УДК 547.112:541.14(083.73)

ЛИНЕЙНО-ЦЕПНОЕ КОДИРОВАНИЕ ФОРМУЛ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. VII. СТАРШИНСТВО

© Я.Э. Брюске

Bruske Y.E. Line-chain notation of the formulae of organic compounds. VII. Seniority. The system of rules is generated, defining the structure and order of a disposition of messages in line-chain code and the order of construction on a code of a compound name (rules of seniority). The author formulates natural principles of these rules. The orders of seniority are specified for atoms, chemical bonds and more complicated constituents of the organic molecule: hydrocarbon and heterocyclic radicals (fragments) as well as non-hydrocarbon (characteristic) groups of atoms. The seniority order is used for a comparing sets of homogenious indications, defining some properties of a molecule, for example, numbers (locants) of several identical substituents.

Очевидно, при изучении любой системы возникает необходимость в разработке правил для упорядочения выделения и описания (названия) составляющих ее частей. Порядок формирования названия органического соединения из названий отдельных составных частей его молекулы определяется правилами старшинства, причем этот порядок может быть как прямым (возрастающее старшинство), так и обратным (убывающее старшинство) [1]. Установление таких правил - одна из главных задач упорядочения номенклатуры органических соединений [2].

В современной номенклатуре (ИЮПАК) правила старшинства рассредоточены по всему тексту применительно к отдельным правилам формирования названия соединения [3] и без какого-либо общего руководящего принципа [2]. Цель настоящей работы - сформировать набор правил старшинства применительно к линейно-цепному кодированию. Поскольку последнее тесно связано с номенклатурой, эти правила также будут вступать в "контакт" с правилами старшинства номенклатуры ИЮПАК, с которыми автор старался допускать как можно меньше противоречий. Большая роль правил старшинства в линейно-цепном кодировании подтверждается тем, что в предшествовавших этой работах автору пришлось формулировать и применять многие из таких правил, и они здесь "разбросаны" [3 - 9] так же, как и в номенклатуре ИЮПАК.

Составные части органической молекулы. Такими частями могут быть не только атомы составляющих ее химических элементов, соединенных в определенном порядке, но и группы атомов, выделяемых в соответствии с особенностями структуры конкретной молекулы. Любая составная часть молекулы называется обычно компонентом [1] или фрагментом [2], причем первый из этих терминов характеризует часть в составе системы как целого, а второй - в отрыве от этого состава [10]. В современной номенклатуре выделяют родоначальную структуру (компонент или фрагмент), название которой составляет корень слова-названия всей молекулы. Обычно это - название соответствующего углеводорода или гетероцикла. Любой другой фрагмент, образующий химическую связь с родоначальной структурой путем замещения (не обязательно фактического, т. е. по реакции) в ней водорода, называется заместителем. Углеводородные заместители называются радикалами, а неуглеводородные - характеристическими группами, причем характерным признаком такой группы является не отсутствие в ней атома углерода, а образование химической связи ее с компонентом, у которого она замещает водород, посредством неуглеродного атома [3, 11].

В современной номенклатуре неявно сохраняется деление характеристических групп на функциональные и нефункциональные [11]. Такое деление является важным, т. к. одним из существенных признаков функциональной группы является наличие в ней водорода, способного к дальнейшему замещению [12]. Замещение этого водорода углеводородным радикалом приводит к образованию соединения с разобщенными углеводородными фрагментами (соединения со связывающими функциями [8]), поэтому целесообразно атомы углерода в состав характеристической группы не включать совсем, несмотря на то, что в современной номенклатуре это делают. Приведенный выше признак, очевидно, недостаточен, т. к. существуют группы, не содержащие такого водорода, но отнесение которых к функциональным общепринято (карбонил, нитрил). Отличительной особенностью такой группы является то, что тот гетероатом, который связывает ее с родоначальной структурой или радикалом (ключевой атом [1]), образует с ней кратную связь, замещая два или три атома водорода у одного и того же углерода, а не один. По такому признаку функциональные группы классифицируются как одно- и многовалентные [13] (одно- и многоатомные функции [14]) и по нему авторы этих курсов органической химии проводят классификацию производных углеводородов.

Понятие "функциональная группа" следует отличать от более короткого термина "функция". Иногда отождествляют значения обоих терминов не только друг с другом, но и с понятием "реакционная способность", однако в этом случае все органические соединения, начиная от предельных углеводородов, придется отнести к соединениям с функциональными группами,

что справедливо критикует автор [12]. Автор [13] определяет функцию (химическая функция), как такое место в органической молекуле, образование которого придает веществу специфическую реакционную способность, обычно превышающую реакционную способность предельных углеводородов. Это - кратные связи, все неуглеродные атомы и содержащие их группы. Называя затем группы, содержащие функцию, функциональными группами, он явно относит не только все характеристические, но и некоторые углеводородные группы к функциональным. Вполне соглашаясь с упомянутым определением функции, следует отметить, что отнесение всех таких групп к функциональным является слишком широким и, очевидно, неправомерно.

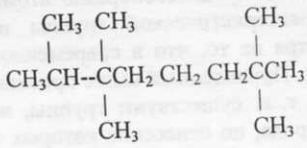
Таким образом, типовыми составными частями органической молекулы являются углеводородные или гетероциклические компоненты (радикалы) и характеристические группы, причем характеристическая группа может состоять и из одного неуглеродного атома. Для этих компонентов и следует, очевидно, составлять правила старшинства.

Основные принципы старшинства. Первый принцип, сформулированный авторами [1]:

Старшим считается более сложный компонент. Понятие сложности относительно и иногда неоднозначно, поэтому оно соблюдается не всегда.

Второй принцип, являющийся, по-существу, следствием первого: Старшим считается больший компонент, например, имеющий большее число атомов. Обычно этот принцип применяется к однородным компонентам (этил старше метила). Старшинство разнотипных компонентов может этому принципу не подчиняться.

Старшинство множеств. Часто у некоторых компонентов сравнивают множества имеющихся у них однородных признаков. Эти множества должны быть упорядоченными (последовательности [15]), обычно по неубыванию (последующий член равен или больше предшествующего). Например, в углеводороде



при нумерации атомов главной цепи слева направо углеводород следует назвать 2,3,3,7,7-пентаметилоктан, а при обратном порядке нумерации он будет назван 2,2,6,6,7-пентаметилоктаном. Оба множества номеров (локантов [3, 16]) присоединенных метильных радикалов упорядочены, и для выбора нумерации их сравнивают почленно, начиная с первого, до появления первого различия, которое находится здесь на втором месте. Правильной считается та нумерация, у которой номер в этом месте меньше, а последующие номера уже не влияют на результат сравнения. Поэтому правильной является вторая нумерация главной цепи этого углеводорода, то есть справа налево.

В современной номенклатуре этот прием сравнения называют принципом наименьших отдельных номеров [3, 16, 17]. По-существу он представляет собой разновидность применяющегося для сравнения последовательностей лексикографического порядка [15, 18]. Здесь также члены множеств сравнивают в возрастающем порядке их одинаковых номеров (мест, индексов) до появления первого различия. Лексикографически меньшим считают то множество, у которого отличающийся член меньше. Здесь, в соответствии со вторым принципом старшинства, целесообразно применять термины лексикографически младшее и лексикографически старшее множество. Множество локантов 2,2,6,6,7 младше множества 2,3,3,7,7, то есть выбор правильной нумерации по принципу наименьших номеров совпадает с выбором лексикографически младшего множества.

Старшинство атомов. В органических соединениях углерод является главным элементом, поэтому он и должен быть самым старшим. В линейно-цепном коде это его наибольшее старшинство выражается в том, что номера, обозначающие в коде углеродные атомы, старше символов всех неуглеродных (гетеро) атомов [8]. Из других элементов целесообразно старшими сделать те, которые чаще встречаются в составе органических молекул (элементы-органогены [13, 14, 19]). "Лидером" среди элементов-органогенов является, конечно, кислород и его уже предлагали сделать самым старшим элементом [2]. Второе место должен по праву занимать азот, который к тому же занимает ведущее место в составе гетероциклических соединений [3, 11]. В порядке убывающего старшинства элементы-органогены вместе с углеродом должны составлять следующий ряд:

C>O>N>S>P>F>Cl>Br>I

Для остальных элементов периодической системы Д.И. Менделеева целесообразно принять ряд последовательности, которая идет в порядке убывающего старшинства сверху вниз в подгруппе элементов и по подгруппам в следующем порядке:

VIIA>VIA>VA>IVA>IIIA>IIB>IB>VIIIB(Ni>Pd>Pt>
>Co>Rh>Ir>Fe>Ru>Os)>VIIB>VIB>VB>IVB>IIIB(Sc>
>Y>La...Lu>Ac...Lr)>IIA>IA>VIIIA.

Этот ряд применяется для выбора последовательности различных координирующих атомов одного и того же лиганда в комплексном соединении [20] и при определении формы повторяющегося звена в полимерной молекуле [21]. Для линейно-цепного кодирования из середины этого ряда, в соответствии с вышеописанным, следует удалить C, O, N, S, P и поместить их впереди:

C>O>N>S>P>VIIA>VIA>... и далее, как выше.

Интересно, что в этом ряду не нашлось места для водорода: подгруппа VIIA начинается со фтора, IA - с лития [20, 21]. Для линейно-цепного кодирования эта особенность оказалась весьма подходящей: занимая второе место в составе органического соединения, водород, в отличие от углерода, играет незначительную роль в формировании структуры молекулы, образуя как бы ее оболочку, и в линейно-цепном коде атомы водорода, за небольшими исключениями [8], не обо-

значают. Водород, очевидно, следует считать самым младшим элементом.

Старшинство нумерованных гетероатомов. Гетероатом получает номер, когда он попадает в цикл, формально замещая в нем углеводородную группу. Такая замена показывает генетическую связь гетероцикла с соответствующим углеводородом, что отражено в современных названиях гетероциклов в форме заменительной номенклатуры (а-номенклатура) [3, 11].

В линейно-цепном коде для нумерации гетероатомов применяется символ углерода (С-замена [8]). Нумерованные гетероатомы считаются старше углеродных (номеров). Этот порядок соответствует как первому принципу старшинства (гетероцикл сложнее соответствующего карбоцикла), так и порядку, принятому в номенклатуре ИЮПАК. Ряд старшинства самих нумерованных гетероатомов совпадает с рядом ненумерованных.

Старшинство химических связей. Старшинство связей необходимо определять тогда, когда в линейно-цепном коде они обозначены явно. Это - кратные и нецепные связи углеродных атомов, все связи гетероатомов и начальные атомы, обозначающие отсутствие некоторых возможных цепных связей. Поскольку связи обозначают номерами [4] (меньшим номером для цепной кратной связи [7]) или символами образующих атомов [8], их старшинство определяют в одном и том же ряде со старшинством атомов. Старшинство связи определяют по старшему из образующих ее атомов, а если они одинаковые, то по младшему. В порядке старшинства атомов связь занимает место непосредственно после ее старшего атома, то есть углерод-углеродная связь, связи С-О, С-N, С-S, например, младше углерода (номера), но старше любого гетероатома, связи N-O и P-O младше кислорода, но старше азота. Связь большей кратности старше связи меньшей кратности между такими же атомами (второй принцип старшинства). В соответствии с первым принципом старшинства внешняя связь (между атомами разных фрагментов [6]) старше такой же внутренней (между атомами одного и того же фрагмента) связи.

Этот подход к определению старшинства связей уже был неявно применен при упорядочении множества нецепных связей в углеводороде и при формировании правил канонической цепной нумерации циклических углеводородов [4]. Из двух нецепных связей старшей считается та, у которой старше, то есть больше второй номер, а если они одинаковые, то первый, а упорядочены они по возрастающему старшинству (индексами последовательностей являются собственные номера нецепных связей и начальных атомов [4, 5]). В терминах лексикографического порядка правила канонической цепной нумерации можно сформулировать с меньшим числом пунктов:

1. Число начальных атомов должно быть как можно меньшим.

2. Множество номеров начальных атомов должно быть лексикографически наиболее старшим (самым большим).

3. Множество нецепных связей должно быть лексикографически наиболее старшим.

Здесь так же, как и в [4], пункты правил расположены в порядке уменьшающегося старшинства: действие одного из них не должно ухудшать результат применения ни одного из пунктов с меньшим номером. Увеличение лексикографического старшинства последовательности нецепных связей при перенумерации атомов бицикло[3.2.1]октана показано в [4].

Для ациклических углеводородов правила однозначной нумерации не являются каноническими [5], и сформулировать некоторые из их пунктов в терминах лексикографического порядка не удалось.

Старшинство фрагментов. Здесь термин "фрагмент" обозначает самостоятельный углеводородный компонент, замещающий водород в родоначальной структуре или в другом таком же фрагменте [6], в этом же значении термин применяется и к самостоятельному гетероциклическому компоненту. Родоначальная структура названа главным фрагментом, у которого остальные фрагменты играют роль заместителей. Один заместитель может состоять из нескольких фрагментов, когда они последовательно замещают водороды друг у друга, начиная от главного фрагмента. В линейно-цепном коде углеродные атомы каждого фрагмента имеют самостоятельную [6] (автономную [1]) нумерацию.

а) Основной принцип старшинства фрагментов. В основу выбора, а так же и составления систематического названия любого фрагмента целесообразно положить общее число составляющих его атомов углеродного или гетероциклического скелета. Этот подход позволил значительно упростить и формирование линейно-цепного кода и составление по нему названия соединения [5 - 7]. Другие приемы построения названий, применяющиеся в номенклатуре ИЮПАК [3, 11], требуют весьма частого обращения к справочнику не только для выбора названия, но и для определения соответствующего ему специфического и часто довольно сложного способа нумерации, в котором, кроме чисел, иногда используют буквы. Из вышеизложенного определяется главный критерий старшинства фрагментов [5]: старше фрагмент, имеющий большее общее число атомов скелета, например, гептан старше не только гексана, но и любого цикло- или гетероцикло-гексана. Логика такого подхода следует из второго принципа старшинства: любой гептан должен быть старше любого гексана, и проблема старшинства фрагментов сводится к определению порядка его среди фрагментов с одинаковым числом скелетных атомов. Среди таких фрагментов, в соответствии с первым принципом старшинства, циклическая структура старше алифатической, а из циклов старше гетероцикл.

б) Старшинство углеводородных фрагментов. Порядок старшинства здесь следующий:

Старше линейно-цепной код. Сравнение осуществляется так же, как и при получении наиболее старшего кода путем перенумерации скелетных атомов циклического углеводорода и проводится по указанным выше трем пунктам, к которым, при одинаковости результатов сравнения по ним, ввиду возможности в циклических изомерных скелетах молекул различного числа нецепных связей, добавляют:

4. Больше нецепных связей.

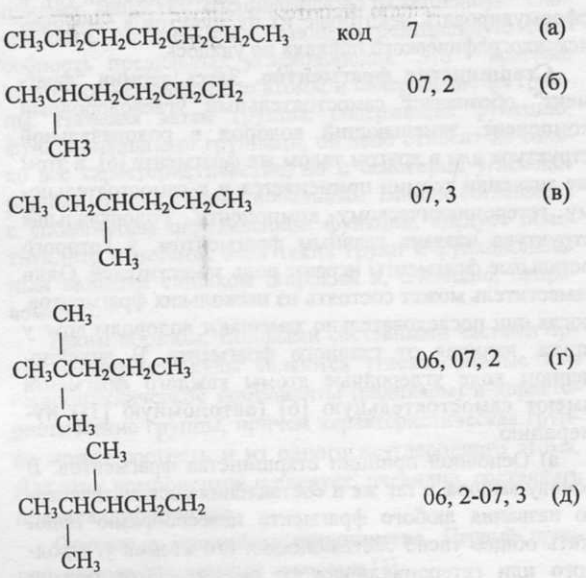
Старшинство кода ациклического углеводорода определяют аналогично, но без первого пункта:

2. Лексикографически старше множество номеров конечных атомов.

3. Лексикографически старше множество нецепных связей.

В отличие от [5], при отсутствии первого пункта сравнивать множества конечных атомов лучше, так как, когда нет начальных атомов, например, у

н-гептана последний седьмой атом является одновременно конечным. Условие, аналогичное п. 4 для циклических углеводородов, здесь не нужно.



Порядок уменьшающегося старшинства такой: (а)(по 2)>(в)(по 3)>(б)(по 2)>(д)(по 3)>(г). Изомеры циклодекана (рис. 1) в порядке убывающего старшинства расположатся так: (а)(по 3, вторая нецепная связь)>(б)(по 3, первая нецепная связь)>(в)(по 3)>(г)(по 1)>(д). Подобное определение старшинства циклических изомеров по кодам (шифрам) уже применяли авторы [1].

в) Старшинство гетероциклических фрагментов. Старше тот гетероцикл, у которого больше общее число гетероатомов.

Когда сравнение по первым четырем пунктам (второму и третьему для ациклических углеводородов) не дает различия, а симметрия структур допускает варианты, старше будет фрагмент,

5. имеющий меньшие номера старших гетероатомов,

6. имеющий больший номер выходящей связи [6],

7. имеющий меньшие номера входящих связей от старших фрагментов-заместителей,

8. то же от старших характеристических групп.

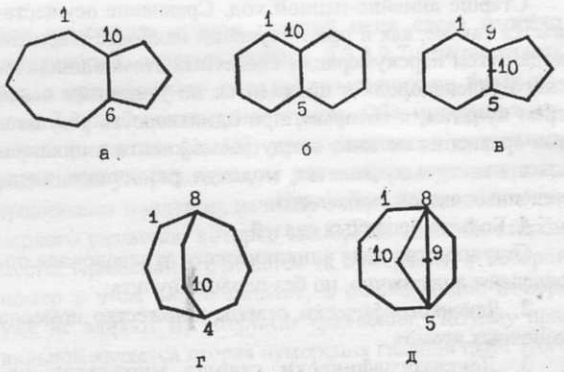


Рис. 1. Коды изомеров циклодекана: а) 10,1,6 б) 10,1,5 в) 9,1-10,5 г) 8,1-9,4 д) 8,1-9,5-010,5,8.

Старшинство характеристических групп. Все функциональные группы старше всех нефункциональных. Внутри каждого из этих классов порядок определяется проще: старше та группа, у которой старше ключевой атом. Например, -OH>(старше) -NH_2> -SO_3H, а -NH_2> -PH_2> -NO_2, (NO_2 - нефункциональная характеристическая группа). Если ключевые атомы одинаковые, сравнение производят по старшинству ближайшего отличающегося окружения ключевого атома: -SO_3H> -SO_2NHCl> -SO_2NH_2> -SO_2Cl. Старше функциональная группа с большей валентностью одноименного ключевого атома: -(C)OOH> -(C)O> -OH> (C)N> -NH_2. Атом углерода взят в скобки, так как он не входит в состав функциональной группы.

Изменения в порядке старшинства. Так же, как и в некоторых других правилах линейно-цепного кодирования [9], в правилах старшинства имеются исключения. Уменьшение старшинства любых симметричных фрагментов по сравнению с несимметричными приведено в [8]. Там же показано большое значение порядка расположения знаков в сообщении кода: число, стоящее в нем после младшего знака, перестает быть номером атома углерода и считается числом одинаковых компонентов, обозначаемых этим знаком.

Когда в соединении, состоящем из нескольких фрагментов, определяют главный, младшим считается фрагмент, находящийся дальше от главного в цепи замещения, даже если по определению он должен быть старше. В соединении рис. 2 фрагмент циклогексана младше этила, у которого он замещает водород, но не метильного радикала. В линейно-цепном коде это изменение порядка старшинства отражено в том, что все номера в коде вложенного [6] фрагмента младше не только номеров, но и символов атомов внешнего фрагмента. На рис. 3 символ кислорода старше номеров вложенного гексильного цикла.

Старшинство связывающих функций. Этот сложный вопрос изменения порядка старшинства следует рассмотреть отдельно, т. к. он тесно связан с современными названиями соединений с этими функциями.

Основным принципом построения современных номенклатурных названий, ведущим свое начало от Льежской номенклатуры [1], является главенствующая роль функции в виде функциональной группы, причем название только одной из них, выбранной в качестве главной, помещается в суффиксе слова-названия ([3], [8, 11]). Родоначальную структуру стараются выбрать так, чтобы эта функция была непосредственно присоединена к ней, однако это удается далеко не всегда, так как название родоначальной структуры отражает прежде всего строение углеродного или гетероциклического скелета главного фрагмента молекулы. Для линейно-цепного кодирования и составления названия по коду лучше подходит генетический принцип [1], согласно которому названия всех соединений с единой структурой скелета имеют один и тот же корень.

Особенности названий, определенных, в основном, химическими свойствами, наиболее ярко проявляются в двух важных классах производных углеводородов: гидроксильных производных (спирты и фенолы) и аминах.

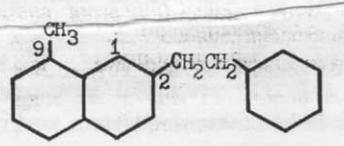


Рис. 2. 2(2(6,1))-9(1)-10,1,5

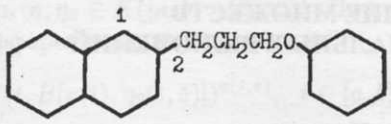


Рис. 3. 2(30(6,1))-10,1,5

Химические свойства спирта определяются исключительно наличием в его молекуле гидроксигруппы: как только ее водород замещен другим атомом, спирт перестает быть спиртом. Хотя свойства алкоголятов отличны от свойств спиртов, они ушли от последних недалеко: алкоголяты весьма легко превращаются снова в спирты. При замещении водорода гидроксила радикалом (алкилом) спирт превращается в эфир также с совершенно другими свойствами. Фенолы сходны в этом со спиртами, отличаясь от них немного большей кислотностью. Оба эти обстоятельства неявно отражены в современных названиях: простые эфиры хотя и считаются производными спиртов, рассматриваются как алкоксисоединения, а алкоксигруппы, в отличие от гидроксила, включены в перечень нефункциональных групп [3, 11].

Все соединения с аминогруппой слабощелочные (этот термин употреблен вместо обычного, но неудобного термина: основные), причем замещение и одного и обоих атомов водорода алкилами приводит к усилению этих свойств. По этой причине в современных номенклатурных названиях термин "амин" применяется к первичным, вторичным и третичным аминам. К сожалению, явное указание на это обстоятельство в правилах ИЮПАК вызывает недоумение: "811.3. Группа $-NH_2$ в тех случаях, когда она не является основной группой, обозначается префиксом "амино-" [3, с. 595, 596]. Это утверждение затем полностью опровергается приводимыми здесь же примерами. В действительности же термин "амино" применяется в качестве обозначения аминогруппы, когда она, не являясь главной характеристической группой, помещается в префиксе названия [3, с. 204, 205], а для аминогруппы, лишенной основных (слабощелочных) свойств, применяется термин "амид" [3, с. 610 и сл.].

В большинстве случаев замещение водорода в функциональной группе радикалом с образованием соединения со связывающей функцией приводит к уменьшению реакционной активности соединения. Поэтому в линейно-цепном кодировании следует пойти на компромисс: считая, в соответствии с первым принципом старшинства, связывающую функцию старше несвязывающей (свободной), название первой применять только в префиксе. Для производных спиртов этот подход совпадает с современными номенклатурными названиями, а для аминов необходимо стать на формальную точку зрения, называя вторичную и третичную аминогруппы в префиксе при помощи термина "амино", даже если она может быть главной. В соответствии с тем, что в симметричных молекулах

$(C_2H_5)_2NH$	N(2)2
$(C_2H_5)_3N$	N(2)3

азот является самым старшим [8], эти соединения следует назвать диэтиламин и триэтиламин, а амины

$C_2H_5NH_2$	1N-2
$C_2H_5NHCH_3$	1N(1)-2
$C_2H_5N(CH_3)_2$	1N(1)2-2

получат названия этанамин, метиламиноэтан и диметиламиноэтан. Названия последних двух аминов по номенклатуре ИЮПАК более сложные: N-метилэтанамин и N,N-диметилэтанамин. При составлении линейно-цепного кода и названия по нему соединения применяется еще один не упоминавшийся раньше подход: локанты обозначать только числами.

На основе естественных принципов разработана система правил старшинства, однозначно определяющая как структуру и порядок расположения сообщений в линейно-цепном коде органической молекулы, так и составление по коду названия соединения по заместительной номенклатуре. Исключение при составлении названия применяющихся в номенклатуре ИЮПАК тривиальных терминов и других усложнений позволяет ограничиться сравнительно небольшим числом правил и позволяет не обращаться при составлении названия к справочному материалу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Терентьев А.П., Кост А.Н., Цукерман А.М., Потапов В.М.* Номенклатура органических соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 304 с.
2. *Потапов В.М., Кочетова Э.К.* Старшинство в номенклатуре органических соединений // Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева. Т. XXVIII. № 3. 1983. С. 42-45.
3. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. Т. 2. Органическая химия. М.: Изд-во ВИНИТИ, 1979. 896 с.
4. *Брюске Я.Э.* Цепная нумерация и кодирование циклических углеводородов // Ж. структ. химии. 1995. Т. 36. №4. С. 729-734.
5. *Брюске Я.Э.* Линейно-цепное кодирование и названия алифатических углеводородов // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1996. Т. 1. Вып. 1. С. 34-38.
6. *Брюске Я.Э.* Линейно-цепное кодирование формул органических соединений. III. Кодирование сложных углеводородов // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1997. Т. 2. Вып. 1. С. 53-56.
7. *Брюске Я.Э.* Линейно-цепное кодирование формул органических соединений. IV. Кодирование связей в углеводородах // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1997. Т. 2. Вып. 1. С. 57-59.
8. *Брюске Я.Э.* Линейно-цепное кодирование формул органических соединений. V. Кодирование неуглеродных атомов // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1998. Т. 3. Вып. 2. С. 99-106.
9. *Брюске Я.Э.* Линейно-цепное кодирование формул органических соединений. VI. Симметрия // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 1998. Т. 3. Вып. 4. С. 383-388.
10. Современный словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1993. 742 с.
11. *Потапов В.М.* Основные принципы современной номенклатуры органических соединений // Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева. Т. XXVIII. № 3. 1983. С. 21-28.
12. *Жданов Ю.А.* Радикал и функциональная группа молекулы // Очерки методологии органической химии. М.: ВШ, 1960. С. 210-221.
13. *Неницеску К.Д.* Органическая химия. М.: ИЛ, 1963. Т. 1. 864 с.
14. *Каррер П.* Курс органической химии. Л.: Изд-во хим. лит. 1960. 1216 с.
15. Математический энциклопедический словарь. М.: Совет. энцикл., 1988. 848 с.
16. *Кан Р., Дермер О.* Введение в химическую номенклатуру. М.: Химия, 1983. 224 с.
17. *Бэнкс Дж.* Названия органических соединений. М.: Химия, 1980. 304 с.
18. *Липский В.* Комбинаторика для программистов. М.: Мир, 1988. 212 с.
19. *Несмеянов А.Н., Несмеянов Н.А.* Начала органической химии. М.: Химия, 1974. Кн. 1. 624 с.
20. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. Т. 1. Неорганическая, физическая, аналитическая химия. М.: Изд-во ВИНИТИ, 1979. 660 с.
21. *Платэ Н.А., Паписов И.М., Ренард Т.Л.* Терминология и номенклатура полимеров // Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева. Т. XXVIII. № 3. 1983. С. 61-68.

Поступила в редакцию 30 июля 1998 г.