. впервые осуществил синтез органического вещества — получил щавелевую кислоту путём взаимодействия двух неорганических веществ — дициана и воды:



А в 1828 г. Ф. Вёлер, нагревая водный раствор неорганического вещества цианата аммония, получил *мочевину* — продукт жизнедеятельности организмов животных:



Вёлер Фридрих (1800—1882)

Немецкий химик. Иностраннный член Петербургской академии наук (с 1853 г.). Его исследования посвящены как неорганической, так и органической химии. Открыл циановую кислоту (1822), получил алюминий (1827), бериллий и иттрий (1828).

Изумлённый таким результатом, Вёлер написал Берцелиусу: «Должен сказать вам, что я умею приготовить мочевины, не нуждаясь ни в почке, ни в животном организме вообще...»

Первые синтезы органических веществ значительно поколебали позиции *витализма*¹. Блестящие синтезы: анилина Н. Н. Зининым (1842), карбоновых кислот Г. Кольбе и Э. Франкландом (1847), жироподобных веществ М. Бертло (1854), аналогов природных сахаров А. М. Бутлеровым (1861) окончательно развеяли миф о «жизненной силе».

Данное немецким химиком К. Шорлеммером (1834—1892) ещё в XIX в. определение предмета органической химии не потеряло актуальности и в наши дни:



органическая химия есть химия углеводов и их производных, т. е. продуктов, образующихся при замене атомов водорода другими атомами или группами атомов.

Сейчас органическую химию чаще всего называют *химией соединений углерода*. Только оксиды углерода, угольная кислота и её соли (карбонаты), карбиды и некоторые другие простейшие соединения углерода относят к неорганическим.

Почему же из более чем ста элементов Периодической системы Д. И. Менделеева именно углерод природа положила в основу всего живого? Ответ на этот вопрос неоднозначен. Многое вам станет понятно, когда вы рассмотрите строение атома углерода и поймёте слова Д. И. Менделеева, написанные им в «Основах химии» об этом замечательном элементе: «Углерод встречается в природе как в свободном, так и в соединительном состоянии, в весьма различных формах и видах... Способность атомов углерода соединяться между собой и давать сложные частицы проявляется во всех углеродистых соединениях... Ни в одном из элементов... способности к усложнению не развито в такой степени, как в углероде... Ни одна пара элементов не даёт столь много соединений, как углерод с водородом».

¹ *Витализм* — учение о жизненной силе.

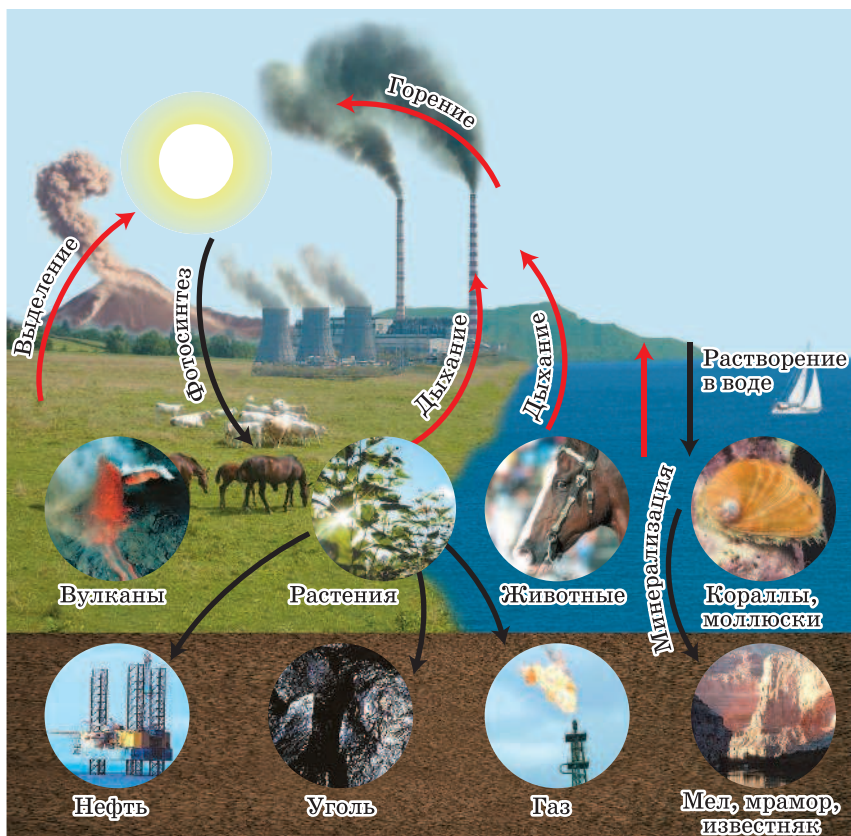


Рис. 1. Круговорот углерода в природе

Многочисленные связи атомов углерода между собой и с атомами других элементов (водорода, кислорода, азота, серы, фосфора), входящих в состав органических веществ, могут разрушаться под влиянием природных факторов. Поэтому углерод совершает непрерывный круговорот в природе: из атмосферы (углекислый газ) — в растения (фотосинтез), из растений — в животные организмы, из живого — в мёртвое, из мёртвого — в живое (рис. 1).

Органические вещества имеют ряд особенностей, которые отличают их от неорганических веществ.

1. Неорганических веществ насчитывается менее 500 тыс., тогда как органических — более 27 млн.

2. В состав всех органических веществ входят углерод и водород, поэтому большинство из них горючи и при горении обязательно образуют углекислый газ и воду.

3. Органические вещества построены более сложно, чем неорганические, и многие из них имеют огромную молекулярную массу, например те, благодаря которым происходят жизненные процессы: белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты и т. д.

4. Органические вещества можно расположить в ряды сходных по составу, строению и свойствам соединений — **гомологов**.



Гомологическим рядом называется ряд веществ одного класса, сходных по строению и химическим свойствам, расположенных в порядке возрастания их относительных молекулярных масс; при этом каждый член ряда отличается по составу от предыдущего на **гомологическую разность CH_2** .

5. Для органических веществ характерно явление **изомерии**, очень редко встречающееся среди неорганических веществ.



Изомерия — это явление существования **изомеров**, т. е. веществ различного строения, но с одинаковым качественным и количественным составом (одинаковой молекулярной формулой).

Величайшим обобщением знаний о неорганических веществах является Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Для органических веществ аналогом такого обобщения служит **теория строения органических соединений А. М. Бутлерова**. Детальному рассмотрению основных положений этой теории будет посвящён следующий параграф.

Для количественной характеристики способности атомов одного элемента соединяться с определённым числом атомов другого элемента в неорганической химии, где большинство веществ имеет немолекулярное строение, применяют понятие «*степень окисления*». В органической химии, где для соединений более характерно молекулярное строение, используют понятие «*валентность*». Вспомните, что означают эти понятия, сравните их.

Велико значение органической химии в нашей жизни. В любом организме в любой момент протекает множество превращений одних органических веществ в другие. Поэтому без знаний органической химии невозможно понять, как функционируют системы, образующие живой организм.

С помощью органического синтеза получают разнообразные органические вещества: волокна, каучуки, пластмассы, красители, пестициды, витамины, гормоны, лекарства и т. д.

Многие современные продукты и материалы, без которых мы не можем обходиться, являются органическими веществами.



- 1 Кто ввёл понятия «органические вещества» и «органическая химия»?
- 2 Как называлось учение о «жизненной силе»? Объясните этимологию (происхождение) этого термина. Какие открытия нанесли удар по этому учению?
- 3 Что изучает органическая химия? Дайте определение этой науки.
- 4 Что отличает органические вещества от неорганических?
- 5 Что общего в смысле понятий «валентность» и «степень окисления»? Что отличает их друг от друга?
- 6 Какие группы природных и синтетических органических веществ вы знаете?
- 7 Составьте формулы веществ по массовым долям химических элементов: а) углерод 12,5%; водород 8,3%; кислород 50,0%; азот 29,2%; б) углерод 14,3%; водород 1,2%; кислород 57,1%; натрий 27,4%; в) углерод 17,6%; водород 1,5%; кислород 47,1%; натрий 33,8%; г) углерод

29,3%; водород 3,7%; кислород 39,0%; натрий 28,0%; д) углерод 20,0%; водород 6,6%; кислород 26,7%; азот 46,7%. Выскажите предположение, какие из этих веществ относятся к неорганическим, а какие — к органическим.

- 8 Реагируют 2 моль вещества А с 1 моль кислорода, в результате чего образуется 2 моль углекислого газа. Реагируют 2 моль вещества Б с 3 моль кислорода, при этом выделяется 2 моль углекислого газа и 4 моль водяных паров. Какое из веществ, А или Б, является неорганическим, а какое — органическим? Ответ обоснуйте.
- 9 Исследуйте различия свойств неорганических и органических веществ на примере отношения их к нагреванию. На кончик металлического шпателя с изолированной ручкой положите несколько кристалликов сахара (сахароза — органическое вещество) и нагревайте их в пламени горелки. Аналогичный опыт проведите с кристалликами поваренной соли. Опишите наблюдаемые различия.
- 10 Найдите в Интернете сообщения о достижениях в области органической химии.

§ 2 Теория строения органических соединений А. М. Бутлерова

Органическая химия как наука оформилась в начале XIX в. Первая теория в органической химии — *теория радикалов*. Химиками было обнаружено, что при химических превращениях группы из нескольких атомов в неизменном виде переходят из молекулы одного вещества в молекулу другого вещества, подобно тому как переходят из молекулы в молекулу атомы элементов. Такие «неизменяемые» группы атомов и получили название радикалов.

Однако далеко не все учёные были согласны с теорией радикалов. Многие вообще отвергали идею атомистики — представления о сложном строении молекулы и существовании атома как её составной части. То, что неоспоримо доказано в наши дни и не вызывает ни малейших сомнений, в XIX в. было предметом ожесточённых споров.

Теорию радикалов сменила *теория типов*, в соответствии с которой предполагалось, что реакции органических веществ сходны с реакциями простейших неорганических соединений. Основоположник этой теории Ш. Жерар предложил разделить органические вещества на группы, близкие по своему типу к воде, хлороводороду, аммиаку и т. д. Во многих случаях одно и то же соединение изображали десятками типических формул. По мере накопления экспериментального материала теория типов зашла в тупик.

Потерпело поражение и учение о витализме, которое, как вы уже знаете, не устояло перед достижениями практической химии.

Органическая химия накапливала всё больше фактов о соединениях углерода, число которых постоянно росло (табл. 1).

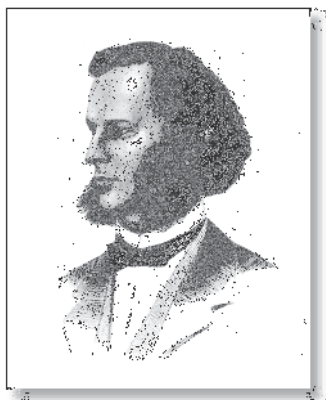
Объяснить причины многообразия органических веществ учёные не могли. Ещё больше вопросов вызывало существование изомеров. Эти вещества имели совершенно одинаковый состав, но проявляли при этом разные физические и химические свойства.

Уже известный вам Ф. Вёлер в одном из писем Й. Я. Берцелиусу так описывал органическую химию того времени: «Органическая химия может сейчас кого угодно свести с ума. Она кажется мне дремучим лесом, полным удивительных вещей, безграничной чащей, из

РОСТ ЧИСЛА ИЗВЕСТНЫХ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Таблица 1

Год	Число известных органических соединений
1880	12 000
1910	150 000
1940	500 000
1970	2 000 000
1980	5 500 000
2003	27 000 000
2017	89 000 000



Кекуле Фридрих Август (1829—1896)

Немецкий химик-органик. Его исследования были сосредоточены в области теоретической органической химии и органического синтеза. Высказал мысль о валентности как о целом числе единиц сродства, которым обладает атом (1857). Углерод считал четырёхвалентным элементом (как и Г. Кольбе).

которой нельзя выбраться, куда не осмеливаешься проникнуть...»

Большое влияние на развитие химии в это время оказали работы английского химика Э. Франкланда, который, опираясь на идеи атомистики, в 1853 г. ввёл понятие «валентность». Однако валентность углерода во многих соединениях, например в этане C_2H_6 и пропане C_3H_8 , вызвала ещё больше вопросов. В 1857 г. немецкий химик Ф. А. Кекуле отнёс углерод к четырёхвалентным элементам, а в 1858 г. он одновременно с шотландским химиком А. Купером (1831—1892) отметил, что атомы углерода способны соединяться друг с другом в различные цепи.

Однако за уже установленными фактами и частными выводами и Франкланд, и Кекуле не увидели общей концепции. Оставался открытым вопрос, как определять строение молекулы. Была необходима научная теория органических соединений. Такая теория была создана русским учёным Александром Михайловичем Бутлеровым. Именно его пытливый ум «осмелился проникнуть» в «дремучий лес» органической химии и начать преобразования этой «безграничной чащи» в залитый солнечным светом регулярный парк с системой дорожек и аллей.

Основные идеи новой теории впервые были высказаны Бутлеровым в 1861 г. в докладе «О химическом строении веществ» на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в г. Шпейере.

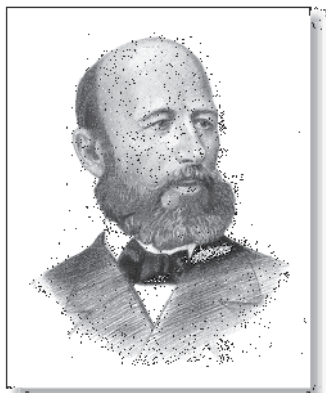
Кратко сформулировать положения и следствия теории строения А. М. Бутлерова можно следующим образом:

1. Атомы в молекулах веществ соединены согласно их валентности. Углерод в органических соединениях в большинстве случаев четырёхвалентен, а его атомы способны соединяться друг с другом, образуя различные цепи.

2. Свойства веществ определяются не только их качественным и количественным составом, но и порядком соединения атомов в молекуле, т. е. химическим строением вещества.

3. Свойства органических соединений зависят не только от состава вещества и порядка соединения атомов в его молекуле, но и от взаимного влияния атомов и групп атомов друг на друга. (Наибольшее влияние оказывают атомы, непосредственно связанные друг с другом. Влияние атомов или групп атомов, не связанных непосредственно, ослабевает по мере их удаления друг от друга.)

Рассмотрим подробнее положения теории строения органических соединений. Свойства вещества зависят от того, из каких атомов состоит его молекула. Этот состав отражает *молекулярная формула*. Молекула метана CH_4 состоит из атомов углерода и водорода. Это вещество при обычных условиях — газ, который вступает в химические реакции с трудом. В состав молекул метилового спирта CH_3OH , помимо атомов углерода и водорода, входит атом кислорода. Метиловый спирт в тех



Бутлеров Александр Михайлович (1828—1886)

.....
Русский химик, профессор химии Казанского университета (1857—1868). С 1869 по 1885 г. профессор Петербургского университета, академик Петербургской академии наук (с 1874 г.). Создатель теории химического строения органических веществ (1861). Предсказал и изучил изомерию органических соединений. Синтезировал многие вещества.

же условиях — это уже жидкость, которая способна реагировать с различными веществами, например с серной кислотой, металлическим натрием. Различные свойства этих соединений обусловлены их различным качественным составом.

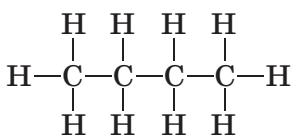
Этилен, имеющий молекулярную формулу C_2H_4 , легко полимеризуется (всем хорошо знаком продукт этой реакции — полиэтилен), в то время как метан CH_4 к такому превращению не способен. Заметьте, что молекулы обоих этих веществ имеют одинаковый качественный состав, т. е. состоят из атомов углерода и водорода. Быть может, определяющим фактором реакционной способности является количественное соотношение атомов в молекуле? Сравним свойства ацетилена C_2H_2 и бензола C_6H_6 . Помимо одинакового качественного состава количественное соотношение числа атомов в молекулах этих веществ также совпадает: на один атом углерода приходится один атом водорода, простейшая (эмпирическая) формула ацетилена и бензола CH . Однако ацетилен легко присоединяет галогены (обесцвечивает бромную воду), а бензол вступает в реакцию с бромом только в присутствии катализатора. Следовательно, одинаковое количественное соотношение числа атомов в молекулах органических веществ также не гарантирует совпадение их химических свойств.

Попробуем выдвинуть следующую гипотезу: если молекулярные формулы двух веществ А и Б одинаковы, то и их химические свойства совпадают. Следующий логический шаг в этой цепочке рассуждений неизбежно приведёт нас к утверждению, что А и Б являются одним и тем же веществом. Так ли это?

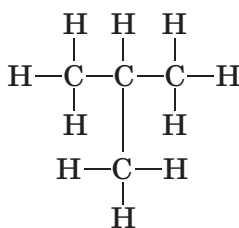
При обработке этана азотной кислотой образуется нитроэтан — вещество состава $C_2H_5NO_2$, бесцветная жидкость с резким запахом, нерастворимое в воде. В 1820 г. французский химик А. Браконно (1780—1855) из продуктов гидролиза животных тканей выделил бесцветное кристаллическое вещество, без запаха, сладковатого вкуса, легко растворимое в воде. Сегодня это вещество называют глицином. Тот факт, что глицин имеет такую же молекулярную формулу, как и нитроэтан, — $C_2H_5NO_2$, разрушает нашу гипотезу о совпадении свойств веществ с одинаковым качественным

и количественным составом. Как оказалось, не только физические, но и химические свойства нитроэтана и глицина коренным образом различаются. Как вы, наверное, догадались, мы столкнулись с очень распространённым в органической химии явлением, которое называется изомерией.

Вещества одинакового состава, а значит, имеющие и одинаковую молекулярную массу, также могут отличаться по свойствам, если они имеют различное химическое строение. Такие вещества, как вы знаете, называются изомерами, а явление — изомерией. Причиной изомерии является различный порядок расположения атомов в молекуле. Молекулярная формула показывает только качественный и количественный состав соединения, но не несёт информации о порядке связей атомов в молекуле. Так, для молекул формулы C_4H_{10} возможны два различных порядка связи атомов углерода в цепи. К цепи из трёх атомов углерода четвёртый углеродный атом может быть присоединён двумя способами: либо к одному из крайних атомов, либо к среднему атому. Действительно, молекулярная формула C_4H_{10} соответствует двум различным соединениям, отличающимся расположением атомов в молекулах: нормальному бутану (*n*-бутану), т. е. соединению, содержащему неразветвлённую цепь атомов углерода, и изобутану, молекула которого имеет разветвлённое строение.



n-бутан



изобутан

Физические свойства этих соединений отличаются: изобутан имеет более низкие температуры кипения и плавления, чем *n*-бутан. Химические свойства данных изомеров различаются незначительно, так как они имеют одинаковые качественный состав и характер связи между атомами в молекуле.

Таким образом, с точки зрения теории А. М. Бутлерова существование изомеров — не загадочное явление, противоречащее представлениям людей об окружающем мире, а закономерный результат вариативности соединения атомов в молекуле.

Очевидно, что способность атомов углерода соединяться друг с другом и образовывать «цепи» легко объясняет «неправильную» формальную валентность углерода в этане C_2H_6 (формальная валентность 3), пропане C_3H_8 (формальная валентность $8/3$) и других органических соединениях. Структурные формулы, например бутана и изобутана, лишь подтверждают это.

Различное количество атомов углерода в молекулах и их способность, соединяясь друг с другом, образовывать разные комбинации («скелеты» молекул) делают понятной причину многообразия органических веществ.

Подводя итоги, необходимо заметить, что теория строения органических соединений возникла не случайно, предпосылками её создания явились:

- накопление большого количества разрозненных фактов об органических веществах и их свойствах;
- наличие неясностей и противоречий в известном фактическом материале;
- работы предшественников А. М. Бутлерова и результаты его собственной работы;
- личностные качества А. М. Бутлерова, талантливо-го исследователя и учёного.

Значение учения о строении органических соединений трудно переоценить. Теория А. М. Бутлерова объяснила кажущиеся противоречия в знаниях об окружающем мире, творчески обобщила достижения в области химии и представила качественно новый подход к пониманию строения и свойств веществ. Она указала направления и возможные пути получения новых необходимых людям лекарственных средств, синтетических красителей, полимеров и пластмасс, взрывчатых веществ и других соединений с заданными свойствами.

Как и Д. И. Менделеев, который на основе Периодического закона предсказал существование ещё не открытых галлия, скандия и германия, так и А. М. Бут-