

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. М. Арабей, А. А. Нехайчик

**КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА
ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по группе специальностей 74 06 Агроинженерия
и специальности 1-36 12 01 Проектирование
и производство сельскохозяйственной техники*

Минск
БГАТУ
2018

УДК 54-3(07)
ББК 24.12я7
А79

Рецензенты:

кафедра химии УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»;
доктор химических наук, профессор, профессор кафедры аналитической химии УО «Белорусский государственный университет» *С. М. Лещев*

Арабей, С. М.
А79 Классификация и номенклатура химических соединений : учебно-методическое пособие / С. М. Арабей, А. А. Нехайчик. – Минск : БГАТУ, 2018. – 56 с.
ISBN 978-985-519-941-1.

В пособии приведены основные принципы классификации и номенклатуры химических соединений.

Для студентов учреждений высшего образования по группе специальностей 74 06 Агроинженерия и специальностей: 1-36 12 01 Проектирование и производство сельскохозяйственной техники; 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям); 1-54 01 01 Метрология, стандартизация и сертификация (по направлениям) дневной и заочной форм получения высшего образования.

УДК 54-3(07)
ББК 24.12я7

ISBN 978-985-519-941-1

© БГАТУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	10
1. Принципы классификации и основные классы неорганических соединений.....	10
2. Простые вещества.....	10
2.1. Металлы.....	12
2.2. Неметаллы.....	13
3. Сложные вещества.....	13
3.1. Оксиды.....	14
3.2. Основания.....	15
3.3. Кислоты.....	16
3.4. Соли.....	18
ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	22
1. Строение комплексных соединений, их классификация.....	22
2. Формулы и названия лигандов.....	23
3. Правила написания формул комплексных соединений.....	24
4. Номенклатура комплексных соединений.....	25
ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.....	28
1. Классификация дисперсных систем по размеру частиц дисперсной фазы.....	28
2. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию.....	29
3. Классификация дисперсных систем по взаимодействию между частицами дисперсной фазы.....	29
4. Классификация дисперсных систем по межфазному взаимодействию.....	30

ГЛАВА 4. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	31
1. Углеводороды.....	32
1.1. Ациклические органические соединения.....	32
1.2. Циклические органические соединения.....	35
2. Функциональные производные углеводов.....	36
3. Номенклатура органических соединений.....	40
ГЛАВА 5. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОЛИМЕРОВ.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Современная химия проникла во все без исключения отрасли народного хозяйства. Невозможно представить рост производства сельскохозяйственной продукции, улучшение ее качества и сохранности без использования неорганических и органических веществ: удобрений, кормовых добавок, консервантов, регуляторов роста, пестицидов и др. Поэтому современным специалистам, работающим в сфере АПК, неизбежно приходится иметь дело с большим набором химических соединений самых разных классов. Часто возникает потребность по названию соединения определить его структурную формулу и на ее основе предсказать химические свойства вещества, в том числе и особенности его поведения в природных условиях. Известно, что многие химические соединения имеют довольно сложную структуру, кроме того, для них свойственно явление изомерии. Очевидно, что в этом случае достаточно одной неправильной буквы или цифры в названии, чтобы полностью изменить представление специалиста о свойствах данного вещества. За последние годы классификация и особенно номенклатура химических соединений претерпели много изменений и продолжают совершенствоваться. В связи с этим необходимо научить студентов фундаментальным основам классификации химических соединений и основам составления названий соединений.

Классификация и номенклатура химических соединений основаны на их наиболее простой и постоянной во времени характеристике – *химическом составе*, который показывает, из атомов каких элементов образуется данное соединение и каково их численное соотношение. Если вещество состоит из атомов одного химического элемента, то его называют *простым веществом*; если же вещество состоит из атомов двух или большего числа элементов, то его называют *сложным веществом*. Все простые (кроме одноатомных) и сложные вещества принято называть *химическими соединениями*, так как в них атомы соединены между собой химическими связями.

Необходимость классификации химических соединений обусловлена существованием огромного количества веществ. *Классификация химических соединений – это группировка*

химических соединений по их существенным признакам: химическим свойствам, химическому составу, химическому строению. Целью классификации химических соединений является выделение классов веществ ограниченной численности, которые имеют общие существенные признаки. Выделение таких классов, кроме систематизации знаний, позволило разработать систему правил (номенклатурных правил) для образования названий химических соединений.

Для неорганических соединений широко используется такая классификация: в качестве основного признака класса химических соединений выбрано число элементов, входящих в состав соединения. Тогда, согласно такой классификации, все неорганические соединения разделяются, по крайней мере, на три больших класса: *простые, двухэлементные (бинарные) и многоэлементные вещества.* В такой ситуации классы строго разграничены, но при этом утрачена общность химических свойств соединений внутри отдельного класса. Чтобы ее выявить, необходимо последовательно вводить дополнительные классификационные признаки и продолжать систематизацию.

Органические соединения классифицируют по двум основным признакам: строению углеродного скелета и функциональным группам. В основу номенклатуры химических соединений положен их состав, являющийся наиболее постоянной и простой основной характеристикой вещества. Химическая номенклатура состоит из формул соединений и их названий, составление которых должно базироваться на системе номенклатурных правил. При этом название должно адекватно (однозначно) описывать формулу, т. е. состав вещества. Следовательно, *номенклатура химических соединений – это система правил, позволяющая дать однозначное название каждому химическому соединению.*

В настоящее время для названия химических соединений применяются три типа номенклатуры: тривиальная, рациональная и систематическая.

Тривиальная (историческая) номенклатура – первая номенклатура, хаотичная, возникшая в то время, когда не существовало классификации и теории строения химических соединений. Химическим соединениям давали случайные названия по источнику получения (щавелевая кислота, лимонная кислота,

ванилин), их свойствам (ароматические соединения, угарный газ, винный спирт) или по имени ученого (кетон Михлера, углеводород Чичибабина). Многие из таких названий применяются до сих пор: мочеви́на, толуо́л, индиго, уксу́сная кислота и пр.

Рациональная номенклатура построена на принципах научной систематики химических соединений: название соединения строится на основании сходства его структуры с более простым соединением, выбранным в качестве прототипа. Например, по этой номенклатуре за основу названия органического соединения обычно принимают название наиболее простого (чаще всего первого) члена гомологического ряда соответствующего класса соединений. Все остальные органические соединения рассматриваются как производные этого соединения, образованные замещением в нем атомов водорода различными радикалами, например: метиламин, метиловый спирт, триметилуксусный альдегид. Рациональная номенклатура становится менее удобной, если рассматриваются более сложные по строению молекулы. В настоящее время такая номенклатура применяется только в тех случаях, когда дает особенно наглядное представление о соединении.

Систематическая номенклатура (номенклатура IUPAC) – международная единая химическая номенклатура. Научные принципы современной систематической номенклатуры были утверждены в 1965 г. Международным союзом теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC (ИЮПАК)). Систематическая номенклатура отражает состав, химическое и пространственное строение соединения и пытается решить главную проблему: название каждого химического соединения должно содержать правильные названия заместителей и основного скелета соединения и должно быть таким, чтобы по названию можно было написать единственно правильную структурную формулу.

Правила систематической номенклатуры легко осваиваются, она наиболее формализована, не допускает двоякого толкования и особенно важна для описания сложных молекул. Что касается тривиальной номенклатуры, то для перехода от ее названий к формулам веществ требуется практический опыт и значительно большее запоминание, однако эти названия зачастую существенно

короче систематических и более удобны в обращении. Несмотря на то, что Комиссия IUPAC признает не все названия, построенные по правилам тривиальной номенклатуры, она по-прежнему широко распространена.

В качестве иллюстрации приведена схема (рис. 1), показывающая различные виды номенклатур для формирования названий химических соединений.

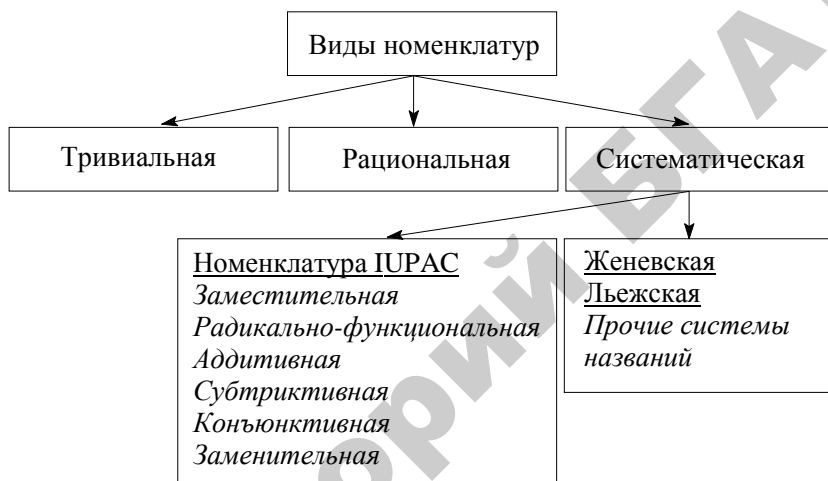


Рис. 1. Различные виды номенклатур для формирования названий химических соединений

Ради исторической справедливости нужно отметить, что в 1892 г. на Международном химическом конгрессе в Женеве была принята научная, систематическая номенклатура, которая получила название Женевской. Фундаментом этой номенклатуры явилась теория химического строения органических соединений А. М. Бутлерова. Позже Женевская номенклатура была исправлена, дополнена и получила название Льежской (была опубликована в Льеже в 1930 г.). Далее, на очередных конгрессах IUPAC, Правила систематической номенклатуры дополнялись, уточнялись и публиковались. Наиболее полное издание Правил систематической номенклатуры IUPAC, как современной официальной международной научной номенклатуры, было опубликовано в 1983 г. в специальном номере Журнала

Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. Своей задачей Комиссия IUPAC считает не создание новой, единой системы номенклатуры, а упорядочение, «кодификацию», имеющейся практики. Результатом этого является сосуществование в Правилах IUPAC нескольких номенклатурных систем, следовательно, и нескольких допустимых названий для одного и того же вещества. Правила IUPAC опираются на следующие системы: заместительную, радикально-функциональную, аддитивную (соединительную), заменительную и другие номенклатурные системы.

В пособии изложены основные правила классификации и номенклатуры химических соединений, освещены основные закономерности, характеризующие сущность классификации и номенклатуры химических соединений на базе современных представлений. Материал пособия призван способствовать закреплению полученных студентами знаний по химическим дисциплинам для сельскохозяйственных специальностей, пониманию профессиональной значимости излагаемых вопросов, что позволит будущим инженерам-аграриям углубить знания современных правил перехода от формул химических соединений к их названиям и наоборот.

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Принципы классификации и основные классы неорганических соединений

Неорганические вещества объединяют химические элементы и образуемые ими простые и сложные неорганические вещества, кроме органических соединений углерода. Более точно можно сказать, что неорганическими соединениями являются соединения, которые не содержат углерод (HCl, H₂O), либо углерод в них не образует циклов, линейных или разветвленных фрагментов и по массе занимает небольшой процент от общей массы вещества (карбиды металлов: Al₄C₃ и т. п.).

Классификация неорганических соединений базируется на их химическом составе – наиболее простой и постоянной во времени характеристике. Химический состав соединения показывает, какие элементы присутствуют в нем, и в каком числовом отношении в составе присутствуют их атомы. Все двух- и многоэлементные вещества называют *сложными веществами*, а многоатомные простые вещества и все сложные вещества вместе – *химическими неорганическими соединениями*. Отсюда все множество неорганических соединений можно разделить, по меньшей мере, на два больших класса: простые вещества (в том числе и многоатомные простые вещества) и сложные многоэлементные неорганические вещества (рис. 2).

2. Простые вещества

Простые вещества образованы атомами одного элемента.

Если рассматривать отдельно химические элементы, то их условно можно разделить на элементы с металлическими и неметаллическими свойствами. Первые из них всегда входят в состав катионов многоэлементных веществ (металлические свойства), вторые – в состав анионов (неметаллические свойства).

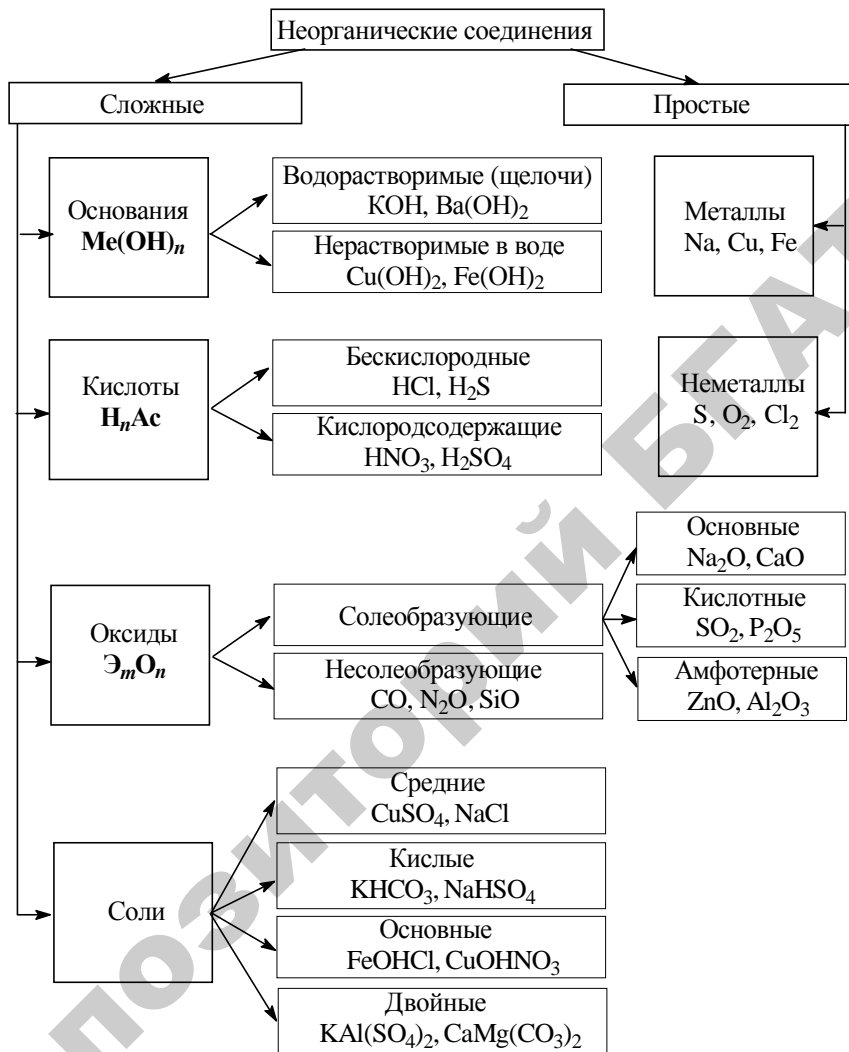


Рис. 2. Основные классы неорганических соединений

В соответствии с Периодическим законом, в периодах и группах между этими элементами находятся амфотерные элементы, проявляющие одновременно в той или иной мере металлические и неметаллические (амфотерные, двойственные) свойства. Элементы

VIIIA группы рассматривают отдельно (благородные газы), хотя для Kr, Xe и Rn обнаружены явно неметаллические свойства (элементы He, Ne, Ar химически инертны).

Символы химических элементов, согласно Правилам IUPAC, приведены в Периодической системе химических элементов. Впервые эта символика (одна-две буквы латинского названия) была предложена Берцелиусом. Названия химических элементов в большинстве случаев имеют латинские корни. Если же элемент известен в течение нескольких столетий, в ряде языков он имеет свое собственное, тривиальное название (золото, железо, медь, сера, азот и т. д.).

Простые вещества называют, как правило, так же, как и соответствующие элементы. Свои собственные названия имеют только аллотропные модификации углерода (алмаз, графит, карбин, фуллерены) и вторая модификация кислорода (озон). При названиях аллотропных модификаций остальных элементов обычно указывают ее краткую физическую характеристику (белый, красный, черный фосфор, кристаллическая и пластическая сера, серое и белое олово и т. д.). Простые вещества разделяют на металлы и неметаллы.

2.1. Металлы

Металлы – простые вещества элементов с металлическими свойствами. Типичные металлы:

IA-группа Li, Na, K, Rb, Cs, Fr (щелочные металлы),
IIA-группа Mg, Ca, Sr, Ba (щелочноземельные металлы).

Типичные металлы обладают высокой восстановительной способностью по сравнению с типичными неметаллами. В электрохимическом ряду напряжений они стоят значительно левее водорода, вытесняют водород из разбавленных растворов кислот.

Простые вещества элементов Cu, Ag и Ni также относят к металлам, так как у их оксидов CuO, Ag₂O, NiO и гидроксидов Cu(OH)₂, Ni(OH)₂ преобладают основные свойства.

2.2. Неметаллы

Неметаллы – простые вещества элементов с неметаллическими свойствами. Типичные неметаллы:

VIIA-группа F₂, Cl₂, Br₂, I₂ (галогены),
VIA-группа O₂, S, Se (халькогены),
VA-группа N₂, P, As (пниктогены),
IVA-группа C, Si.

Неметаллы обладают высокой окислительной способностью по сравнению с типичными металлами.

Кроме металлов и неметаллов, можно выделить амфотерные простые вещества, образованные элементами с амфотерными (двойственными) свойствами, среди которых:

IIA-группа Be,
VIB-группа Cr,
IIB-группа Zn,
IIIA-группа Al, Ga,
IVA-группа Ge, Sn, Pb.

Благородные газы – одноатомные простые вещества элементов VIIIA-группы: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. Из них He, Ne и Ar – химически пассивны (соединения с другими элементами не получены), а Kr, Xe и Rn проявляют некоторые свойства неметаллов с высокой электроотрицательностью.

Названия простых веществ металлов и неметаллов в большинстве случаев совпадают с названиями химических элементов, атомами которых они образованы. Исключение составляют названия аллотропных модификаций, для которых названия не совпадают с названием химического элемента. Например: углерод – алмаз, графит, фуллерен, карбин.

3. Сложные вещества

Сложные вещества образованы атомами разных (двух или более) элементов, т. е. по химическому составу они делятся на двухэлементные (или бинарные) и многоэлементные соединения.

Важнейшими классами сложных веществ являются оксиды, основания, кислоты и соли.

3.1. Оксиды

Оксиды являются основными бинарными соединениями.

Оксиды – класс сложных веществ, в состав которых входят атомы кислорода и другого элемента (металла или неметалла); их общая формула E_mO_n .

К оксидам не относятся соединения кислорода с фтором (простейшие из них OF_2), а также пероксиды и надпероксиды (Na_2O_2 , KO_2), включающие анионы из химически связанных атомов кислорода O_2^- и $O_2^{-1/2}$.

Оксиды подразделяют на два класса:

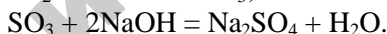
– несолеобразующие – оксиды, которые не образуют солей, так как не реагируют ни с кислотами, ни со щелочами. Примеры: N_2O , NO , CO , SiO .

– солеобразующие – оксиды, которые образуют соли при взаимодействии с кислотами или основаниями.

В свою очередь, солеобразующие оксиды разделяют на кислотные, основные и амфотерные.

Кислотные оксиды образуют соли при взаимодействии с основными оксидами и основаниями: SO_2 , SO_3 , P_2O_5 , CO_2 , SiO_2 и др.

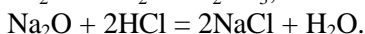
Например: $SO_2 + CaO = CaSO_3$;



Кислотным оксидам соответствуют кислоты ($CO_2 \rightarrow H_2CO_3$, $SO_3 \rightarrow H_2SO_4$). Некоторые кислотные оксиды образуются и металлами, проявляющими высокую степень окисления (Mn_2O_7). Оксиды CrO_3 и Mn_2O_7 (хром и марганец в высшей степени окисления) также являются кислотными.

Основные оксиды образуют соли с кислотами и кислотными оксидами: Na_2O , K_2O , CuO и др.

Например: $Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3$;



Поскольку основные оксиды образованы только металлами, то им соответствуют основания (например, $CaO \rightarrow Ca(OH)_2$, $K_2O \rightarrow KOH$). Оксиды CuO , Ag_2O и NiO также относят к основным.

Амфотерные оксиды образуют соли при взаимодействии и с кислотами, и с основаниями: ZnO, Cr₂O₃, Al₂O₃ и др.

Например: $\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{ZnO} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

С водой непосредственно амфотерные оксиды не взаимодействуют.

В названии оксида по рациональной номенклатуре на первое место ставится слово «оксид» и добавляется название элемента в родительном падеже. Например: Ag₂O – оксид серебра (I), SO₃ – оксид серы (VI). В случае, если элемент более электроотрицательный (например фтор), чем кислород, то название формируется иным образом: OF₂ – фторид кислорода. Если менее электроотрицательный элемент находится в разных окислительных состояниях, то после его названия в скобках указывают римскими цифрами степень его окисления. Например: Cu₂O – оксид меди (I), CuO – оксид меди (II), CO – оксид углерода (II), CO₂ – оксид углерода (IV).

Систематическая номенклатура для оксидов указывает стехиометрический состав соединения с помощью греческих числительных приставок (*моно-, ди-, три-, тетра-, пента-, гекса-* и т. д.): CO – монооксид углерода, CO₂ – диоксид углерода.

Для отдельных оксидов сохраняются тривиальные названия: H₂O – вода, CO₂ – углекислый газ.

3.2. Основания

Основания – сложные вещества, в состав которых входят атомы металла и одна или несколько гидроксильных групп OH⁻. Общая формула оснований – Me(OH)_n. Исключением является основание NH₄OH (гидроксид аммония), которое не содержит атомов металла.

По растворимости в воде основания делят на два класса:

– водорастворимые (щелочи), к которым относятся: LiOH, NaOH, RbOH, CsOH, FrOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, Ba(OH)₂, Ra(OH)₂, NH₄OH и др.;

– нерастворимые в воде, такие как Cu(OH)₂, Fe(OH)₃, Cr(OH)₃ и др.

Все основания, как правило, вещества твердые, имеющие различную окраску; так, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ – голубого цвета, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – красно-бурого.

В зависимости от числа гидроксильных групп, способных замещаться на кислотные остатки с образованием солей, основания бывают одно-, двух-, трехкислотные и т. д.: KOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Sn}(\text{OH})_4$.

Название гидроксидов по рациональной номенклатуре составляется из слова «гидроксид» и русского названия элемента в родительном падеже с указанием, если необходимо, степени окисления элемента (римскими цифрами в скобках). Например: $\text{Fe}(\text{OH})_2$ – гидроксид железа (II), $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – гидроксид железа (III).

Систематическая номенклатура указывает название с помощью греческих числительных в качестве приставки (префикса), заменяющих степени окисления: $\text{Fe}(\text{OH})_2$ – дигидроксид железа, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – тригидроксид железа.

Наряду с другими могут использоваться тривиальные названия оснований: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – гашеная известь, NaOH – едкий натр, KOH – едкое кали и др.

3.3. Кислоты

Кислоты – вещества, состоящие из атомов водорода, которые могут замещаться металлами, и кислотных остатков.

Валентность кислотного остатка равна числу атомов водорода в молекуле кислоты, способных замещаться на атомы металла.

По наличию атомов кислорода в молекуле кислоты бывают:

- кислородсодержащие (H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 и др.);
- бескислородные (HCl , HI , HBr , H_2S).

По количеству атомов водорода кислоты подразделяются на одно-, двух- и трехосновные (HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4).

По степени диссоциации в разбавленных растворах кислоты подразделяются на сильные, средние и слабые.

Названия кислот по рациональной номенклатуре составляют, добавляя к русскому названию химического элемента соответствующие суффиксы и слово «кислота»: HCl – хлороводородная кислота, H_2SO_4 – серная кислота, HClO_4 – хлорная кислота.

Названия кислородсодержащих кислот строятся из основного слова «кислота» и прилагательного, которое составляется из русского корня названия элемента и окончания *-ая*.

Для высшей или единственной степени окисления применяют суффиксы *-н*, *-ов*, *-ев*:

H_3BO_3 – борная кислота; H_2CO_3 – угольная кислота;

H_2SiO_3 – кремниевая кислота; H_2CrO_4 – хромовая кислота;

HNO_3 – азотная кислота; HPO_3 – метафосфорная кислота;

HReO_4 – ренийевая кислота; H_3PO_4 – ортофосфорная кислота.

Приставки *орто*- и *мета*- применяют, чтобы различать названия кислот, молекулы которых отличаются только «содержанием воды».

Если возможны две степени окисления кислотообразующего элемента, то для низшей используют суффиксы *-ист*, *-овист*:

H_2SeO_3 – селенистая кислота; H_2TeO_3 – теллуристая кислота;

HAsO_2 – метамышьяковистая кислота;

H_3AsO_3 – ортомышьяковистая кислота.

В случае трех возможных степеней окисления кислотообразующего элемента, помимо упомянутых суффиксов, для самой низкой (обычно +1) применяется составной суффикс *-новатист*:

H_3PO_2 – фосфорноватистая кислота;

$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ – азотноватистая кислота.

В названиях кислот с четырьмя различными степенями окисления последовательно используют суффиксы *-н*, *-новат*, *-ист*, *-новатист*:

HClO_4 – хлорная кислота; HClO_3 – хлорноватая кислота;

HClO_2 – хлористая кислота; HClO – хлорноватистая кислота.

Название кислот по систематической номенклатуре включает в себя наименование двух частей: электроположительной (атомы водорода) и электроотрицательной (кислотный остаток, или анион). В названии аниона вначале указывают атомы кислорода (*-оксо*-), затем кислотообразующего элемента с добавлением суффикса *-ат*, далее в скобках абсолютную величину степени окисления этого элемента, например: H_2CO_3 – триоксокарбонат (IV) водорода, HClO_4 – тетраоксохлорат (VII) водорода.

Тривиальные названия кислот также могут использоваться наряду с другими, например: HCl – соляная кислота, H_2SO_4 – купоросное масло и т. д.

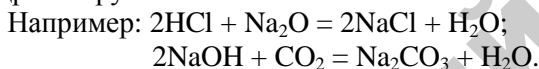
3.4. Соли

Соли – сложные вещества, в состав которых входят атомы металла (ионов аммония) и кислотные остатки.

Соли можно считать продуктами замещения атомов водорода в кислоте на металл или гидроксогруппы в основании на кислотный остаток.

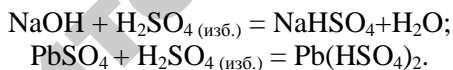
Соли делятся по составу катионов и анионов на средние (нормальные), кислые, основные и двойные.

Средние (нормальные) соли – продукты полного замещения атомов водорода в кислоте на атомы металла или гидроксогрупп основания на кислотные остатки: NaCl, Fe(NO₃)₃, CuSO₄ и др. Средние соли содержат средние кислотные остатки CO₃²⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻ (и др.), не содержащие атомы водорода или гидроксогруппы.

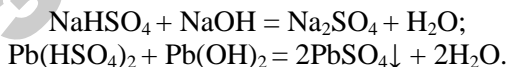


Кислые соли – продукты неполного замещения водорода в многоосновной кислоте на атомы металла: NaHSO₄, KH₂PO₄ и др.

Кислые соли содержат кислотные остатки с водородом и образуются при действии на основание или среднюю соль многоосновной кислоты в избытке:

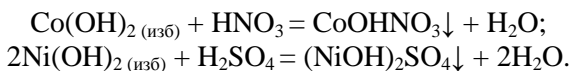


При добавлении основания соответствующего металла кислые соли переводятся в средние:

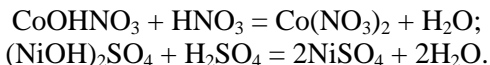


Основные соли – продукты неполного замещения гидроксогрупп в многокислотном основании на кислотный остаток: AlOHCl₂, FeOHNO₃, (CaOH)₂SO₄, (CuOH)₂CO₃ и др. Основные соли содержат гидроксогруппы OH⁻, рассматриваемые как отдельные анионы.

Основные соли образуются, например, в реакции неполной нейтрализации многокислотного основания кислотой:

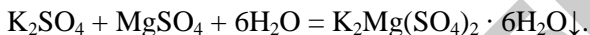


Основные соли при добавлении соответствующей кислоты переходят в средние:



Двойные соли – продукты замещения атомов водорода в многоосновной кислоте на атомы двух разных металлов: NaKCl_2 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ и др., т. е. содержат два химически разных катиона.

Многие двойные соли образуются в виде кристаллогидратов при совместной кристаллизации соответствующих средних солей из насыщенного раствора:



По рациональной номенклатуре название солей образуется из названия аниона в именительном падеже и названия катиона в родительном падеже. Название аниона состоит из корня латинского наименования кислотообразующего элемента, окончания и, если необходимо, приставки. Для названия катиона используется русское наименование соответствующего металла или группы атомов; при этом, если необходимо, указывают в скобках римскими цифрами степень окисления металлов.

Анионы бескислородных кислот называются по общему для бинарных соединений правилу, т. е. получают окончание *-ид*. Так, NH_4F – фторид аммония, SnS – сульфид олова (II).

Окончания названий кислородсодержащих кислот зависят от степени окисления кислотообразующего элемента. Для высшей его степени окисления (*-ная* или *-овая* кислота) применяется окончание *-ат*; например, соли азотной кислоты $\text{HN}^{\text{+5}}\text{O}_3$ называются нитратами, серной кислоты $\text{H}_2\text{S}^{\text{+6}}\text{O}_4$ – сульфатами. Для более низкой степени окисления (*-истая* кислота) применяется окончание *-ит*. Например, соли азотистой кислоты $\text{HN}^{\text{+3}}\text{O}_2$ называют нитритами. Если элемент образует кислоту, находясь в еще более низкой степени окисления (*-оватистая* кислота), то название аниона этой кислоты получает приставку *гипо-* и окончание *-ит*. Например, NaClO – гипохлорит натрия. Названия анионов, образованных элементом в степени окисления +7, имеют приставку *пер-* и окончание *-ат*: NaClO_4 – перхлорат натрия; KMnO_4 – перманганат калия.

Название кислых и основных солей образуется по тем же общим правилам, что и название средних солей. При этом у кислых солей к названию средней соли прибавляется приставка *гидро-*: CaHPO_4 – гидроортофосфат кальция; NaH_2PO_4 – дигидроортофосфат натрия; у основных солей к соответствующему названию средней соли прибавляется приставка *гидроксо-*, например: CuOHNO_3 – нитрат гидроксомеди (II); $\text{Al(OH)}_2\text{Cl}$ – хлорид дигидроксоалюминия.

Систематическая номенклатура солей обуславливается систематическими названиями соответствующих кислот, например: K_2SO_4 – тетраоксосульфат (VI) калия, NaHCO_3 – триоксокарбонат (IV) водорода-натрия, FeOHCl – гидроксид-хлорид железа.

При наличии числовых приставок (*1-*, *2-*, ...) в названии вещества, во избежание неверного понимания формулы, применяют умножающие приставки, например: $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ – гексагидроксид-бис(сульфат) триалюминия-калия. Приставки звучат следующим образом: *1 – монокис-*, *2 – бис-*, *3 – трис-*, *4 – тетракис-*, *5 – пентакис-*, *6 – гексакис-* и т. д.

Тривиальные названия солей могут быть использованы также наряду с другими, например: NaCl – поваренная соль, CaCO_3 – мел, мрамор, известняк, KMnO_4 – марганцовка.

Рациональная номенклатура некоторых наиболее распространенных кислот и соответствующих им средних солей приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номенклатура кислот и соответствующих им солей

Формула кислоты	Номенклатура	
	кислот	соответствующих солей
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Кислородсодержащие кислоты</i>		
HNO_2	Азотистая	Нитриты
HNO_3	Азотная	Нитраты
HCrO_2	Метахромистая	Метахромиты
H_2CrO_4	Хромовая	Хроматы
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Двуххромовая	Бихроматы (дихроматы)
H_2SiO_3	Кремниевая	Силикаты
HMnO_4	Марганцовая	Перманганаты

1	2	3
H_2MnO_4	Марганцовистая	Манганаты
HPO_3	Метафосфорная	Метафосфаты
H_3PO_4	Ортофосфорная	Ортофосфаты
$H_4P_2O_7$	Двухфосфорная (пирофосфорная)	Дифосфаты (пирофосфаты)
H_3PO_3	Фосфористая	Фосфиты
H_3PO_2	Фосфорноватистая	Гипофосфиты
H_2SO_3	Сернистая	Сульфиты
H_2SO_4	Серная	Сульфаты
$H_2S_2O_7$	Двусерная (пироксерная)	Дисульфаты (пиросульфаты)
H_2CO_3	Угльная	Карбонаты
$HClO_4$	Хлорная	Перхлораты
$HClO_3$	Хлорноватая	Хлораты
$HClO_2$	Хлористая	Хлориты
$HClO$	Хлорноватистая	Гипохлориты
<i>Бескислородные кислоты</i>		
HBr	Бромоводородная	Бромиды
HI	Иодоводородная	Иодиды
H_2S	Сероводородная	Сульфиды
HCl	Хлороводородная (соляная)	Хлориды
HCN	Циановодородная (синильная)	Цианиды
$HCNS$	Родановодородная	Роданиды

Глава 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. Строение комплексных соединений, их классификация

Образование многих химических соединений происходит в соответствии с валентностью атомов. Такие соединения называются соединениями первого порядка. Вместе с тем, известно много соединений, образование которых невозможно объяснить исходя из правил валентности. Такие соединения называются соединениями высшего порядка, или комплексными соединениями.

Комплексные соединения – это молекулярные соединения, в состав которых входят сложные частицы, образованные за счет координации одним атомом или ионом нескольких противоположно заряженных ионов или нейтральных молекул. Такие частицы способны к самостоятельному существованию при растворении или расплавлении комплекса.

Образование комплексных соединений не обусловлено появлением новых связевых электронных пар, а происходит в результате использования по донорно-акцепторному механизму неподеленных пар электронов.

Центральное место в комплексном соединении занимает *атом-(ион)-комплексобразователь* в той или иной степени окисления, вокруг которого координированы ионы или нейтральные молекулы (*лиганды*). Число лигандов, непосредственно связанных с атомом-(ионом)-комплексобразователем, называется *координационным числом* (к. ч.). Классические комплексные соединения – это соединения, в которых к. ч. атома-(иона)-комплексобразователя превышает его формальную степень окисления.

Центральный атом-(ион)-комплексобразователь вместе с лигандами образует *внутреннюю координационную сферу* комплексного соединения, которую принято заключать в квадратные скобки. Если внутренняя координационная сфера оказывается электрически заряженной, то она называется *комплексным ионом*. Для компенсации заряда комплексного иона в состав комплексного соединения должны входить катионы или анионы, образующие *внешнюю координационную сферу*.

Заряд комплексного иона определяется как алгебраическая сумма зарядов атома-(иона-)комплексобразователя и лигандов. По знаку электрического заряда комплексного иона различают комплексные соединения (табл. 2):

- катионные (положительный заряд),
- анионные (отрицательный заряд),
- нейтральные (заряд отсутствует).

Таблица 2

Состав некоторых комплексных соединений

Формула	Комплексный ион (внутренняя сфера)	Атом-(ион-) комплексобразователь	Лиганд	Ионы внешней сферы	к. ч.
<i>Катионные комплексы</i>					
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	Ag^+	NH_3^0	Cl^-	2
$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^{2+}$	Pt^{4+}	$\text{NH}_3^0, \text{Cl}^-$	Cl^-	6
<i>Анионные комплексы</i>					
$\text{K}_2[\text{BeF}_4]$	$[\text{BeF}_4]^{2-}$	Be^{2+}	F^-	K^+	4
$\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$	$[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$	Al^{3+}	OH^-	Na^+	6
<i>Нейтральные комплексы</i>					
$[\text{Ni}(\text{CO})_4]$	$[\text{Ni}(\text{CO})_4]$	Ni^0	CO^0	–	4
$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]$	Pt^{2+}	$\text{NH}_3^0, \text{Cl}^-$	–	6
$[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2]$	$[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2]$	Cr^0	C_6H_6^0	–	2

2. Формулы и названия лигандов

Если в качестве лигандов выступают *одноэлементные анионы*, то названия таких лигандов состоят из корня названия или полного названия аниона с соединительной гласной -о-: F^- – фторо; Cl^- –

хлоро; H^- – гидридо; N^{3-} – нитридо; N_3^- – азидо; O^{2-} – оксо; O_2^{2-} – пероксо; O_2^- – надпероксо; O_3^- – озон; S_2^{2-} – дисульфидо(2-) и др.

Названия *многоэлементных лигандов-анионов* строятся аналогично: OH^- – гидроксо; CN^- – циано; NH_2^- – амидо; NH^{2-} – имидо; NO_3^- – нитрато; CO_3^{2-} – карбонато; SO_3^{2-} – сульфито; $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ – тиосульфато и др.

Анионы углеводородов называют как радикалы, не используя соединительную гласную: CH_3^- – метил; C_6H_5^- – фенил; C_2H_5^- – этил.

Положительно заряженные лиганды, представляющие собой *многоэлементные катионы*, сохраняют названия этих катионов с добавлением окончания *-ий*: N_2H_5^+ – гидразиний; NO^+ – нитрозилий; NO_2^+ – нитроиллий; H^+ – гидро (по традиции).

Для обозначения в качестве лигандов *нейтральных групп атомов* (молекул) используют их названия без изменений: N_2 – diaзот; CS_2 – сероуглерод; C_2H_4 – этилен; N_2H_4 – гидразин и др.

Для некоторых нейтральных лигандов по традиции применяют специальные названия: H_2O – аква; NH_3 – аммин; CO – карбонил; CS – тиокарбонил; NO – нитрозил и др.

Если лиганд образует связь с атомом-(ионом-)комплексобразователем за счет одного атома, то такой лиганд называют *монодентатным*, а если за счет нескольких атомов – *би-(поли-)дентатным*.

3. Правила написания формул комплексных соединений

При написании формулы внутренней сферы комплексных соединений поступают следующим образом:

1. Если лиганды одного вида L, то вначале записывают центральный атом-(ион-)комплексобразователь, а затем лиганды, заключая внутреннюю сферу в квадратные скобки: $[\text{ML}_n]$, где

n – число лигандов (координационное число атома-(иона-)комплексообразователя).

Внешнюю сферу, если внутренняя сфера – катион, помещают справа, и наоборот, если внутренняя сфера – анион, то внешнюю сферу помещают слева: $[ML_n]^+ X^-$ или $X^- [ML_n]^+$.

2. Если в состав внутренней сферы входят разные по знаку лиганды L^+ , L^- , L^0 , то их следует располагать в следующем порядке: $[M(L^+)(L^0)(L^-)]$.

3. Разные по составу лиганды, но с одним типом заряда и образующих элементов, записываются в порядке увеличения числа атомов первого элемента или второго при равенстве первых и т. д., например, такие лиганды, как NH_3 , записываются перед N_2H_4 , а C_2H^- – перед $C_2H_3^-$.

4. Первым записывают лиганд, содержащий в своем составе металл, например, $SbCl_3$, а затем CO .

5. При наличии в комплексе разных лигандов их отделяют друг от друга круглыми скобками, чтобы не было разночтений. Например, если записать $(C_5H_5)(N)$, то это означает – один лиганд циклопентадиенил $C_5H_5^-$ и один лиганд N^{3-} – нитридо, а запись (C_5H_5N) – это лиганд пиридин; (N_2) – один лиганд диазот, а $(N)_2$ – два лиганда азот N^0 .

4. Номенклатура комплексных соединений

В соответствии с Правилами IUPAC, каждое координационное соединение получает свое собственное систематическое название, полностью отражающее его состав. Называть комплексные соединения по любой другой номенклатуре, кроме систематической, не рекомендуется.

Название комплексного соединения составляют, читая его формулу справа налево, строго соблюдая указанный порядок расположения лигандов. Названия складываются следующим образом: сначала называется анионная часть, затем – катионная часть комплексного соединения, во внутренней сфере сначала

перечисляют лиганды анионные, нейтральные и катионные, а затем – центральный атом-(ион-)комплексообразователь.

Систематическое название соединения, содержащего *комплексный катион*, формируется из названия внешнесферного аниона в именительном падеже и названия комплексного катиона. Последний называют, перечисляя лиганды, атом-(ион-)комплексообразователь (русское название) в родительном падеже и указывая его валентность. Названия катиона и аниона пишут раздельно:

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ – гидроксид диамминсеребра (I);

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – гидрат сульфата тетрааквамеди (II);

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{ClO}_4)_2$ – перхлорат тетраамминмеди (II);

$[\text{Pt}(\text{N}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}_2]\text{Br}_2$ – бромид дихлородигидразинийплатины (II);

$[\text{Ru}(\text{N}_2)(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$ – хлорид пентааммин(диазот)рутения (II).

Систематическое название соединения с *комплексным анионом* также строится из названия аниона в именительном падеже и внешнесферного катиона (русское название) в родительном. Название комплексного аниона начинается с названий лигандов, атома-(иона-)комплексообразователя (используют латинский корень названия элемента, дополняя его суффиксом *-ат*) с указанием его валентности:

$(\text{NH}_4)_2[\text{PtCl}_6]$ – гексахлороплатинат (IV) аммония;

$\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ – бис(тиосульфато)аргентат (I) натрия;

$\text{Li}[\text{AlH}_4]$ – тетрагидридоалюминат (III) лития;

$\text{K}[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]$ – тетрафенилборат (III) калия;

$\text{K}_2[\text{FeNO}(\text{CN})_5]$ – пентацианонитрозилферрат (III) калия;

$\text{H}_2[\text{Mn}(\text{IO}_3)_6]$ – гексаиодатоманганат (IV) водорода;

$\text{K}_2[\text{Hg}(\text{NO}_3)_4]$ – тетранитратомеркурат (II) калия;

$\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{N}_3)_6]$ – гексаазидостаннат (IV) натрия;

$\text{K}_2[\text{Re}(\text{CN})_4\text{N}]$ – нитридотетрацианоренат (V) калия;

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – гексацианоферрат (III) калия.

Систематическое название *нейтральных комплексных соединений* (без внешней сферы) состоит из одного слова, включающего названия лигандов с числовыми приставками и русское название атома-(иона-)комплексообразователя в именительном падеже (степень окисления атома-(иона-)комплексообразователя не указывается):

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$ – трихлоротриамминкобальт;

$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NO}_2)_2]$ – динитротетрааквакобальт;

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]$ – динитритотетраамминкобальт;

$[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2]$ – дибензолхром;

$[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ – тетракарбонилникель;

$[\text{Pt}\{\text{P}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\}_2\text{Cl}_2]$ – дихлоробис(триэтилфосфин)платина.

Систематическая номенклатура координационных соединений в неорганической химии наиболее формализована и последовательна; она позволяет однозначно указывать и состав, и строение соединений. Вместе с тем, встречаются названия по тривиальной номенклатуре, например:

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – красная кровяная соль (гексацианоферрат (III) калия);

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – желтая кровяная соль (гексацианоферрат (II) калия);

$\text{Fe}_4^{\text{III}}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]_3$ – нерастворимая берлинская лазурь (гексацианоферрат (II) железа (III));

$\text{Fe}_3^{\text{II}}[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]_2$ – турнбулева синь (гексацианоферрат (III) железа (II)).

Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Дисперсной системой называется гетерогенная система, состоящая из двух фаз, одна из которых находится в мелкораздробленном состоянии – *дисперсная фаза*, состоящая из очень мелких частиц, распределенных в среде другой фазы, – *дисперсионной среде*. Необходимым условием существования дисперсной системы является взаимная нерастворимость веществ, образующих дисперсную фазу и дисперсионную среду.

Отличительная особенность дисперсных систем заключена в малом размере частиц при наличии значительной межфазной поверхности. Поэтому наибольшее значение имеют свойства поверхности и происходящие на ней процессы, а не свойства частиц в целом.

Классификация дисперсных систем разнообразна.

1. Классификация дисперсных систем по размеру частиц дисперсной фазы

Мерой раздробленности вещества может служить поперечный размер частиц (диаметр для сферических частиц) или дисперсность системы – величина, обратная поперечному размеру частиц. Дисперсные системы, в зависимости от размера частиц дисперсной фазы, классифицируются следующим образом:

– *молекулярнодисперсные* – размер частиц до 10 нм. Вещество находится в виде отдельных молекул или ионов, образуя истинные растворы (гомогенные системы);

– *высокодисперсные* (коллоиднодисперсные) – размер частиц от 10 до 100 нм. Это коллоидное состояние вещества, когда вещество раздроблено до очень мелких частиц, невидимых в обычный микроскоп, но представляющих собой агрегаты из множества молекул, которым присущи свойства твердой фазы;

– *среднедисперсные* (микроретерогенные) – размер частиц от 100 нм до 1 мкм;

– *грубодисперсные* – размер частиц > 1 мкм.

2. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию

Для удобства дисперсные системы по агрегатному состоянию принято условно обозначать в виде дроби, где в числителе указывают агрегатное состояние дисперсной фазы, а в знаменателе – дисперсионной среды (табл. 3).

Таблица 3

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию
дисперсной фазы и дисперсионной среды

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза	Условное обозначение	Название дисперсной системы	Пример
Газ	Газ	г/г	Аэрозоли	Дисперсные системы не образуются
	Жидкость	ж/г		Туман, облака
	Твердое тело	т/г		Дым, пыль, порошок
Жидкость	Газ	г/ж	Лизозоли	Пена, газированная вода
	Жидкость	ж/ж		Молоко, майонез, нефть, смазки (эмульсии)
	Твердое тело	т/ж		Шлифовальные пасты, золи (суспензии)
Твердое тело	Газ	г/т	Литозоли	Пемза, пенопласт
	Жидкость	ж/т		Жемчуг, влажный грунт, почва
	Твердое тело	т/т		Сплавы металлов, цветные стекла, минералы, бетон

3. Классификация дисперсных систем по взаимодействию между частицами дисперсной фазы

1. Свободнодисперсные (бесструктурные) системы – частицы дисперсной фазы не связаны между собой. К таким системам относятся коллоидные растворы, разбавленные суспензии,

разбавленные растворы высокомолекулярных соединений, которые обладают текучестью, как обычные жидкости.

2. Связнодисперсные (структурированные) системы – частицы дисперсной фазы связаны между собой и образуют пространственную сетку. Так, золи некоторых веществ при повышении концентрации выше определенного предела теряют текучесть и переходят в состояние геля (студня).

4. Классификация дисперсных систем по межфазному взаимодействию

1. Лиофильные золи – коллоидные растворы, в которых имеет место сильное взаимодействие частиц дисперсной фазы с молекулами дисперсионной среды. В таких системах на поверхности частиц дисперсной фазы образуются мощные сольватные (гидратные) оболочки, которые делают коллоидную систему устойчивой без введения специального стабилизатора. К ним могут относиться как природные, так и синтетические высокомолекулярные вещества.

2. Лиофобные золи – коллоидные растворы, в которых имеет место слабое взаимодействие частиц дисперсной фазы с молекулами дисперсионной среды. Это коллоидные растворы металлов, их оксидов, гидроксидов и солей.

Изучение свойств дисперсных систем является предметом самостоятельной науки – коллоидной химии.

Глава 4. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Органические соединения – класс химических соединений, в состав которых входит углерод (за исключением карбидов, угольной кислоты, карбонатов, оксидов углерода и цианидов). Несмотря на многообразие органических соединений, основу их молекул составляют цепи и кольца, образованные из атомов углерода. Углерод в органических соединениях, как правило, образует устойчивые структуры, в основе которых лежат углерод-углеродные связи. В способности образовывать такие структуры углерод не имеет себе равных среди других элементов.

Существуют несколько важных свойств, которые выделяют органические соединения в отдельный, ни на что не похожий класс химических соединений:

1. Различная топология образования связей между атомами, образующими органические соединения (прежде всего, атомами углерода), приводит к появлению изомеров – соединений, имеющих один и тот же состав и молекулярную массу, но разное строение, следовательно, обладающих различными физико-химическими свойствами. Данное явление носит название изомерии.

2. Явление гомологии – существование рядов органических соединений, в которых формула любых членов ряда (гомологов) отличается на одну или несколько метиленовых групп – гомологическую разницу $-CH_2-$. Целый ряд физико-химических свойств в первом приближении изменяется подобным (схожим) образом по ходу гомологического ряда. Это важное свойство используется в материаловедении при поиске веществ с заранее заданными свойствами.

Существуют два основных принципа классификации органических соединений: деление органических соединений по расположению углеродных атомов в молекуле и по характерным структурным элементам. Структурными элементами являются различные заместители, которые связаны с углеродными атомами в углеводороде, или типы связей в цепи углеродных атомов. Деление органических соединений по *строению углеродного скелета* на классы представлено на рис. 3.

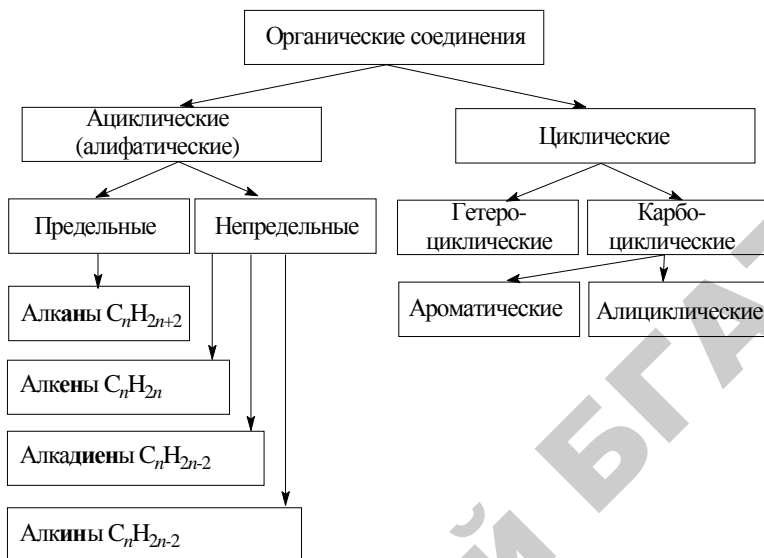


Рис. 3. Классификация органических соединений в зависимости от строения углеродного скелета молекулы

1. Углеводороды

Углеводороды – соединения, в состав которых входят только углерод и водород. При этом одна часть валентностей углерода затрачивается на образование связей с соседними атомами углерода, а вторая – на связывание углерода с водородом.

Все органические соединения, в зависимости от строения углеродного скелета, можно разделить на две основные группы:

- *ациклические* – их называют также алифатическими (не содержащими в структуре ароматических систем), которые имеют открытую цепь углеродных атомов;
- *циклические* – соединения с замкнутой в кольцо цепью атомов.

1.1. Ациклические органические соединения

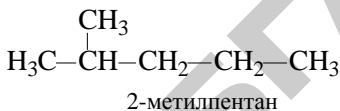
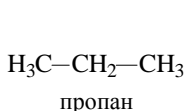
Среди ациклических соединений различают:

- *предельные* (насыщенные) – атомы углерода соединены друг с другом *одинарными* (простыми) связями $-C-C-$;

– *непредельные* (ненасыщенные) – имеются одна или несколько пар углеродных атомов, соединенных *кратными связями*: *двойными* $-\text{C}=\text{C}-$ или *тройными* $-\text{C}\equiv\text{C}-$.

Предельные углеводороды

Алканы – ациклические предельные (насыщенные) углеводороды линейного или разветвленного строения, содержащие только одинарные связи и образующие гомологический ряд общей формулы $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Алканы являются насыщенными углеводородами, поскольку содержат максимально возможное число атомов водорода:



Метан открывает ряд алканов. Нарращивание углеродной цепи на один атом углерода ведет к увеличению состава на группу $-\text{CH}_2-$. Такое количественное изменение состава приводит к новому соединению, обладающему несколько иными свойствами, качественно отличающимися от исходного соединения. Однако общий характер свойств соединений сохраняется.

В качестве примера (табл. 4) приведены: сокращенный гомологический ряд алканов (для первых десяти членов ряда), состав одновалентных радикалов (R), получаемых отнятием атома водорода от молекулы предельного углеводорода, выражаемых формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$.

Таблица 4

Гомологический ряд алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ и одновалентные радикалы R

Формула	Название	Радикал (R)	Название радикала
CH_4	Метан	$-\text{CH}_3$	Метил
C_2H_6	Этан	$-\text{C}_2\text{H}_5$	Этил
C_3H_8	Пропан	$-\text{C}_3\text{H}_7$	Пропил
C_4H_{10}	Бутан	$-\text{C}_4\text{H}_9$	Бутил
C_5H_{12}	Пентан	$-\text{C}_5\text{H}_{11}$	Пентил
C_6H_{14}	Гексан	$-\text{C}_6\text{H}_{13}$	Гексил
C_7H_{16}	Гептан	$-\text{C}_7\text{H}_{15}$	Гептил
C_8H_{18}	Октан	$-\text{C}_8\text{H}_{17}$	Октил
C_9H_{20}	Нонан	$-\text{C}_9\text{H}_{19}$	Нонил
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Декан	$-\text{C}_{10}\text{H}_{21}$	Децил

Непредельные углеводороды

Углеводороды с двойными или тройными связями могут быть образованы путем отнятия 2, 4, 6 и более атомов водорода от пар смежных углеродных атомов в предельных углеводородах; при этом получают непредельные углеводороды, содержащие, соответственно, двойную, тройную, две двойные (и т. д.) связи. При отнятии же двух и более атомов водорода от несмежных углеродных атомов из предельных ациклических углеводородов могут быть получены циклические углеводороды.

Алкены (этиленовые углеводороды) – ациклические непредельные (ненасыщенные) углеводороды, содержащие одну двойную связь между атомами углерода, образующие гомологический ряд общей формулы C_nH_{2n} :

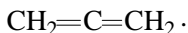


Алкадиены (диеновые углеводороды) – ациклические непредельные (ненасыщенные) углеводороды, содержащие две двойные углерод-углеродные связи и образующие гомологический ряд общей формулы C_nH_{2n-2} :

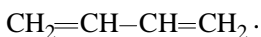


В зависимости от взаимного расположения двойных связей алкадиены подразделяются на три группы:

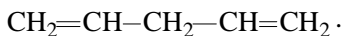
1. Алкадиены с кумулированными двойными связями. Это алкадиены, в молекулах которых двойные связи не разделены одинарными:



2. Сопряженные алкадиены. В молекулах сопряженных алкадиенов двойные связи разделены одной одинарной:

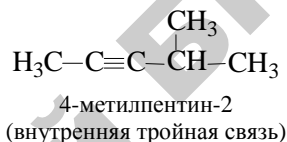
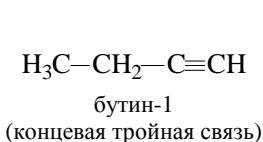


3. Изолированные алкадиены. В молекулах изолированных алкадиенов двойные связи разделены несколькими одинарными (двумя и более):



Эти три вида алкадиенов существенно отличаются друг от друга и по физико-химическим свойствам.

Алкины (ацетиленовые углеводороды) – ациклические непредельные (ненасыщенные) углеводороды, содержащие тройную углерод-углеродную связь и образующие гомологический ряд общей формулы $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$:

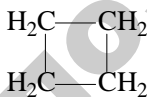


1.2. Циклические органические соединения

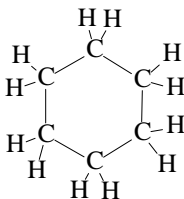
Циклические органические соединения делятся на две группы: карбоциклические и гетероциклические.

Карбоциклические соединения содержат в цикле только атомы углерода, которые, в свою очередь, включают два ряда соединений:

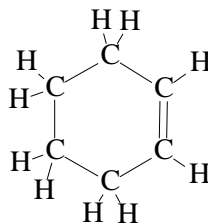
– алициклические (циклические алифатические):



циклобутан



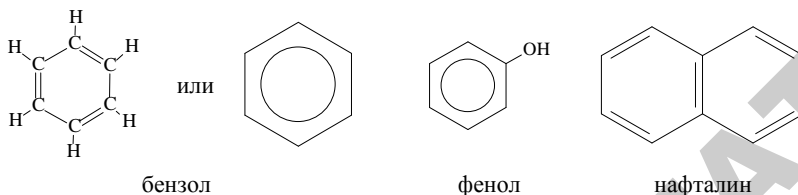
циклогексан



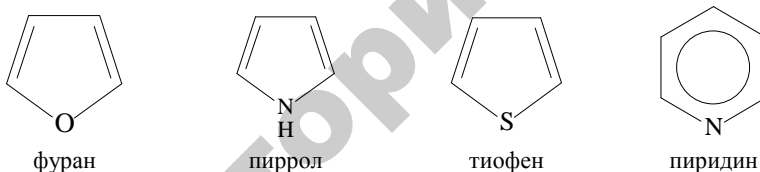
циклогексен

– ароматические, или арены, – органические вещества, в структуру которых входит одно или несколько бензольных колец (циклогексатриеновый фрагмент) и другие углеводородные группы.

Бензол открывает ряд ароматических углеводородов. Гомологами бензола являются толуол, ксилолы, мезитилен, этилбензол и прочие алкилзамещенные бензолы. Эти соединения также различаются на одно или несколько метиленовых звеньев ($-\text{CH}_2-$):



Гетероциклические соединения содержат в цикле, кроме атомов углерода, один или несколько атомов других элементов – *гетероатомов* (от греч. *heteros* – другой, иной): кислород, азот, серу и др. В основе гетероциклических соединений лежат гетероциклы, в которых атомы, образующие кольцо, соединены только с атомами водорода. В свою очередь, атомы водорода в гетероциклических соединениях могут быть замещены на функциональные группы.



2. Функциональные производные углеводов

Если один или несколько атомов водорода в углеводороде замещены другими атомами или группировками (функциональными группами), то образуются другие классы органических соединений – функциональные производные углеводов (спирты, альдегиды, карбоновые кислоты, амины и др.).

Функциональная группа – атом или группа атомов, заместившие водород в углеводороде, которые определяют принадлежность соединения к определенному классу и отвечают за его химические свойства. Вещество относят к тому классу, который представлен самой старшей функциональной группой в молекуле. Группы, расположенные в порядке убывания старшинства и определяющие

основные классы функциональных производных углеводов, указаны в табл. 5.

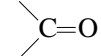
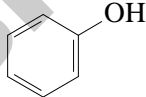
Карбоновые кислоты – производные углеводов, содержащие карбоксильные группы (–COOH). Если в молекуле кислоты – одна карбоксильная группа, то карбоновая кислота является одноосновной. Молекулярная структура предельных одноосновных кислот – R-COOH. Их состав выражается общей формулой $C_nH_{2n}O_2$.

Сложные эфиры – соединения, образованные замещением атома водорода карбоксильной группы в карбоновых кислотах на углеводородный радикал R'. Если R' не содержит кратных связей, то его молекулярная структура (R-COOR') выражается общей формулой $C_nH_{2n}O_2$.

Таблица 5

Наиболее характерные функциональные группы и соответствующие им классы органических соединений

Убывание старшинства ↓	Класс соединений	Функциональная группа и ее название	Суффикс или приставка в названии соединения	Примеры
	Карбоновые кислоты	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$ карбокси-	-овая кислота	$\text{H}_3\text{C—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$ Этановая кислота
	Сложные эфиры	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{OR} \end{array}$ -оксикарбонил-	как соли тех же кислот	$\text{H}_3\text{C—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O—CH}_3 \end{array}$ Метилацетат
	Нитрилы	$\text{—C}\equiv\text{N}$ циано-	-нитрил	$\text{H}_3\text{C—C}\equiv\text{N}$ Этаннитрил
	Альдегиды	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H—C} \end{array}$ карбонил-	-аль	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \backslash \\ \text{C}=\text{O} \\ / \\ \text{H} \end{array}$ Метаналь

	Класс соединений	Функциональная группа и ее название	Суффикс или приставка в названии соединения	Примеры
Убывание старшинства ↓	Кетоны	 карбонил- (оксо)	-он	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ Пропанон
	Спирты, фенолы	—ОН гидроксил- (окси-, гидрокси-)	-ол	$\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$ Метанол
				 Фенол
Амины	—NH ₂ амино-	-амин	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_2$ Метиламин	
Нет старшинства	Галогениды	—F, —Cl, —Br, —I галоген	фтор-, хлор-, бром-, йод-	$\text{H}_2\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 1-хлорпропан
	Нитросоединения	—NO ₂ нитро-	нитро-	$\text{H}_3\text{C}-\text{NO}_2$ Нитрометан

Альдегиды и кетоны – производные углеводородов, содержащие карбонильную группу атомов (>C=O, карбонил).

Альдегиды – соединения, в которых карбонильная группа связана с двумя атомами водорода или одним атомом водорода и одним углеводородным заместителем. Углеводородные заместители могут быть алифатическими, алициклическими (насыщенными или ненасыщенными) или ароматическими. Состав предельных альдегидов выражается общей формулой C_nH_{2n}O.

Кетоны – соединения, в которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными заместителями, одинаковыми или различными. В этом случае карбонильная группа называется также кетогруппой. Углеводородные заместители могут быть алифатическими, алициклическими (насыщенными или ненасыщенными)

или ароматическими. Состав предельных кетонов выражается общей формулой $C_nH_{2n}O$.

Спирты – производные углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильные группы ($-OH$). Спирты называют одноатомными, если они имеют одну гидроксильную группу, и предельными, если они являются производными алканов. Состав предельных одноатомных спиртов выражается общей формулой $C_nH_{2n+1}OH$ (или $C_nH_{2n+2}O$).

По числу гидроксильных групп в молекуле различают одноатомные, двухатомные и многоатомные спирты. По типу атома углерода, с которым связана гидроксильная группа, спирты классифицируют на первичные, вторичные и третичные. По строению углеводородной цепи спирты делят на насыщенные, ненасыщенные и ароматические.

Фенолы – производные ароматических углеводородов (ряда бензола), в которых один или несколько атомов водорода в бензольном кольце замещены на гидроксильные группы. Простейший представитель с формулой C_6H_5OH называется фенолом.

Амины – соединения, которые рассматривают как производные аммиака (NH_3), в котором атомы водорода замещены на углеводородные радикалы (R). В зависимости от природы радикала амины могут быть алифатическими и ароматическими.

В зависимости от числа замещенных на радикалы атомов водорода различают:

- первичные амины с общей молекулярной структурой: $R-NH_2$;
- вторичные – с общей молекулярной структурой: R_1-NH-R_2 ;
- третичные – с общей молекулярной структурой: $R_1-NR_2-R_3$.

Первичные амины можно также рассматривать как производные углеводородов (алканов), в которых один атом водорода замещен на аминогруппу $-NH_2$. Состав предельных первичных аминов выражается общей формулой $C_nH_{2n+3}N$.

Галогениды, или галогенопроизводные углеводородов, можно рассматривать как продукты замещения в углеводородах одного или нескольких атомов водорода атомами галогенов. В соответствии с этим могут существовать предельные и непредельные *моно-, ди-, три-* (в общем случае *поли-*) галогенопроизводные. Молекулярная формула моногалогенопроизводных углеводородов: $R-Hal$, где R – углеводородный остаток (радикал), Hal – атом галогена (F, Cl, Br, I).

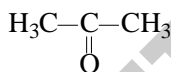
Нитросоединения – производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на нитрогруппы ($-\text{NO}_2$). Общая формула предельных мононитросоединений – R-NO_2 , а состав выражается общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{NO}_2$.

В зависимости от типа углеродного атома, с которым связана нитрогруппа, различают первичные, вторичные и третичные нитросоединения. По строению углеводородного фрагмента, с которым связана нитрогруппа, нитросоединения делят на нитроуглеводороды (нитроциклоуглеводороды) и нитроарены.

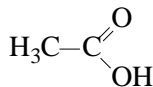
3. Номенклатура органических соединений

Номенклатура органических соединений – это система наименований органических веществ и правила составления этих названий.

Тривиальная номенклатура – совокупность названий индивидуальных органических соединений, исторически закрепившихся за какими-либо соединениями. Тривиальные названия веществ не содержат сведений об их составе и строении:



ацетон

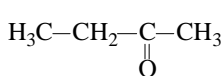


уксусная кислота

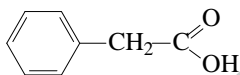
Тривиальные названия присваивались органическим соединениям на ранних этапах развития органической химии. Они являются случайными и отражают природный источник содержания вещества (молочная кислота, мочеви́на, кофеин), характерные свойства (глицерин, грему́чая кислота), способ получения (пировиноградная кислота, серный эфир), имя первооткрывателя (кетон Михлера, углеводород Чичибабина), область применения (аскорбиновая кислота). Преимуществом тривиальных названий является их лаконичность, поэтому употребление некоторых из них разрешено Комиссией IUPAC. В настоящее время тривиальные названия не рекомендуются

IUPAC к использованию, однако для некоторых веществ (например бензола), а также для целых классов органических соединений (например карбоновых кислот) чаще употребляются именно тривиальные названия.

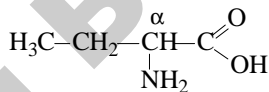
Рациональная номенклатура используется для названий простых моно- и бифункциональных органических соединений. Основу названия составляет название данного класса соединений или одного из членов гомологического ряда с указанием заместителей. В качестве локантов (цифра или буква местоположения в названии органического соединения в химической номенклатуре, указывающая порядок сочленения атомов и групп в структурной формуле), как правило, используются греческие буквы:



метилэтилкетон

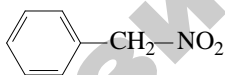


фенилуксусная кислота

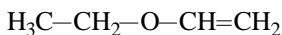


α -аминомасляная кислота

По правилам рациональной номенклатуры, за основу названия органического соединения принимают название наиболее простого члена данного гомологического ряда. Все остальные соединения рассматривают как его производные, образованные замещением в нем атомов водорода алкильными группами, атомами или функциональными группами:



фенилнитрометан



винилэтиловый эфир

Названия в соответствии с правилами рациональной номенклатуры могут быть составлены лишь для небольшого количества органических соединений с относительно простым строением, и это ограничивает ее применение.

В настоящее время в органической химии общепринятой является *систематическая номенклатура*, разработанная IUPAC. Систематическая номенклатура является научной и отражает состав, химическое и пространственное строение соединения. В Правилах IUPAC используются несколько типов номенклатур, наиболее

универсальная и распространенная из них – *заместительная*. Согласно этой номенклатуре молекулы соединений рассматриваются как производные углеводородов, в которых атомы водорода замещены на другие атомы или группы атомов.

Названия ациклических незамещенных неразветвленных углеводородов, согласно номенклатуре IUPAC, складываются из названия главной углеродной цепи с окончанием *-ан*. Цепь, содержащая только первичные и вторичные атомы углерода, называется неразветвленной, или нормальной, и обозначается буквой «*n*» перед названием соединения. Названия радикалов алканов образуются заменой окончания *-ан* в названии углеводорода окончанием *-ил* (см. табл. 4).

Названия ациклических непредельных углеводородов без функциональных заместителей по систематической номенклатуре строятся из названия главной углеродной цепи алкана путем замены суффикса *-ан* на другой суффикс (табл. 6) с указанием цифр, соответствующих положению кратных связей.

Таблица 6

Суффиксы в названиях классов ациклических углеводородов

Класс соединения	Суффикс в систематической номенклатуре	Пример названия
Алкан	-ан	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ <i>n</i> -Пентан
Алкен	-ен	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ Бутен-1
Алкадиен	-диен	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ Гексадиен-1,3
Алкин	-ин	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ Пентин-2

Название углеводорода «алкен» происходит от названия соответствующего углеводорода «алкан» заменой суффикса *-ан* на *-ен*. Положение двойной связи указывается цифрой. Нумерация атомов углерода в цепи начинается с конца цепи, к которому ближе двойная связь. Аналогично образуются названия циклоалкенов.

Название углеводорода «алкадиен» происходит от названия соответствующего углеводорода «алкан» заменой суффикса *-ан* на *-диен*. Положения двойных связей также указываются цифрами. Нумерация атомов углерода в цепи начинается с конца цепи, к которому ближе двойная связь.

Названия углеводорода «алкин» образуются заменой окончания *-ан* в названиях соответствующих углеводородов «алкан» на *-ин*. Положение тройной связи указывается цифрой аналогично тому, как это делается в алкенах. При наличии в молекуле двойной и тройной связей тройная связь считается старшей.

Название функциональных производных углеводородов выражается при помощи сложного слова, составные части которого отражают определенные элементы строения молекулы вещества. При построении названия в молекуле соединения выделяют следующие структурные элементы.

Родоначальная структура – главная углеродная цепь (линейный углеводород) или циклическая структура в карбо- и гетероциклах.

Углеводородный радикал – остаток формульного обозначения углеводорода со свободными валентностями (см. табл. 4).

Функциональная группа – характеристическая группа атомов неуглеводородного характера, связанная с родоначальной структурой или входящая в ее состав (см. табл. 5).

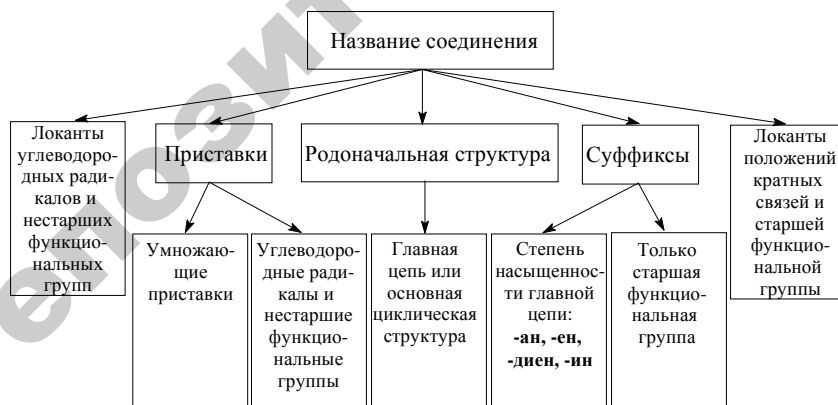


Рис. 4. Схема построения названия органического соединения по систематической номенклатуре

В итоге, по систематической номенклатуре название органического соединения строится в виде сложного слова, состоящего из *корня* (родоначальная структура), *приставок* (префиксов) и *суффиксов*, а также *цифр* (локантов) (см. рис. 4).

Алгоритм построения названия органического соединения по систематической номенклатуре следующий:

1. Выполнить анализ строения производного углеводорода, руководствуясь следующими критериями:

- наличие и количество старших функциональных групп;
- наличие и количество кратных связей;
- длина углеродной цепи;
- наличие и количество неглавных заместителей (функциональных групп, углеводородных радикалов).

2. Определить главную углеродную цепь или основную циклическую структуру – *родоначальную структуру* – по приведенным выше критериям, при этом каждый последующий критерий вступает в действие лишь тогда, когда предыдущий не приводит к однозначному выбору. В зависимости от класса соединений, такой структурой может быть та, которая:

- содержит старшую функциональную группу. Если вариантов выбора цепи несколько, то главная цепь та, в которой находится самая старшая функциональная группа;
- при отсутствии функциональной группы главная цепь та, которая содержит кратную связь, даже если цепь не самая длинная;
- представляет самую длинную неразветвленную цепь углеродных атомов, независимо от того, как изображена структурная формула;
- если несколько одинаковых цепей, то выбирают ту, в которой больше радикалов, функциональных групп и кратных связей.

Основу названия соединения составляет корень слова, обозначающий название предельного углеводорода с тем же числом атомов, что и главная цепь.

3. Последовательно пронумеровать атомы углерода родоначальной структуры:

- от старшей функциональной группы, придавая ей наименьший порядковый номер;
- от углеродного атома, к которому ближе кратная связь;
- от конца углеродной цепи, к которому ближе атом углерода, несущий заместитель. При наличии нескольких заместителей – с того конца, где их больше;

– если заместители расположены на равных расстояниях от концов главной цепи, выбор начала нумерации определяет алфавитный порядок.

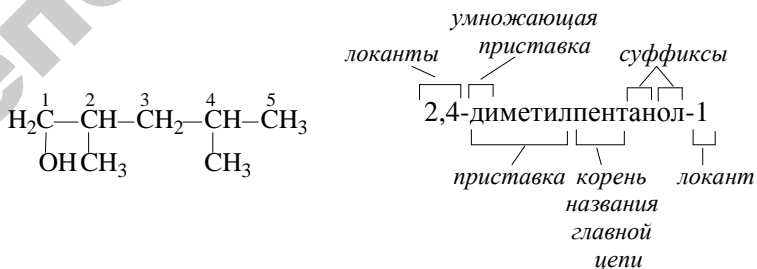
4. Дать название главной цепи (родоначальной структуре) по числу углеродных атомов в ней, заканчивая суффиксом, характеризующим степень насыщенности (-ан – при отсутствии кратных связей; -ен – при наличии двойной связи; -ин – при наличии тройной связи), и суффиксом старшей функциональной группы, указав ее положение цифрой (локантом), отделенной от букв дефисом.

Если кратных связей несколько, то в суффиксе указывается число таких связей (-диен, -триен и т. д.). После суффикса обязательно указывают цифрами (локантами) положения кратных связей (номера атомов углерода главной цепи, от которых образуются кратные связи), отделяя их от букв дефисами.

5. Перечислить в алфавитном порядке нестаршие функциональные группы, которые даются в названии соединения в виде приставок. При перечислении умножающие приставки, указывающие число одинаковых структурных заместителей (ди-, три-, тетра- и т. д.), не учитываются. Каждому заместителю, связанному с главной цепью, соответствует свой номер (номер атома углерода главной цепи), который обозначается цифрой. Число заместителей должно совпадать с числом локантов, которые ставят перед приставками, отделяя их от букв дефисами.

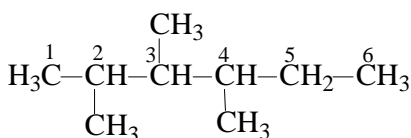
Убывание старшинства функциональных групп (см. табл. 5) следующее: –COOH (карбоксильная группа), –CHO (альдегидная группа), >C=O (кетонная группа), –OH (гидроксильная группа), –NH₂ (аминогруппа). Галогены (F, Cl, Br, I), нитрогруппа (–NO₂) и углеводородные радикалы (R) не имеют старшинства и всегда указываются по алфавиту только в приставках.

Пример названия органического соединения по систематической номенклатуре:

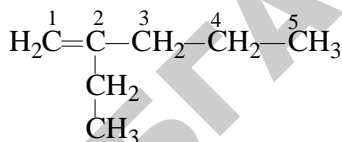


Рассмотрим некоторые примеры составления названий разных функциональных производных углеводородов по правилам систематической номенклатуры.

Если *ациклические углеводороды* имеют в главной цепи заместители – углеводородные радикалы (алкильные группы), то в названии эти радикалы перечисляются в алфавитном порядке с умножающими приставками и локантами, а также локантами, указывающими положения кратных связей:

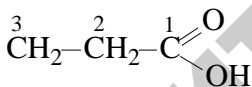


2,3,4-триметилгексан

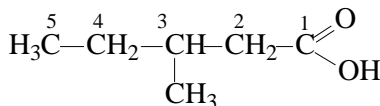


2-этилпентен-1

При составлении названия *карбоновой кислоты* за родоначальную структуру выбирают наиболее длинную углеродную цепь, которая включает карбоксильную группу. Эта группа при нумерации получает наименьший номер. Локант при этом не указывается. К названию главной цепи такого углеводорода, соответственно, прибавляют суффикс *-овая* (кислота):

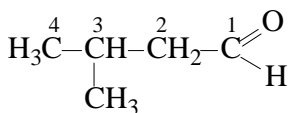


пропановая кислота

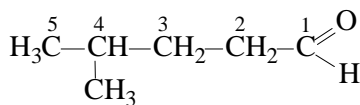


3-метилпентановая кислота

При составлении названия *альдегида* за родоначальную структуру выбирают наиболее длинную углеродную цепь, которая включает карбонильную группу. Эта группа при нумерации получает наименьший номер. К названию главной цепи такого углеводорода, соответственно, прибавляют суффикс *-аль*:

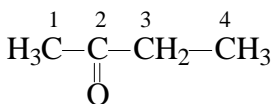


3-метилбутаналь

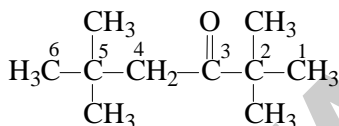


4-метилпентаналь

При составлении названия *кетона* за основу выбирают наиболее длинную углеродную цепь, которая включает кетогруппу. Эта группа при нумерации получает наименьший номер. К названию углеводорода, соответствующего главной цепи, прибавляют суффикс *-он*:

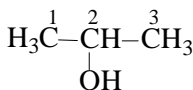


бутанон-2

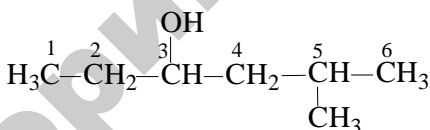


2,2,5,5-тетраметилгексанон-3

При составлении названия *спирта* за основу выбирают наиболее длинную углеродную цепь, которая включает гидроксильную группу. При этом нумерация цепи идет с конца, ближе к которому расположена OH-группа. К названию углеводорода, соответствующего главной цепи, прибавляют суффикс *-ол*:

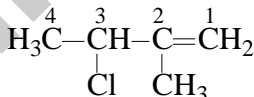


пропанол-2

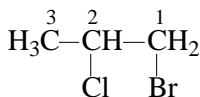


5-метилгексанол-3

Название *галогенпроизводных углеводов* складывается из названия органического соединения без галоген-группы и названия заместителя – галогена в качестве функциональной группы в виде приставки. При этом нумерацию атомов углерода в цепи будут определять старшие группы или кратные связи, если атомы галогена входят в состав соединения:

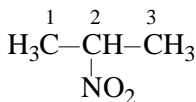


2-метил-3-хлорбутен-1

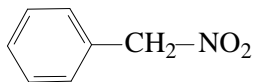


1-бром-2-хлорпропан

Названия *нитросоединения* образуются от названия углеводорода и приставки *нитро-*:

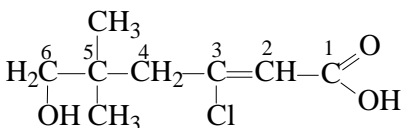


2-нитропропан

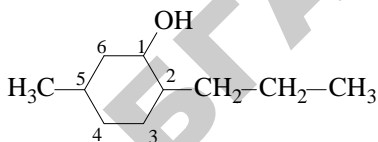


фенилнитрометан

Примеры составления названий некоторых органических соединений, в структуре которых одновременно присутствуют функциональные группы, углеводородные радикальные заместители и кратные связи:



6-гидрокси-5,5-диметил-3-хлоргексен-2-овая кислота



2-пропил-5-метилциклогексанол-1

Глава 5. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОЛИМЕРОВ

Полимеры – высокомолекулярные химические соединения, молекулы которых (макромолекулы) имеют большую молекулярную массу (10^4 – 10^6 г/моль) и состоят из большого числа повторяющихся структурных единиц (мономерных звеньев), связанных друг с другом химической связью. Мономер – исходное низкомолекулярное вещество, из которого синтезируют полимер.

Существуют разные классификации полимеров. В основу классификации полимеров могут быть положены самые разнообразные признаки: происхождение полимеров, строение и химический состав их макромолекул, пространственное расположение заместителей в элементарных звеньях и т. д.

1. Классификация полимеров по молекулярной массе (ММ):

- олигомеры (ММ менее 500 г/моль);
- полимеры низкомолекулярные (ММ от 500 до 5000 г/моль);
- полимеры высокомолекулярные (ММ от 5000 до 500 000 г/моль);
- полимеры сверхвысокомолекулярные (ММ более 500 000 г/моль).

2. Классификация полимеров по происхождению:

– природные (натуральные, биополимеры) – высокомолекулярные соединения, полученные как продукты жизнедеятельности растительных и животных клеток, встречающиеся в окружающем мире – полисахариды (крахмал, целлюлоза), белки, нуклеиновые кислоты, хитин, лигнин. Кроме того, к природным полимерам относятся и минеральные вещества (слода, асбест, естественный графит, природный алмаз и др.).

– химические:

а) синтетические – полимеры, которые в природе отсутствуют, но их получают искусственным путем, синтезом из низкомолекулярных веществ (полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилен, полиметилметакрилат и др.). Основным преимуществом синтетических полимеров перед природными являются неограниченные запасы исходного сырья и широкие возможности синтеза полимеров с заранее заданными свойствами;

б) искусственные – высокомолекулярные соединения, получаемые при переработке природных полимеров (триацетилцеллюлоза, вискоза), осуществляемой путем их химической модификации.

3. Классификация полимеров по расположению атомов и атомных групп в пространстве:

– линейные (молекула состоит из элементарных звеньев, последовательно соединенных друг с другом, образуя длинные зигзагообразные или закрученные в спираль цепи, не имеющие разветвлений). К ним относятся натуральный каучук, эластомеры и другие полимеры высокой эластичности;

– разветвленные (линейная длинная цепочка состоит из элементарных звеньев, имеющих короткие боковые ответвления от главной цепи, например амилопектин);

– сетчатые, или сшитые (между соседними макромолекулами существуют поперечные связи, образуя трехмерную сетку), т. е. полимеры, цепи которых соединены между собой химическими «мостиковыми» связями с образованием единой пространственной структуры. Это нерастворимые и неэластичные полимеры, например: резина, эпоксидные смолы в стадии отверждения.

4. Классификация полимеров по составу макромолекулы:

– гомополимеры, макромолекулы которых состоят из одинаковых мономерных звеньев: поливинилхлорид, целлюлоза;

– сополимеры, макромолекулы которых содержат разные типы мономерных звеньев (многие полимеры с улучшенными свойствами).

5. Классификация полимеров по чередованию структурных звеньев:

– стереорегулярные полимеры, макромолекулы которых состоят из звеньев, одинаковых или различных, но повторяющихся в определенной периодической последовательности;

– стереонерегулярные – структурные звенья повторяются хаотически.

6. Классификация полимеров по элементному составу:

– органические – карбоцепочечные соединения, главные цепи которых построены из атомов углерода (полиэтилен, полипропилен, плексиглас и др.);

– неорганические, не содержащие органических звеньев ни в главной цепи, ни в ответвлениях макромолекулы, т. е. построенные только из элементов III–VI групп (силикон, пластическая сера, кристаллы кварца);

– элементоорганические, макромолекулы которых состоят из неорганических цепей, обрамленных органическими радикалами, или из органических цепей (карбоцепные) с боковыми элементоорганическими группами (полисилоксан, боро-,

фосфорорганические полимеры и др.). Элементоорганические полимеры в природе не встречаются.

7. Классификация полимеров по отношению к нагреванию:

– термопластичные – обратимо размягчаются при нагревании и затвердевают при охлаждении. При их нагревании не образуется поперечных химических связей, т.е. полимеры после охлаждения возвращаются в исходное состояние без потери физических свойств (этими качествами обладают линейные и разветвленные полимеры – полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и др.). При комнатных температурах термопластичные полимерные материалы находятся в твердом (стеклообразном или кристаллическом) состоянии. При повышении температуры они переходят сначала в высокоэластичное состояние, затем (при дальнейшем нагревании) – в вязкотекучее состояние, что обеспечивает возможность формования термопластов различными методами. Переходы термопластов из твердого в высокоэластичное и вязкотекучее состояния обратимы и могут повторяться многократно, что делает возможной вторичную переработку термопластичных полимеров;

– терморезистивные – многокомпонентные полимерные материалы, которые при повышении температуры за счет химических реакций образуют трехмерную сетку, необратимо переходят в твердое нерастворимое и неплавкое состояние с образованием трехмерной сетчатой структуры, т.е. после нагревания частично и необратимо разрушаются и не восстанавливают исходных свойств (сетчатые пространственные полимеры – фенолформальдегидные смолы, полиуретаны).

8. Классификация по типу химической реакции получения:

– полимеризационные – полимеры, полученные реакцией соединения молекул мономера, не сопровождающейся выделением побочных продуктов. Получение осуществляется путем раскрытия двойных и тройных связей ненасыщенных соединений, а также за счет размыкания гетероциклов;

– поликонденсационные – полимеры, полученные реакцией образования полимеров, протекающей по механизму замещения и обычно сопровождающейся выделением низкомолекулярных побочных продуктов. Поэтому элементный состав полимера отличается от элементного состава исходных веществ. Получение осуществляется путем взаимодействия функциональных групп различных классов органических соединений.

9. Классификация полимеров по функциональным свойствам:
- пластмассы – материалы на основе природных и синтетических высокомолекулярных соединений, под воздействием температуры и давления принимающие любую форму и сохраняющие ее после охлаждения (полиэтилен, поливинилхлорид, тефлон, полистирол и др.);
 - каучуки – природные и синтетические высокомолекулярные соединения с высокоэластичными свойствами;
 - волокна – природные и синтетические высокомолекулярные соединения, перерабатываемые в нити. Волокна имеют следующую классификацию (рис. 5).



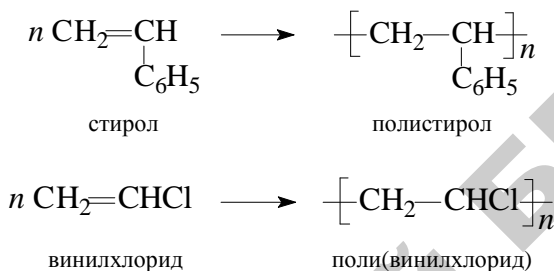
Рис. 5. Классификация волокон

Номенклатура полимеров. Тривиальная номенклатура полимеров имеет то несомненное преимущество, что делает полимер узнаваемым для широкого круга специалистов и потребителей.

В качестве примера можно привести политетрафторэтилен, который широко известен под названием тефлон. Хорошо известны также такие названия, как фенопласты, аминопласты, поликарбонаты

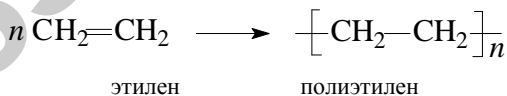
и некоторые другие. Как правило, подобные названия не содержат информации о химическом строении полимера.

Рациональная номенклатура широко применяется в настоящее время по отношению к полимерам, получаемым методом цепной полимеризации. Перед названием мономера ставится приставка *поли-*, если название мономера включает несколько слов, то оно берется в скобки:



Систематическая номенклатура полимеров, рекомендованная IUPAC, основана на описании строения составного повторяющегося звена (СПЗ) полимерной цепи в соответствии с определенными правилами. СПЗ представляет собой наименьшую группу атомов, повторением которой может быть образована полимерная цепь.

В большинстве случаев СПЗ совпадает с мономерным звеном, но в отдельных случаях – не совпадает, что приводит к изменению привычных названий полимеров. Например, полиэтилен в соответствии с этой номенклатурой называется полиметиленом, а СПЗ является группа $-\text{CH}_2-$:



Название полимера начинается с приставки *поли-*, за которой в скобках следует название СПЗ – простое или состоящее из нескольких подзвеньев. В качестве подзвена выбирается наибольшая группа атомов (или циклов основной цепи), которая может быть названа в соответствии с номенклатурными Правилами IUPAC для низкомолекулярных органических соединений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Знакомство с классификацией и номенклатурой химических соединений показывает, что рассмотренные принципы и правила являются своеобразной грамматикой химического языка, изменяющейся и развивающейся вместе с развитием самого языка и самой химической науки. Начинаящий специалист всегда должен помнить, что успех в обмене информацией с коллегами может быть достигнут только в том случае, если он разговаривает с ними на одном, понятном всем языке.

Рассмотрение вопросов классификации химических соединений показало, что все классы соединений взаимосвязаны. Переход от одних классов соединений к другим осуществляется в основном за счет химических превращений.

Особое внимание уделено сведениям о составлении названий химических соединений различных классов по Правилам систематической номенклатуры, которые широко используются в практике наряду с правилами других номенклатур. Главным достоинством Правил является возможность достижения с их помощью международной унификации и однозначности названий для всех типов соединений, включая сложные металлоорганические соединения.

Детально рассмотрены используемые в различных номенклатурных системах названия важнейших радикалов, атомных и функциональных групп, сокращения, приставки и окончания, а также буквенные и числовые обозначения. Таким образом, в названиях химических соединений, в отличие от слов русского языка, присутствуют цифры (локанты), знаки препинания (запятые и тире), приставки, суффиксы и окончания, стоящие перед корнем и после него. Благодаря этому со временем из рассмотренных номенклатур будут изъяты все неоднозначности и исключения, которые будут заменены на легко распознаваемые систематические названия.

Наконец, общая классификация и номенклатура химических соединений создает качественно новые возможности для систематизированного отнесения новых синтезированных соединений к определенным классам, анализа их свойств, состава и строения, а также для прогноза новых химических веществ, в том числе с требуемыми свойствами. Поэтому данное пособие имеет большой инновационный потенциал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Глинка, Н. Л. Общая химия : учебник для студентов нехимических специальностей высших учебных заведений / Н. Л. Глинка ; под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. – 18-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 899 с.

2. Коровин, Н. В. Общая химия : учебник для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям / Н. В. Коровин. – 9-е изд., перераб. – М. : Высшая школа, 2007. – 560 с.

3. Боровлев, И. В. Органическая химия. Термины и основные реакции : учебное пособие / И. В. Боровлев. – М. : БИНОМ, 2010. – 360 с.

4. Борзова, Л. Д. Основы общей химии : учебное пособие для студентов вузов / Л. Д. Борзова, Н. Ю. Черникова, В. В. Якушев. – СПб. : Лань, 2014. – 470 с.

5. Шабаров, Ю. С. Органическая химия : учебник / Ю. С. Шабаров. – 5-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2011. – 848 с.

6. Общая и неорганическая химия : учебное руководство для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович. – Минск : РИВШ, 2016. – 114 с.

Дополнительная:

1. Грандберг, И. И. Органическая химия / И. И. Грандберг. – М. : Высшая школа, 2006. – 480 с.

2. Хлебников, А. Ф. Современная номенклатура органических соединений (или как правильно называть органические вещества) / А. Ф. Хлебников, М. С. Новиков. – СПб. : Профессионал, 2004. – 432 с.

3. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений. – СПб. : Мир и семья, 2002. – 1276 с.

4. Шретер, В. Химия. Справочник / В. Шретер [и др.]. – М. : Химия, 2000. – 648 с.

5. Лидин, Р. А. Химия : справочник / Р. А. Лидин, Л. Ю. Аликберова. – М. : АСТ-ПРЕСС ШКОЛА, 2005. – 512 с.

Учебное издание

Арабей Сергей Михайлович,
Нехайчик Андрей Александрович

КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА
ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *С. М. Арабей*
Редактор *Т. В. Каркоцкая*
Компьютерная верстка *Е. А. Хмельницкой, Т. В. Каркоцкой*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 02.10.2018 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 2,54. Тираж 98 экз. Заказ 553.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.