

Р.Кан, О.Дермер

Введение в химическую номенклатуру

Introduction to Chemical Nomenclature

Fifth Edition

R. S. Cahn, MA, Dr Phil nat, FRIC, CC
*Formerly Editor to the Chemical Society and member of
the IUPAC Committee of Nomenclature of Organic Chemistry*

O. C. Dermer, BSc, PhD, ScD
*Regents Service Professor Emeritus of Chemistry,
Oklahoma State University*

BUTTERWORTHS
LONDON · BOSTON
Sydney · Wellington · Durban · Toronto

Р. Кан, О. Дермер

Введение в химическую номенклатуру

Перевод с английского Н. Н. ЩЕРБИНОВСКОЙ
под редакцией докт. хим. наук, проф. В. М. ПОТАПОВА
и канд. хим. наук Р. А. ЛИДИНА



МОСКВА «ХИМИЯ» 1983

УДК 54.083.72

Кан Р., Дермер О.

Введение в химическую номенклатуру: Пер. с англ./Под ред. В. М. Потапова и Р. А. Лидина. — М.: Химия, 1983. — 224 с.

Краткое справочное пособие по современной номенклатуре неорганических, органических, металлорганических и комплексных соединений. Изложение ориентировано на уяснение общих принципов соответствующих международных правил IUPAC, рассмотрена номенклатурная система, используемая в реферативном журнале Chemical Abstracts. Номенклатурные правила IUPAC адаптированы к нормам русского языка с учетом особенностей отечественной химической терминологии.

Предназначена для научных работников — химиков, физико-химиков, биологов, преподавателей вузов. Полезна студентам и аспирантам химических специальностей вузов.

224 с., 31 табл., 127 литературных ссылок.

К $\frac{1801000000-005}{050(01)-83}$ 5.83

© Butterworth and Co(Publishers)Ltd, 1979

© Перевод на русский язык. Издательство «Химия», 1983 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Из предисловия к пятому английскому изданию	8
Из предисловия к четвертому английскому изданию	9
Предисловие редакторов перевода	10
Глава 1. Развитие химической номенклатуры	15
Глава 2. Неорганические соединения	20
Химические элементы Простые вещества	21
Общие правила номенклатуры неорганических соединений	26
Бинарные соединения	27
Псевдобинарные соединения	32
Общие правила номенклатуры комплексных соединений	33
Кислоты и средние соли	35
Ионы и радикалы	41
Другие соли и солеобразные соединения	44
Кислые соли	44
Двойные соли	45
Основные соли	46
Двойные оксиды и гидроксиды	46
Комплексные соединения	46
Классические комплексные соединения	46
Другие комплексные соединения	48
Изомерия комплексных соединений	54
Другие типы соединений	56
Изополианионы	56
Гетерополианионы	56
Продукты присоединения (аддукты)	57
Нестехиометрические кристаллы (кристаллические фазы переменного состава)	58
<i>Приложения</i>	<i>58</i>
Числовые и умножающие приставки	58
Приставки для обозначения строения	59
<i>Литература</i>	<i>60</i>
Глава 3. Номенклатура органических соединений. Общие положения	60
Введение	60
Технические термины	62
Способы записи названий	64
Специфика других языков	71
<i>Литература</i>	<i>73</i>
Глава 4 Номенклатура органических соединений. Принципы	74
Типы номенклатур	74
Подход к составлению названия	78
Главная группа	80
Главные группы в заместительной номенклатуре	80
Главные группы в радикало-функциональной номенклатуре	83
Алфавитный порядок	84
Нумерация	85
Конъюнктивная (объединительная) номенклатура	89
Завершающий подход к названию	91
<i>Литература</i>	<i>96</i>

Глава 5. Номенклатура органических соединений. Углеводороды и гетероциклы	97
Ациклические углеводороды	97
Циклоалканы	98
Производные бензола	98
Би-соединения	99
Полициклические углеводороды	100
Тривиальные названия полициклических углеводородов	100
Метод конденсирования (аннелирования) при построении названий углеводородов	105
Номенклатура бициклических и других соединений	108
Ароматические мостиковые углеводородные системы	109
Спираны	110
Циклы с боковыми цепями	111
Новые названия классов соединений	111
Гетероциклические соединения	112
Тривиальные названия гетероциклических соединений	112
Расширенная система Ганча — Видмана	116
Метод конденсирования при построении названий гетероциклов	120
Заменительная номенклатура	121
Гетеро-мостики	122
<i>Литература</i>	122
 Глава 6. Номенклатура органических соединений	 123
Некоторые специальные вопросы и функциональные группы	123
Радикалы (как заместители) из углеводородов и гетероциклических соединений	123
Введение	123
Ациклические радикалы	123
Радикалы из циклических систем	124
Нумерация	124
Свободные радикалы	125
Ионы	126
Галогенопроизводные	128
Спирты и фенолы	129
Простые эфиры	130
Кислоты и их производные	131
Кислоты. Общие положения	131
Карбоновые кислоты	132
овая/-ойная	133
Прочие кислоты	134
Кислотные группы в префиксах	134
Ионы	135
Сложные эфиры	136
Амиды	136
Производные двухосновных кислот	137
Лактоны, лактамы и их серусодержащие аналоги	137
Нитрилы и их производные	138
Альдегиды	139
Кетоны	140
Производные кетонов	145
Амины	145
Соли аминов	146
Соединения, содержащие серу	147
«Обозначенный водород». Обобщение концепции	150
<i>Литература</i>	152

Глава 7. Стереонизомерия	152
Сtereoхимическая номенклатура IUPAC	155
Процедура правила последовательности	156
Порядок старшинства	158
Цис/транс-изомерия	161
Эндо, экзо, оин, анти	162
Сtereoхимические индексы α, β	163
Конформация	163
Современная практика указателей CA	165
Специальные области	169
Углеводы	170
Аминокислоты	171
Стероиды	171
Циклиты	173
Липиды	174
Металлорганические соединения	175
Заключение	175
<i>Литература</i>	175
 Глава 8. Некоторые вопросы номенклатуры природных соединений	 176
Углеводы	178
Родоначальные названия и стереохимия	178
Замещенные формы	179
Продукты восстановления и окисления	180
Олигосахариды (низкомолекулярные полимеры)	180
Циклиты	181
Липиды	181
Стероиды	182
Родоначальные структуры и стереохимия	182
Модификации	183
Терпены	184
Аминокислоты и пептиды	186
Аминокислоты	186
Пептиды	186
Сокращенные обозначения	187
Ферменты	187
Нуклеиновые кислоты, нуклеозиды и нуклеотиды	188
Алкалоиды	189
Порфирины	189
Витамины	190
<i>Литература</i>	190
 Глава 9. Разные области номенклатуры	 192
Элементарорганические соединения	192
Названия координационных соединений	192
Заместительные названия	193
Радикалофункциональные названия	195
Названия, основанные на «а»-обозначениях	196
Заключение	199
Изотопно модифицированные соединения	200
Полимеры	202
Физико-химическая номенклатура	203
Аналитическая номенклатура	204
<i>Литература</i>	204
<i>Приложение. Важнейшие отличия современной номенклатуры в указате</i>	
<i>лях Chemical Abstracts от правил IUPAC</i>	206
<i>Предметный указатель</i>	211

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ПЯТОМУ АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

За период, прошедший с момента выхода в свет предыдущего (1974) издания этой книги, не только IUPAC (ИЮПАК) продолжал публиковать различные материалы и рекомендации по номенклатуре, но и редакция реферативного журнала Chemical Abstracts ввела значительные изменения в принятую в журнале и его указателях систему наименования и индексации химических веществ. Мне не удалось бы подготовить переиздание этой книги, если бы профессор Дермер не согласился мне помочь. Его богатый опыт автора и редактора одного из разделов журнала Chemical Abstracts обеспечил возможность справиться с модернизацией текста, внесением необходимых исправлений и дополнений, существенно важных для того, чтобы показать расхождения между рекомендациями IUPAC и практикой наименования и индексации, принятой в этом журнале.

Основная часть дополнений в пятом издании относится к стереохимической номенклатуре, к номенклатуре природных веществ и металлоорганических соединений.

Характерной особенностью многих рекомендаций IUPAC является то, что в них допускается выбор альтернативных названий. Поскольку журнал Chemical Abstracts выбирает для индексации и для машинного использования какой-либо один из альтернативных вариантов, предлагаемых Правилами IUPAC, можно ожидать, что большинство химиков, и особенно молодых, будет придерживаться более последовательной практики журнала Chemical Abstracts. Однако, когда этот журнал прибегает к совершенно новым методам построения названий, возникают более глубокие противоречия между приверженцами старых и поборниками новых правил. Мы с профессором Дермером решили просто показывать основные расхождения в практике построения названий, принятых в журнале Chemical Abstracts и в Правилах IUPAC, только иногда указывая предпочтительные варианты. В этом мы следуем замыслам предыдущих изданий, а именно, стараться вскрыть и объяснить причины расхождений, а не диктовать выбор вариантов. Мы надеемся, что это поможет химикам, которые должны быть знакомы и с номенклатурой, используемой в журнале Chemical Abstracts, и с номенклатурой IUPAC, широко представленной и в его текущих публикациях, и в рекомендациях прошлых лет.

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ЧЕТВЕРТОМУ АНГЛИЙСКОМУ ИЗДАНИЮ

Весь текст четвертого издания этой книги подвергся переработке, в результате чего больше половины книги было написано заново. Это было сделано с тем, чтобы внести в нее новые, утвержденные IUPAC, правила номенклатуры химических соединений. В раздел о неорганических соединениях добавлены основные положения из рекомендаций IUPAC, касающиеся комплексных соединений вообще, π -комплексов.

В раздел об органических соединениях введен материал, который должен помочь читателю самостоятельно строить новые названия на основе изложенных принципов и правил. В основном характер изложения предыдущих изданий остался прежним: даются разъяснения принципов построения названий соединений без воспроизведения самих правил.

Существенным отличием данного издания является то, что все названия строятся по принципам, принятым в американской химической литературе. И сделано это потому, что, во-первых, в большинстве публикаций на английском языке названия химических соединений пишутся, хотя и не всегда правильно согласно этим принципам, а, во-вторых, в математическом обеспечении для ЭВМ и в публикациях на английском языке работ по машинной обработке задач по химии используются именно эти принципы построения названий. Однако в тех случаях, когда это важно, будут указываться расхождения с практикой использования химической номенклатуры в Великобритании.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРОВ ПЕРЕВОДА

В этой книге читатель получает информацию о химической номенклатуре «из первых рук». В особенности это касается номенклатуры органических соединений — Р. С. Кан многие годы был не только членом Международной комиссии по номенклатуре органических соединений, но и ее секретарем; именно ему приходилось после долгих дискуссий на заседаниях окончательно формулировать правила. Вторым автором 5-го издания является О. К. Дермер, который долгие годы был редактором одного из разделов реферативного журнала *Chemical Abstracts* (CA); при его участии текст был дополнен, существенно модернизирован по сравнению с предыдущими изданиями, в частности, проведено сопоставление номенклатуры IUPAC и практики CA.

Таким образом, 5-е издание приобрело двойную ценность: с одной стороны, оно помогает разбираться в названиях, встречающихся в текущей журнальной литературе (и составлять отвечающие правилам IUPAC названия для собственных публикаций), а с другой стороны, оно служит важным пособием при пользовании указателями CA.

Номенклатура неорганических веществ представляет собой важную область современной химической терминологии. В настоящее время многие химические издания широко используют номенклатуру, основанную на рекомендациях Международного союза теоретической и прикладной химии (IUPAC). Разработка номенклатуры — процесс непрерывный, он не может быть остановлен раз и навсегда каким-то сводом правил, усовершенствование номенклатуры должно происходить постоянно.

Номенклатурные правила IUPAC (*IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry 2nd Ed. Definitive Rules*, 1970. London, Butterworths, 1971) написаны на английском языке и предназначены для использования в англо-американской литературе. Они не могут быть просто перенесены в живую ткань русского химического языка. Эти правила должны быть, безусловно, адаптированы к русскому языку таким образом, чтобы не нарушать сложившиеся традиции.

Химическая номенклатура состоит из формул и названий; при этом название должно адекватно описывать формулу (т. е. состав). В части, посвященной номенклатуре неорганических веществ (глава 2), авторы книги уделяют основное внимание изложению и иллюстрированию правил построения названий соединений, но почти не рассматривают правил построения формул. По нашему глубокому убеждению написание формул должно подчиняться таким же строгим правилам, как и построение их систематических названий. Тогда переход от формулы к названию неорганического соединения окажется весьма простым и будет заключаться в чтении формулы справа налево с заменой химических символов элементов (или групп симво-

лов) на их названия, например, Na_2S — сульфид натрия, CaSO_4 — сульфат кальция.

Большинство неорганических соединений можно условно рассматривать состоящими из электроположительных частей (катионов) и электроотрицательных частей (анионов). Если в соединении имеется две (или более) одинаковых по типу заряда части, то возникает проблема их взаимного расположения в формуле. Порядок, в котором должны располагаться электроположительные части, может быть основан только на последовательности элементов в длиннопериодном варианте Периодической системы; так, правильным является расположение KNaSO_4 и $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{Cl}_2$, а не NaKSO_4 и $(\text{NH}_4)\text{NaCl}_2$. Расположение электроотрицательных частей должно подчиняться практическому ряду неметаллов; например, правильным будет расположение $\text{P}(\text{I})\text{Cl}_2$ и $\text{Bi}(\text{Cl})\text{O}$, а не PCl_2I и $\text{Bi}(\text{O})\text{Cl}$.

В соответствии с традицией, существующей в русском химическом языке, названия большинства неорганических соединений состоят из двух слов, причем на первом месте стоит название электроотрицательной части (или частей) формулы соединения, а на втором — название ее электроположительной части (или частей), например, KNaSO_4 — сульфат натрия-калия, $\text{Bi}(\text{Cl})\text{O}$ — оксид-хлорид висмута.

В английском варианте Правил IUPAC одинаковые по типу заряда части формулы располагаются для различных типов соединений по-разному, но чаще всего по алфавиту символов элементов, например, $\text{CsGaMn}_2\text{O}_4(\text{OH})_4$. При составлении названий Правила IUPAC рекомендуют перечислять одинаковые по типу заряда части в соответствии с алфавитом их названий: $\text{CsGaMn}_2\text{O}_4(\text{OH})_4$ — тетрагидроксид-тетраоксид галлия-димарганца-цезия. Очевидно, что для русского химического языка алфавитный принцип при переходе от формулы к названию (и наоборот) крайне неудобен и создает лишь дополнительные трудности.

В данной книге формулы всех неорганических соединений построены вышеуказанным способом, т. е. с учетом расположения элементов в Периодической системе и в практическом ряду неметаллов. Названия на русском языке приводятся в соответствии с этими формулами, а в скобках даны названия на языке оригинала. Более частные детали отмечены в примечаниях к тексту.

Таковы в общих чертах принципы адаптации англоязычных правил IUPAC по номенклатуре неорганических соединений к русскому языку.

Переходя к номенклатуре органических соединений, необходимо прежде всего обратить внимание на важное принципиальное положение дважды повторяемое в Правилах IUPAC по органической химии.

Протицируем дословно соответствующие строки из раздела «С»: «Как и в разделах А и В, следующие ниже правила

написаны (исключительно из соображений единообразия) в соответствии с практикой СА в отношении орфографии, расстановки локантов, пунктуации, использования курсивного шрифта, сокращений, опускания гласных, определенных окончаний. Они не должны рассматриваться как рекомендации Комиссии в этих отношениях. Однако Комиссия надеется, что вариации будут минимальны, в той степени как это допускает практическое использование» (см. «Голубую книгу» IUPAC, 1979, р. 80). К этому тексту сделано подстрочное примечание, что за время написания правил практика СА изменилась и что не делалось попытки учесть все эти изменения в правилах.

Во введении к части, посвященной номенклатуре органической химии (главы 3—9), авторы приводят примеры различий в названиях и форме их записи в американской, английской, немецкой и французской литературе. Тем большими эти различия оказываются в русском языке с его иными грамматическими нормами, иным алфавитом. Правила нельзя формально перевести — их необходимо адаптировать, учитывая особенности русского языка и традиции бытующей у нас номенклатуры. Никто не требует, чтобы вместо названия бутановая кислота мы произносили (и писали русскими буквами) английское бутаноик эсид или немецкое бутанзейре. Но иногда почему-то требуют, чтобы локанты (цифры, обозначающие положения заместителей) стояли именно там, где они помещены в английском варианте правил, например: 2-метил-2-бутен. Почему же тогда не принять французский вариант — метил-2-бут-2-ен? Очевидно, что этот вопрос надо решать, исходя из целесообразности и традиций. Еще с 50-х годов наши ведущие издательства (ВИНИТИ в реферативном журнале — РЖХим, издательство «Химия» и др.) чаще всего пользуются следующим простым правилом расстановки локантов: перед префиксами, но после суффиксов. Преимущества такого порядка очевидны: название становится яснее, локанты стоят непосредственно при тех фрагментах, положение которых они указывают; кроме того, во многих случаях само слово-название полностью разгружается от цифр, его легче произносить, воспринимать, записывать. Эта система, отнюдь не противоречащая — как сказано выше — правилам IUPAC, принята и в переводе данной книги.

Не привились в русской номенклатуре названия ароматических углеводородов с окончанием -ен — так и не надо требовать внедрения слова «бензен», тем более, что оно не отражает химической сущности, да и в английской транскрипции это слово читается «бензин», что по-русски совсем уж плохо.

В других случаях, наоборот, можно попытаться приблизить русскую номенклатуру к английской. Так, группу ОН мы привыкли называть окси-, но ведь, в сущности, тем самым мы обозначаем только кислород; полезно привыкнуть к слову гидрокс-. Для того, чтобы сделать префиксные обозначения галогенов однотипными в названиях органических, неорганических и

комплексных соединений, а также однотипными с названиями других заместителей в префиксе (амино-, нитро-, сульфо- и т. п.), целесообразно и в названиях галогенов иметь гласную -о (как в английском тексте Правил IUPAC) — хлоро-, бром- и т. д.

Требуется упорядочения нумерация в боковых цепях: так, радикал $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)$ — по правилу А-2.25 должен быть назван 1-метилпропил, правило же Д-4.14 разрешает название 2-бутил (в русской практике бутил-2), причем в примечании сказано, что Комиссия продолжает обсуждать вопрос о нумерации радикалов. В переводе использован второй подход, причем локант ставится, по общему правилу, после суффикса, к которому он относится, т. е. бутил-2.

В отношении названий по номенклатуре СА принято другое решение: они зачастую оставлены без перевода и воспроизводятся в том виде, как даны в оригинале книги. Основанием для такого решения было то, что речь идет о названиях, которые читатель практически встретит только по-английски, в указателях СА — русский эквивалент ему просто не нужен. Кроме того, отсутствие последнего устраняет соблазн давать русские названия, следуя правилам СА, которые не так уж редко расходятся с международно принятыми. Наконец, в книге часто параллельно приводятся оба названия — по IUPAC и по СА. Тогда сопоставление их помогает читателю яснее увидеть различия двух номенклатур.

Отметим, что главная особенность правил СА — их ориентация на обязательное употребление только одного, строго нормированного названия: это действительно важно для поисков в указателях. Правила же IUPAC представляют собой, по заявлению Комиссии, «кодификацию» (упорядочение) бытующих названий, причем право на существование имеют разные системы номенклатуры. В отдельных случаях, когда это требуется для более ясного выражения химической сути, правила IUPAC не исключают возможности употребления и вовсе «неправильных» названий, правда рекомендуя одновременно приводить и систематические названия.

В момент работы над 5-м изданием авторы, как они сами отмечают, еще не могли воспользоваться наиболее свежим текстом правил органической номенклатуры (1979 г.), поэтому в тексте они часто ссылаются на разрозненные публикации отдельных разделов. Эти ссылки из текста перевода не устранены, однако наиболее полным все же является издание 1979 г.

Параллельный русско-английский текст Правил IUPAC 1970 г. по основным разделам химии опубликован и в нашей стране (Номенклатурные правила IUPAC по химии. Т. 2. М., ВИНТИ, 1979), предполагается дополнить его публикацией новых разделов. Вопросы номенклатуры рассмотрены в третьем номере Журнала ВХО им. Д. И. Менделеева за 1983 г. Кроме того, номенклатуре неорганических веществ посвящена

недавно изданная книга: Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева, А. А. Цветков. Основы номенклатуры неорганических веществ. М., Химия, 1983. Полезной для читателей может оказаться книга Бенкса (Бенкс Дж. Названия органических соединений. М., Химия, 1980), при переводе которой придерживались тех же принципов.

В переводе разделов данной книги по органической химии принимал участие Н. С. Вульфсон. Редактирование разделов по неорганической химии сделано канд. хим. наук Р. А. Лидиным, органической — проф. В. М. Потаповым. Последний хотел бы к написанному обоими редакторами предисловию добавить еще несколько слов от себя.

По ряду причин издание настоящей книги задержалось. Работу над ее подготовкой к выпуску начал еще профессор А. Н. Кост, однако безвременная смерть не позволила довести ему это дело до конца. А. Н. Кост еще с 50-х годов активно занимался вопросами номенклатуры органических соединений. Как и наш общий учитель чл.-корр. А. П. Терентьев, мы лично знали Р. С. Кана, встречались с ним в нашей стране и на заседаниях Международной комиссии по номенклатуре органических соединений. Редактирование этого перевода редактор органической части считал необходимым взять на себя в память друга — проф. А. Н. Коста.

РЕДАКТОРЫ

РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

Номенклатура, или способ наименования химических веществ, является основным отличием языка химии (как и языка других естественных наук) от обычных языков. Другое отличие заключается в большей важности письменной формы химического языка по сравнению с его устной формой. В химии существует несколько номенклатур, поскольку необходимо давать специальные названия не только элементам и их соединениям, но и химическим реакциям, методам, аппаратам и теоретическим концепциям. Из них наиболее важна номенклатура огромного числа химических соединений, чему и посвящена настоящая книга.

Вещества могут обозначаться не только их названиями (в форме слов языка), но и химическими формулами различных типов, линейными цифровыми кодами или просто номерами по порядку. Но такие символические обозначения не являются удобопроизносимыми и почти не рассматриваются в этой книге*. И даже в рамках языковых форм химик имеет некоторый выбор в обозначении соединений; так, в зависимости от контекста речь может идти о 2-хлорнафталине, об указанном (выше) веществе или о соединении, обозначенном какой-либо цифрой по порядку. Для составления различных указателей и перечней, аннотаций и словарей сохраняется, однако, необходимость иметь конкретные, точно установленные (номенклатурные) названия соединений; такие же названия нужны для научных статей, докладов, учебников, для устного и письменного общения химиков.

Старые, несма образные, но бессистемные названия, которые давались веществам на основе источника их получения, их свойств или по имени ученого, впервые их получившего, например такие, как нашатырный спирт (*spirits of hartshorn*), соляная кислота (*muratic acid*), серная печень (*liver of sulfur*), глауберова соль (*Glauber's salt*), давно вышли из употребления в качестве официальных названий этих веществ, и отказ от многочисленных устаревших названий продолжается.

Бергман в шестидесятых годах XVIII века первым указал на необходимость реформы химической номенклатуры, что и было осуществлено усилиями Гитона де Морво, Лавуазье и др. (1787). Их идея заключалась в том, что название вещества должно однозначно указывать на его состав. И эта идея ока-

* Наряду с названиями химические формулы являются составной частью химической номенклатуры. — *Прим. ред.*

залась настолько плодотворной, что вскоре получила широкое признание и распространение.

Практически все хорошо исследованные вещества того времени были веществами неорганическими и относительно простыми по составу. Для каждого из этих соединений Берцелиусом было предложено название на основе представления о том, что вещество состоит из электроположительной и электроотрицательной частей; такие названия, состоящие из двух слов, до сих пор используются в неорганической номенклатуре. (Берцелиус также первым предложит буквенные символы для обозначения химических элементов, эти символы почти без изменений применяются и в наши дни). Однако успех идеи Берцелиуса и предложенной им системы названий задержал развитие идеи заместительной номенклатуры органических соединений, которые не могли быть описаны в рамках его концепции.

Быстрое развитие органической химии во второй половине XIX века потребовало создания основ новой систематизации соединений, в первую очередь их классификации и упорядочения их названий. Такая работа была предпринята Женевской конференцией в 1892 г. Правила, разработанные этой конференцией, были неполными, но в принципе достаточно удачными, и они до сих пор применяются в ряде современных изданий, например, в справочнике Бейльштейна (*Beilsteins Handbuch der organischen Chemie*).

В настоящее время ведутся две параллельные работы по усовершенствованию и стандартизации химической номенклатуры на английском языке; одна — в рамках IUPAC и вторая — в рамках реферативного журнала *Chemical Abstracts*. Комиссии IUPAC по номенклатуре в области неорганической, органической и биологической химии были организованы в 1922 г., а по другим областям химии — несколько позднее. За прошедшие годы две первые Комиссии наиболее активно публиковали рекомендации по своим областям номенклатуры. С другой стороны, необходимость усовершенствования системы построения названий и индексации органических соединений потребовала от журнала *Chemical Abstracts* разработок и публикации своих правил (подлежащих время от времени модернизации).

Целью современной систематической химической номенклатуры является описание состава и, по мере возможности, строения соединений. На сегодняшний день химии находятся в более выгодном положении, чем биологи, геологи и астрономы, в области построения и присвоения названий объектам и классам объектов, которые они изучают и описывают. Однако никакая система номенклатуры не может быть создана без учета и использования сложившихся традиций; вот почему современная номенклатура представляет собой неоднородную смесь старых и новых названий; она так разнообразна и пестра, а в некоторых разделах так специализирована, несистематична и сложна, как и описываемое ею огромное число соединений.

Сложность и непоследовательность современной номенклатуры затрудняют обработку этой информации с помощью вычислительной техники. Сейчас все более широко признается, что «командовать» четырьмя миллионами структур с относящимися к ним свойствами есть дело вычислительной машины. А поскольку последние функционируют на основе логики, применение их обусловливается наличием систематизированной номенклатуры. Те группы символов, которые наилучшим образом позволяют ввести информацию о химических соединениях в машинные программы, чаще всего не являются словами химического языка. Поэтому трудно предположить, что машинный язык вскоре заменит систему номенклатурных названий, часто произвольную и непоследовательную. Кстати, происхождение многих распространенных химических названий сведено вместе в форме этимологического словаря (*Flood W. E. The Origins of Chemical Names. London, Oldbourne, 1963*).

Названия, в какой-то мере огражающие строение соединений, употребляются сегодня в предметных указателях журнала *Chemical Abstracts*, что, однако, вызывает многочисленные протесты из-за замены ряда устоявшихся, обычных названий, например, *n*-бензохинон, на более длинные и непривычные, например, циклогексадиен-2,5-дион-1,4, которые еще мало используются в журнальной и книжной практике. Таким образом, и привычные, разговорные названия (зачастую нерегулярные и избыточные большим числом альтернативных вариантов), и новые названия с их сложностью еще долго придется и читать, и понимать. Следовательно, современную химическую номенклатуру необходимо изучать; каждый химик должен знать принципы ее построения и уметь правильно и к месту ею пользоваться.

Номенклатура, которая в наши дни считается правильной, определяется единодушием использующих ее специалистов. И здесь, как и в лингвистике, происходит борьба между прагматиками, которые считают любое слово, правильно передающее смысл, допустимым, и пуристами, настаивающими на соблюдении определенных правил в использовании химических слов. В этой борьбе превосходство обычно бывает на стороне прагматиков. Так, Комиссии IUPAC и Международного союза биохимиков стараются рассматривать существующую номенклатуру как единое целое, сводя накопленный опыт по построению названий в правила и изменяя иногда сами правила; они утверждают полезные предложения специалистов, но отбрасывают то, что не соответствует основным принципам номенклатуры. Как указывалось выше, для химиков самой важной является письменная форма обозначения объектов, и поэтому Комиссии IUPAC уделяют значительно меньше внимания стандартизации произношения (фонетической форме) названий химических соединений.

Немало проблем возникает и при устном общении химиков из-за того, что иногда два названия звучат практически одинаково (например, английские *fluorine* и *fluogene**), но особой беды в этом нет, так как названия пишутся все-таки по-разному. Вообще было бы гораздо удобнее иметь для каждого вещества только одно правильное название, как это сделано в ботанике или зоологии, где каждому данному виду растений или животных приписано одно-единственное латинское название, принятое во всем мире. В химии же, и в частности в органической химии, дело обстоит совсем не так. Исключение представляют некоторые фундаментальные издания, в предметных указателях которых для удобства читателя дается только одно название.

Появление разнообразия в химических названиях обуславливается не только языковыми различиями, но и еще двумя причинами. Во-первых, такие издания, как справочник Бейльштейна или журнал *Chemical Abstracts*, используют различные принципы построения названий, и внесение в эти издания коренных изменений обратило бы в хаос все их указатели. Во-вторых, единые правила не всегда могут быть введены в практику, поскольку иногда две или более группы химиков твердо придерживаются различных традиций. Следует отметить, что журнал *Chemical Abstracts* в основном придерживается правил международных Комиссий, а те, в свою очередь, с большим вниманием относятся к практике употребления названий этим журналом. К сказанному следует добавить еще (особенно в такой книге, которая посвящена главным образом правилам), что правила — это только инструмент в руках человека, а не незыблемый закон. Подобно другим инструментам, правила можно использовать по-разному, можно даже отбрасывать их, или, вернее сказать, изменять их, когда того требует развитие науки или когда в результате введенных изменений становится более понятным ее изложение. Это перекликается с советом, данным почти двести лет тому назад Лавуазье: «Если языки на самом деле созданы человеком как средство для облегчения мышления, то они должны представлять собой самое лучшее средство; старание усовершенствовать их означает вклад в прогресс науки». (Лавуазье А. Л., цитируется по кн. *Savory T. H. The Language of Science*. 2nd Ed. London, Deutsch, 1966, p. 67).

Поскольку, как указывалось выше, не всегда достижимо то, что все химики согласятся использовать какое-либо одно, пусть и самое удачное название, международные Комиссии закрепляют альтернативные названия как равноправные. С другой стороны, химики отдельно взятых стран, члены различных химических обществ, авторы научных статей или учебных пособий могут использовать те или иные названия по своему выбору. Понятно, что и каждый отдельный химик может сделать свой

* Или русские названия силан и селан. — *Прим. ред.*

собственный выбор, хотя на практике он обычно подчиняется выбору своего общества, редактора или издателя. В большинстве случаев для конкретной цели подходит одно название. Автор может воспользоваться одним из предлагаемых правилами альтернативных названий, но может выбрать и пока не признанное название, если оно поможет ему изложить его теоретические положения, а не просто удовлетворить его вкус. Но, как правило, утвержденное название может удовлетворить автора, какие бы у него ни были цели.

Еще несколько слов о таком выборе. Систематические названия, особенно названия комплексных соединений, обычно достаточно сложны для понимания. Поэтому нецелесообразно использовать полностью систематизированную номенклатуру с ее длинными и сложными химическими названиями при обзорном рассмотрении общих положений для того или иного класса соединений. Лучше в этом случае выбрать выражения типа ненасыщенный спирт, производное кислоты, исходное вещество или просто обозначить вещество как соединение (5) (если его формула или систематическое название уже были введены ранее), чем постоянно засорять текст такими названиями, как 3-гидрокси-5-оксо-D-нор-5,6-секохолест-9(11)-ен-6-овая кислота или 5-(4'-диэтиламино-1'-метилбутил)дибенз[*a*']акридин.

Распространенной ошибкой, которая привела к появлению некоторых уже прочно укоренившихся названий, является построение названий для новых групп соединений по аналогии с существующими, например таких, как силиконы (R_2SiO)_x и сульфоны R_2SO_2 , которые хотя и имеют очень мало сходства с кетонами R_2CO (как по строению, так и по свойствам), но получили свои групповые названия по аналогии с последним и широко употребляются на практике. Очень трудно установить правила, которые позволили бы избежать введения таких неправильных названий. Выбор всегда зависит от глубокого знакомства с практикой использования названий в прошлом, но при этом основным критерием выбора остается требование, чтобы название было по возможности однозначным.

Не смотря ни на какие трудности, химики должны точно называть свои соединения для того, чтобы быть правильно понятыми, а этому необходимо учиться. Номенклатура на современном этапе ее разработки — это не просто набор различных названий, она сочетает в себе как внесистемные названия, так и названия, построенные по общим правилам. Всему этому и посвящается дальнейшее изложение.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Для построения названий большинства неорганических соединений долгое время использовали суффиксы и окончания -ный, -(н)истый, -ий, -ид, -ит и -ат (английские: -ic, -ous, -ium, -ide, -ite, -ate). По мере развития химии их стало недостаточно и для построения названий были введены приставки пиро-, гипо-, мета-, орто-, пер- и суб- (английские: pyro-, hypo-, meta-, ortho-, per- и sub-), а также суффиксы -онов-, -ил и -озил (английские: -oxylic, -yl, -osyl).

В использовании этих определяющих частиц не было единообразия и строгости, в результате чего возникали недоразумения и путаница, особенно когда в результате исследования строения соединений обнаруживались расхождения там, где предполагались аналогии. Во многих случаях на помощь приходил способ Штока, а применительно к номенклатуре комплексных соединений неocenимой оказывалась номенклатура Вернера.

Было сделано четыре попытки выработать общую систему наименований неорганических соединений. В 1940 г. Комиссия по номенклатуре неорганической химии Международного союза химиков* опубликовала сборник правил по номенклатуре [1]. Послевоенный, пересмотренный вариант был издан в 1953 г. под названием «Предварительные правила» [2]. Результатом дальнейшей разработки этого варианта явился сборник «Принятые правила» [3], одобренный на Парижской конференции в 1957 г. В 1965 г. IUPAC опубликовал некоторые поправки [4]. Наконец, в 1971 г. IUPAC рекомендовал новый сборник — «Принятые правила» [5], в который были включены пересмотренные и упорядоченные предыдущие варианты химической номенклатуры и добавления к ним, даны формулировки принципиальных положений и правил и приведены примеры названий широкого круга веществ. Данная глава построена на основе именно этого, последнего, варианта правил, который был недавно обобщен в работе [6]. Основное внимание здесь уделено использованию широко известной номенклатуры бинарных соединений с суффиксом -ид (-ide), даны рекомендации по использованию способов Штока и Эванса — Бассетта, а также по применению системы Вернера для построения названий не только комплексных, но и большей части простых неорганических соединений.

Номенклатурная комиссия уверена, что со временем из номенклатуры будут изъяты все исключения, однако в настоящее

* В 1949 г. было восстановлено старое название этого союза — Международный союз теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC).

время для воды, аммиака и распространенных кислот в правилах оставлены их названия, для остальных соединений рекомендуются легко распознаваемые систематические названия такие, как тетрахлоораурат(III) калия для $K[AuCl_4]$, дифтородигидроксоборат(III) водорода для $H[B(OH)_2F_2]$, тетрафтороксохромат(V) калия для $K[CrOF_4]$. Правила также допускают традиционные названия солей, например, сульфат натрия для Na_2SO_4 , систематическое название которого тетраоксосульфат динатрия.

Главным достоинством настоящих правил является возможность достижения с помощью их международной унификации и однозначности названий для всех типов соединений, включая многие сложные металлоорганические соединения. К сожалению, в Правилах оставлено слишком много альтернативных названий.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. ПРОСТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Символы химических элементов согласно Правилам IUPAC приведены в Периодической системе, а также в табл. 2.1 (в алфавитном порядке). В табл. 2.1 приведены и названия элементов на русском и английском языках.

Следует сделать несколько замечаний. Для составления производных терминов используются корни латинских названий элементов, заключенные в скобки в табл. 2.1, например, купр- (cupr-) для меди (купрат, cuprate), ферр- (ferr-) для железа (феррат, ferrate) и т. д. В литературе на английском языке соединения сурьмы продолжают называть antimonate, antimonide*; правила IUPAC рекомендуют производить названия соединений сурьмы от корня ее латинского названия стиб- (stib-), например, стибат (stibate). Названия некоторых соединений азота являются производными от названия этого элемента, например, азид (azide). Правила IUPAC рекомендуют использование названий вольфрамат (wolframate) и никколат (niccolate) для соединений вольфрама и никеля, хотя журнал Chemical Abstracts применяет устаревшие названия tungstate и nickelate соответственно. Запись названия элемента сера на английском языке — sulfur (написание sulphur не рекомендуется). В американской литературе продолжается использование записи названий элементов цезий и алюминий как cesium и aluminum (вместо общепринятых caesium и aluminium). По правилам IUPAC [5], названия всех элементов, которые последуют за элементом 105, рекомендуется оканчивать на -ий (-ium). В недавней публикации ИЮПАК [7] для этой же цели предложено использовать соответствующие порядковые числительные; при такой системе элемент 106 получил бы название

* В русской литературе термины антимонат, антимонид являются устаревшими — *Прим. ред.*

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Периоды	Группы							
	IA	IIA	III B	IV B	VB	VIB	VII B	VIII B
1	H ¹							
2	Li ³	Be ⁴						
3	Na ¹¹	Mg ¹²						
4	K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶ Co ²⁷ Ni ²⁸
5	Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴ Rh ⁴⁵ Pd ⁴⁶
6	Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La ⁵⁷ — Lu ⁷¹ *	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶ Ir ⁷⁷ Pt ⁷⁸
7	Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	Ac ⁸⁹ — (Lr) ¹⁰³ **	Ku ¹⁰⁴	Ns ¹⁰⁵	— ¹⁰⁶	— ¹⁰⁷	— ¹⁰⁸

*

La ⁵⁷	Ce ⁵⁸	Pr ⁵⁹	Nd ⁶⁰	Pm ⁶¹	Sm ⁶²	Eu ⁶³
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

**

Ac ⁸⁹	Th ⁹⁰	Pa ⁹¹	U ⁹²	Np ⁹³	Pu ⁹⁴	Am ⁹⁵
------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	------------------	------------------

уннигексий (unnilhexium), а элемент 113 — название унунтрий (ununtrium). Сейчас еще не ясно, целесообразно ли использовать непривычную систему*.

Утверждены некоторые групповые названия элементов. Так, элементы He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn принято называть благородные газы; элементы F, Cl, Br, I, At — галогены; элементы O, S, Se, Te, Po — халькогены; элементы Li, Na, K, Rb, Cs, Fr — щелочные элементы; элементы Ca, Sr, Ba, Ra — щелочноземельные элементы; элементы с порядковыми номерами 57—71 (от La до Lu включительно) — лантаноиды (до 1965 г. — лантаниды) и элементы 89—103 (от Ac до Lr включительно) — актиноиды (до 1965 г. — актиниды). Элементы, у атомов которых заполняется *d*-подуровень, называются *d*-элементами (переходными элементами). Аналогично применяют названия *s*-элементы, *p*-элементы, *f*-элементы. Все элементы принято условно разделять на металлы и неметаллы (термин металлоиды запрещен).

Для изотопов водорода ¹H, ²H и ³H сохраняются названия протий, дейтерий и тритий; последние два названия в качестве

* В СССР эта система признана нецелесообразной. — *Прим. перев.*

ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Э л е м е н т о в								Валентная оболочка	Периоды
I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A		
						(H)	He ²	1s	1
		B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰	2s 2p	2
		Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸	3s 3p	3
Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶	3d 4s 4p	4
Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴	4d 5s 5p	5
Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶	4f 5d 6s 6p	6
								5f 6d 7s 7p	7

Gd ⁶⁴	Tb ⁶⁵	Dy ⁶⁶	Ho ⁶⁷	Er ⁶⁸	Tm ⁶⁹	Yb ⁷⁰	Lu ⁷¹
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Cm ⁹⁶	Bk ⁹⁷	Cf ⁹⁸	Es ⁹⁹	Fm ¹⁰⁰	Md ¹⁰¹	(No) ¹⁰²	(Lr) ¹⁰³
------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	---------------------	---------------------

приставок записываются как дейтерио- (а не дейтеро-) и три-тио-. Изотопы других элементов следует обозначать с помощью массового числа при символе или после названия элемента, например, ^{18}O — кислород-18.

Цифровые индексы при символах элементов означают: левый верхний — массовое число; левый нижний — порядковый номер; правый верхний — заряд иона (степень окисления элемента); правый нижний — число атомов. Например, $^{32}_{16}\text{S}_2^{2+}$ означает, что эта частица имеет заряд $(2+)$ и содержит два атома элемента сера (порядковый номер 16) с массовым числом 32. Использование всех индексов одновременно не обязательно, например, Ca^{2+} обозначает двухзарядный катион кальция (с природным изотопным составом), ^{15}N — это нейтральный атом азота-15; $^{40}\text{K}^+$ — однозарядный катион калия-40. Указание массового числа в виде правого верхнего индекса (например, K^{40}) долго практиковалось физиками, а многие ученые придерживаются этого и сейчас, однако в химической литературе рекомендуется приведенное выше правило.

Радиоактивность можно обозначать звездочкой слева сверху от символа элемента, например, $^*\text{K}$, при необходимости (до-

Таблица 2.1. Символы и названия элементов

Символ	Русское название	Английское название	Порядковый номер
Ac	Актиний	Actinium	89
Ag	Серебро (аргент)	Silver	47
Al	Алюминий	Alumin(i)um	13
Am	Америций	Americium	95
Ar	Аргон	Argon	18
As	Мышьяк (арс, арсен-)	Arsenic	33
At	Астат	Astatine	85
Au	Золото (аур—)	Gold (Aurum)	79
B	Бор	Boron	5
Ba	Барий	Barium	56
Be	Бериллий	Beryllium	4
Bi	Висмут	Bismuth	83
Bk	Берклий	Berkellium	97
Br	Бром	Bromine	35
C	Углерод (карб-, карбон-)	Carbon	6
Ca	Кальций	Calcium	20
Cd	Кадмий	Cadmium	48
Ce	Церий	Cerium	58
Cf	Калифорний	Californium	98
Cl	Хлор	Chlorine	17
Cm	Кюрий	Curium	96
Co	Кобальт	Cobalt	27
Cr	Хром	Chromium	24
Cs	Цезий	C(a)esium	55
Cu	Медь (купр-)	Copper (Cuprum)	29
Dy	Диспрозий	Dysprosium	66
Er	Эрбий	Erbium	68
Es	Эйнштейний	Einsteinium	99
Eu	Европий	Europium	63
F	Фтор	Fluorine	9
Fe	Железо (ферр-)	Iron (Ferrum)	26
Fm	Фермий	Fermium	100
Fr	Франций	Francium	87
Ga	Галлий	Gallium	31
Gd	Гадолиний	Gadolinium	64
Ge	Германий	Germanium	32
H	Водород (гидр-, водород-)	Hydrogen	1
He	Гелий	Helium	2
Hf	Гафний	Hafnium	72
Hg	Ртуть (меркур-)	Mercury	80
Ho	Гольмий	Holmium	67
I	Иод	Iodine	53
In	Индий	Indium	49
Ir	Иридий	Iridium	77
K	Калий	Potassium	19
Kr	Криптон	Krypton	36
Ku	Курчатовий	Kurchatovium	104
La	Лантан	Lanthanum	57
Li	Литий	Lithium	3
(Lr)*	(Лоуренсий)*)	Lawrencium	103
Lu	Лютеций	Lutetium	71
Md	Менделевий	Mendelevium	101
Mg	Магний	Magnesium	12
Mn	Марганец (манган-)	Manganese	25

Символ	Русское название	Английское название	Порядковый номер
Mo	Молибден	Molybdenum	42
N	Азот (нитр-)	Nitrogen	7
Na	Натрий	Sodium	11
Nb	Ниобий	Niobium	41
Nd	Неодим	Neodymium	60
Ne	Неон	Neon	10
Ni	Никель (никкол-)	Nickel (Niccolum)	28
(No)*	(Нобелий)*	Nobelium	102
Np	Нептуний	Neptunium	93
Ns	Нильсборий	(Nielsbohrium)	105
O	Кислород (окс-, оксиген-)	Oxygen	8
Os	Осмий	Osmium	76
P	Фосфор	Phosphorus	15
Pa	Протактиний	Protactinium	91
Pb	Свинец (плюмб-)	Lead (Plumbum)	82
Pd	Палладий	Palladium	46
Pm	Прометий	Promethium	61
Po	Полоний	Polonium	84
Pr	Празеодим	Praseodymium	59
Pt	Платина	Platinum	78
Pu	Плутоний	Plutonium	94
Ra	Радий	Radium	88
Rb	Рубидий	Rubidium	37
Re	Рений	Rhenium	75
Rh	Родий	Rhodium	45
Rn	Радон	Radon	86
Ru	Рутений	Ruthenium	44
S	Сера (сульф-, тио-)	Sulfur	16
Sb	Сурьма (стиб-)	Antimony (Stibium)	51
Sc	Скандий	Scandium	21
Se	Селен	Selenium	34
Si	Кремний (силиц-, силик-)	Silicon	14
Sm	Самарий	Samarium	62
Sn	Олово (станн-)	Tin (Stannum)	50
Sr	Стронций	Strontium	38
Ta	Тантал	Tantalum	73
Tb	Тербий	Terbium	65
Tc	Технеций	Technetium	43
Te	Теллур	Tellurium	52
Th	Торий	Thorium	90
Ti	Титан	Titanium	22
Tl	Таллий	Thallium	81
Tm	Тулий	Thulium	69
U	Уран	Uranium	92
V	Ванадий	Vanadium	23
W	Вольфрам	Tungsten (Wolfram)	74
Xe	Ксенон	Xenon	54
Y	Иттрий	Yttrium	39
Yb	Иттербий	Ytterbium	70
Zn	Цинк	Zinc	30
Zr	Цирконий	Zirconium	40

* Символ и название элемента не являются общепринятыми.

Таблица 2.2. Группы элементов в Периодической системе*

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
Rb	Sr	Y	Zn	Nb	Mo	Tc
Cs	Ba	La**	Hf	Ta	W	Re
Fr	Ra	Ac***				

1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At

* В СССР принята иная классификация групп (см. Периодическую систему). — Прим. перев.

** Включая лантаноиды.

*** Включая актиноиды.

вольно редкой) можно указать одновременно массовое число и радиоактивность атома (^{40}K).

Заряд иона пишется так: сначала число, а потом знак заряда; $2+$ (а не $+2$).

Для аллотропных форм элементов в свободном виде рекомендуется следующая система номенклатуры: H_1 — моноводород, O_2 — диоксиген, P_4 — тетрафосфор и т. д. Хотя по правилам ИЮПАК O_3 требуется обозначать как триоксиген, вряд ли это название может исключить традиционное название озон (от последнего производится термин озонид).

Аллотропные формы с циклическим и цепным строением обозначаются приставками *цикло-* и *катена-* (английские *cyclo-* и *catena-*), например, цикло-октасера (английское *cyclo-octa-sulfur*) и катена-полисера (английское *catena-polysulfur*) для λ -серы и μ -серы соответственно. Приставка *цикло-* обязательно пишется курсивом (в отличие от написания, принятого для номенклатуры органических соединений, где это не обязательно). Обозначение групп элементов в Периодической системе, установленное IUPAC в 1965 г., приведено в табл. 2.2.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА НОМЕНКЛАТУРЫ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Стехиометрические отношения в формулах соединений должны выражаться простыми целыми числами. Молекулярные формулы используются только тогда, когда речь идет о молекулах вещества, степень ассоциации которых принимается не зависящей от температуры. Если же степень ассоциации зависит от температуры, то в общем случае следует пользоваться

простейшей (эмпирической) формулой. Ионные кристаллические вещества также изображаются эмпирическими формулами. Например, PCl_3 — трихлорид фосфора, S_2Cl_2 — дихлорид дисеры, KCl — хлорид калия. Диоксид азота NO_2 содержит также молекулы N_2O_4 , в общем случае используют формулу NO_2 и название диоксид азота, если же речь идет о димере, то его изображают формулой N_2O_4 и называют тетраоксид азота.

В формулах химических соединений на первое место всегда ставится электроположительная составляющая, например, PCl_3 , HCl . В порядке исключения пишут NH_3 и N_2H_4 . Аналогично изображают и более сложные соединения, например, PbCl_2 и PCl_3O ; для последнего соединения можно записать формулу $(\text{PO})\text{Cl}_3$, если группа (PO) рассматривается в качестве радикала (см. с. 42).

Названия соединений, как правило, состоят из двух слов: названий электроположительной и электроотрицательной части. В английской литературе порядок перечисления частей следует порядку их перечисления в формуле, например, KCl — potassium chloride*. В одно слово пишутся названия комплексных соединений без внешней сферы, например, $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ — тетракарбонилникель (tetracarbonylnickel), а также традиционные названия некоторых распространенных веществ (особенно растворителей), например, NH_3 — аммиак (ammonia) и названия многих водородных соединений, например, SiH_4 — силан (silane)**. При составлении названий не делается различий между ионными и ковалентными веществами.

Количественные соотношения между составляющими в названиях обозначаются числовыми приставками (см. табл. 3.1, с. 67). Приставка моно- (1) обычно опускается; числовые приставки выше 12 изображаются в названиях цифрами. Умножающие числовые приставки (такие, как бис-, трис-, тетракис-) используются только тогда, когда в названии уже есть числовая приставка, а также когда можно неоднозначно понять написание названия. Приставки могут отделяться от основы названия скобками (примеры приведены на с. 49). Конечные гласные приставок никогда не опускаются, например, пентаоксид, а не пентоксид.

БИНАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Соединения, состоящие из атомов двух элементов, вне зависимости от числа атомов каждого из них называются бинарными. Например, бинарными соединениями являются N_2O , NO , NO_2 и N_2O_4 .

* В русской литературе перечисление частей традиционно обратное: KCl — хлорид калия. — *Прим. ред.*

** В русской литературе в одно слово пишутся и названия интерметаллических соединений, например, AuCu_3 — тримедь-золото. — *Прим. ред.*

Таблица 2.3. Последовательность указания элементов в формулах*

He	Li	Be					
Ne	Na	Mg					
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc
Xe	Cs	Ba	La ← Lu	Hf	Ta	W	Re
Rn	Fr	Ra	Ac ← Lr				

* Для неметаллов следует учитывать практический ряд (см. ниже). — Прим. ред.

В формулах бинарных соединений двух неметаллов на первом месте ставится символ того неметаллического элемента, который стоит ближе к началу следующей последовательности*: Rn, Xe, Kr, B, Si, C, As, P, H, Te, Se, S, At, I, Br, Cl, N, O, F. Например, CCl_4 , NO , Cl_2O , OF_2 .

В формулах бинарных соединений двух металлов (интерметаллических соединений) символы металлических элементов размещаются в порядке, который указан в табл. 2.3, например, Na_2Pb .

В формулах металлы всегда предшествуют неметаллам (см. табл. 2.3).

При построении полного названия бинарного соединения** название его электроположительной части оставляют без изменений; в некоторых случаях к нему добавляют указание на заряд или на степень окисления (см. ниже). Название электроотрицательной части соединения должно содержать суффикс «-ид» (-ide), который добавляется к корню соответствующего названия элемента (см. табл. 2.1). Примеры:

углерод (карб-)	— карбид (carbide)
хлор	— хлорид (chloride)
висмут	— висмутид (bismuthide)***
ртуть (меркур-)	— меркурид (mercuride)***
водород (гидр-)	— гидрид (hydride)
азот (нитр-)	— нитрид (nitride)
фосфор	— фосфид (phosphide)
цинк	— цинкид (zincide)***

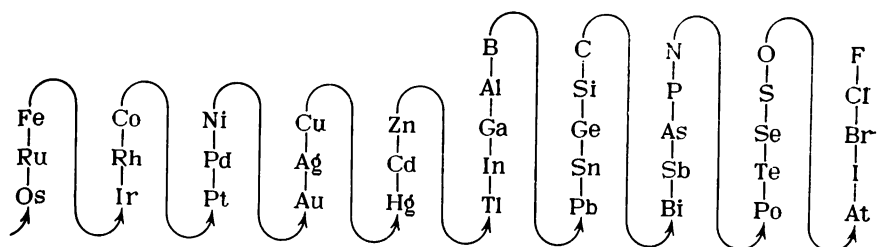
Аналогично образуются названия халькогенид (chalcogenide) и галогенид (halogenide), в литературе часто встречается также термин галид (halide) вместо галогенид****.

* Эту последовательность, основанную на шкале электроотрицательности и на химической практике часто называют условным (или практическим) рядом неметаллов. — Прим. ред.

** В русской литературе — кроме названий интерметаллических соединений. — Прим. ред.

*** В русской литературе применение этого названия ограничено. — Прим. ред.

**** В русской литературе использование термина галид не рекомендуется. — Прим. ред.



Ниже даны примеры названий (построенных по правилам IUPAC) для отдельных бинарных соединений и их групп: хлорид натрия (sodium chloride), сульфид кальция (calcium sulfide), нитрид лития (lithium nitride), селенид мышьяка (arsenic selenide), фосфиды кальция (calcium phosphides), арсениды никеля (nickel arsenides), бориды алюминия (aluminum borides), карбиды железа (iron carbides), гидриды бора (boron hydrides), гидриды фосфора (phosphorus hydrides), хлорид водорода (hydrogen chloride), карбид кремния (silicon carbide), дисульфид углерода (carbon disulfide), гексафторид серы (sulfur hexafluoride), диоксид хлора (chlorine dioxide), дифторид кислорода (oxygen difluoride), диоксид серы (sulfur dioxide), триоксид серы (sulfur trioxide), монооксид углерода (carbon monoxide), диоксид углерода (carbon dioxide), оксид диазота (dinitrogen oxide), монооксид азота (nitrogen monoxide), пентаоксид диазота (dinitrogen pentaoxide).

Нетрудно заметить, что этот список включает названия как ионных, так и ковалентных веществ.

Для водородных соединений галогенов разрешено использовать следующие названия: фтороводород, хлороводород, бромоводород и иодоводород. Названия типа хлороводородная кислота относятся к водным растворам галогеноводородов.

Для HN_3 применяют название азидоводород, а для его водного раствора — азидоводородная кислота (hydrogen azide, hydrazoic acid). Аналогично строят названия пероксидов, электроотрицательная часть которых представлена группой O_2^{2-} ; их не следует путать с обычными оксидами, содержащими два иона O^{2-} , например, Na_2O_2 — пероксид натрия (sodium peroxide), но PbO_2 — диоксид свинца (lead dioxide).

Название бинарных гидридов можно строить по обычным правилам, например, гидрид натрия (sodium hydride), тетрагидрид олова (tin tetrahydride). Для многих гидридов используют более простые названия, добавляя к названию элемента суффикс «-ан», например, BH_3 — боран (borane), SnH_4 — станнан (stannane). Если число неводородных атомов в молекуле превышает единицу, его указывают числовой приставкой, например, B_2H_6 — диборан, Si_3H_8 — трисилан и H_2S_5 — пентасульфид. Однако из этого правила имеется несколько возникших давно

исключений, а именно: H_2O — вода, NH_3 — аммиак, N_2H_4 — гидразин, PH_3 — фосфин, AsH_3 — арсин, SbH_3 — стибин, BiH_3 — висмутин. Для халькогеноводородов используют следующие названия: H_2S — сероводород (моносulfан), H_2S_2 — дисulfан, H_2Se — селеноводород (моноселан), H_2Se_2 — диселан, H_2Te — теллуrowодород (монотеллан), H_2Te_2 — дителлан.

Следует отметить, что в правила IUPAC не вошли многие тривиальные и традиционные названия, которые рассматриваются как устаревшие и более не применяющиеся.

При составлении названий соединений часто необходимо указывать степень окисления того или иного элемента. Без этого можно обойтись, если не нарушается однозначность названия, например, хлорид натрия (sodium chloride), оксид кальция (calcium oxide), оксид дейтерия (deuterium oxide) и хлорид бария (barium chloride). Однако чаще такие названия приводят к неоднозначности, и тогда указание степени окисления становится существенно важным. Это положение выражено в правилах IUPAC 1970 г. следующим образом.

Степень окисления элемента в соединении — это тот формальный заряд, который возник бы на атоме данного элемента, если бы электроны каждой его связи полностью перешли бы к более электроотрицательному атому (табл. 2.4).

Водород принято считать положительным во всех соединениях с неметаллами. Определение зарядов на органических радикалах и на нитрозильной группе рассмотрено ниже.

Принято считать, что в простых веществах степень окисления элемента равна нулю и, следовательно, связь между атомами одного и того же элемента в любых веществах не влияет на оценку степени окисления, что показано в табл. 2.5.

Таблица 2.4. Степень окисления элементов в соединениях

Формула	Состав	Степень окисления
MnO_4^-	Один Mn^{7+} и четыре O^{2-}	$\text{Mn}=\text{VII}$ $\text{O}=-\text{II}$
ClO^-	Один Cl^+ и один O^{2-}	$\text{Cl}=\text{I}$ $\text{O}=-\text{I}$
NH_4^+	Один N^{3-} и четыре H^+	$\text{N}=-\text{III}$ $\text{H}=\text{I}$
NF_4^+	Один N^{5+} и четыре F^-	$\text{N}=\text{V}$ $\text{F}=-\text{I}$
AlH_4^-	Один Al^{3+} и четыре H^-	$\text{Al}=\text{III}$ $\text{H}=-\text{I}$
CH_4	Один C^{4-} и четыре H^+	$\text{C}=-\text{IV}$ $\text{H}=\text{I}$
CCl_4	Один C^{4+} и четыре Cl^-	$\text{C}=\text{IV}$ $\text{Cl}=-\text{I}$
$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$	Один Pt^{2+} , два нейтральных NH_3 и два Cl^-	$\text{Pt}=\text{II}$ $\text{Cl}=-\text{I}$
$[\text{Ni}(\text{CO})_4]$	Один незаряженный Ni , четыре незаряженных CO	$\text{Ni}=0$

Таблица 2.5. Степени окисления элемента в соединениях, содержащих связи элемент — элемент

Формула	Состав	Степень окисления
P_4	Четыре незаряженных P	$P=0$
P_2H_4	Два P^{2-} и четыре H^+	$P=-II$; $H=I$
C_2H_2	Два C^- и два H^+	$C=-I$; $H=I$
O_2F_2	Два O^+ и два F^-	$O=I$; $F=-I$
$Mn_2(CO)_{10}$	Два незаряженных Mn и десять нейтральных CO	$Mn=0$

Если элементы соединяются в различных количественных соотношениях, названия полученных соединений строятся по одному из следующих четырех способов.

1. Для обозначения стехиометрического состава используются числовые приставки, например:

$FeCl_3$ — трихлорид железа (iron trichloride)

$CuCl_2$ — дихлорид меди (copper dichloride)

Fe_3O_4 — тетраоксид трижелеза (triiron tetraoxide)

N_2S_5 — пентасульфид диазота (dinitrogen pentasulfide)

2. Степень окисления, обычно для электроположительного элемента, указывается римской цифрой* в скобках (без пробела) за символом элемента (способ Штока), например:

MnO_2 — оксид марганца(IV) [manganese(IV) oxide]

PbO — оксид свинца(II) [lead(II) oxide]

Хотя правила IUPAC рекомендуют при составлении названий отдавать предпочтение латинским названиям элементов (даже в названиях электроположительных частей), это часто не принимается во внимание в американских и английских публикациях**, например:

$FeCl_3$ — iron(III) chloride, а не ferrum(III) chloride

$CuCl_2$ — copper(II) chloride, а не cuprum(II) chloride

* В Правилах IUPAC и во многих изданиях числа Штока указывают малыми римскими цифрами, например свинец(IV). В других изданиях (в частности, в СССР) используют большие римские цифры, например, свинец(IV). Во всех случаях их нельзя отделять от названия элемента, к которому они относятся. — *Прим. авторов и ред.*

** В русской литературе в этом случае используют всегда русские названия элементов: хлорид железа(III), хлорид меди(II). — *Прим. ред.*

3. Для ионных соединений можно использовать способ Эвенса — Бассетта, указывая заряд катиона арабской цифрой в скобках*, например:

FeCl_3 — iron (3+)chloride
 CuCl_2 — copper (2+)chloride

Этот способ используется сейчас в указателях журнала Chemical Abstracts.

4. В английской и американской литературе применяется еще и старый прием, заключающийся в добавлении суффикса -ic к названию аниона для указания более высокой степени окисления элемента катиона и суффикса -ous для более низкой степени окисления, например**:

FeCl_3 — iron chloric
 FeCl_2 — iron chlorous

Этот прием оказывается недостаточным, если элемент может существовать в более чем двух валентных состояниях; он неприменим для написания названий комплексных соединений и соединений редко встречающихся элементов. Комиссия IUPAC считает этот прием допустимым к использованию, но нежелательным.

ПСЕВДОБИНАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

К псевдобинарным соединениям относят соединения, содержащие некоторые многоатомные анионы (табл. 2.6), названия которых также содержат суффикс -ид (английское -ide).

Используя приведенные в табл. 2.6 названия анионов строят названия соответствующих соединений, например:

NaOH — гидроксид натрия (sodium hydroxide)
 KCN — цианид калия (potassium cyanide)
 NaNH_2 — амид натрия (sodium amide; сокращенное название sodamid не рекомендуется)

В табл. 2.6 указан ион S_2^{2-} с названием дисульфид(2—)-ион; известны многие подобные ему ионы, например, S_3^{2-} — трисульфид(2—)-ион, S_4^{2-} — тетрасульфид(2—)-ион. Для водородных соединений этих ионов с общей формулой $\text{HS}-(\text{S})_x-\text{SH}$ применяют, однако, названия в одно слово: трисульфан при $x=1$, тетрасульфан при $x=2$ и т. д. Последние, вероятно, удобнее применять при образовании названий органических, гидроксо- и аминопроводных этих соединений, вводя название заместителя в качестве приставки.

* В русской литературе способ Эвенса — Бассетта используется только в тех случаях, когда неприменимы правила с числовыми приставками и способ Штока, например, N_2H_5^+ — катион гидразиния(1+), $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ — катион гидразиния(2+), S_4^{2-} — тетрасульфид(2—)-ион. — (Прим. ред.).

** В русской литературе названия типа хлорное железо (FeCl_3) или хлористое железо (FeCl_2) более не применяются. — Прим. ред.

Таблица 2.6. Псевдобинарные анионы

Формула	Название	Формула	Название
OH^-	Гидроксид-ион (hydroxide ion)	N_3^-	Азид-ион (azide ion)
O_2^{2-}	Пероксид-ион (peroxide ion)	NH^{2-}	Имид-ион (imide ion)
O_2^-	Надпероксид-ион (hyperoxide ion)*	NH_2^-	Амид-ион (amide ion)
O_3^-	Озонид-ион (ozonide ion)	NHOH^-	Гидроксиламид-ион (hydroxilamide ion)
S_2^{2-}	Дисульфид(2—)-ион [disulfide(2—) ion]	N_2H_3^-	Гидразид-ион (hydrazide ion)
I_3^-	Триодид(1—)-ион [triiodide(1—) ion]	CN^-	Цианид-ион (cyanide ion)
HF_2^-	Гидрофторид-ион (hydrodifluoride ion)	C_2^{2-}	Ацетиленид-ион (acetylide ion)

* CA (Chemical Abstracts) использует название superoxide.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА НОМЕНКЛАТУРЫ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Первоначально к комплексным (координационным) соединениям относили только те соединения, в которых была превышена стехиометрическая валентность (степень окисления элемента) центрального атома. По этим представлениям комплекс состоит из центрального атома А, окруженного непосредственно связанными с ним отдельными атомами (или ионами) В и электронейтральными группами (молекулами) С; остальные (не связанные непосредственно с А) ионы образуют внешнюю сферу комплексного соединения. Атомы (или ионы) В и группы С называются лигандами, а их суммарное число — координационным числом центрального атома А. Координационное число всегда больше числа, определяющего стехиометрическую валентность (степень окисления элемента) атома А.

В правилах IUPAC 1957 г. первоначальное ограничение понятия «комплексные соединения» обязательным превышением координационного числа над стехиометрической валентностью было опущено. В результате этого номенклатурные названия большого числа неорганических соединений стали строиться по системе, принятой для комплексных соединений.

Например, для иона SO_4^{2-} атом серы является центральным атомом А, а четыре атома кислорода — лигандами В.

В двухатомных двухэлементных группах (ионах) сложно определить, какой из атомов является центральным; обычно кислород не считают центральным, так в ионе ClO^- центральным атомом будет атом Cl.

Для построения номенклатурных названий комплексных (и отнесенных к ним) неорганических соединений необходимо

использовать ряд терминов, определения которых даются ниже:
центральный атом А (определение дано выше);

координированные атомы — атомы, непосредственно связанные с центральным атомом А;

координационное число (лигандность) — число атомов, непосредственно связанных с центральным атомом А;

лиганды — атомы (ионы) В и группы (молекулы) С, непосредственно связанные с центральным атомом А;

полидентатные лиганды — группы, которые могут быть координированными более чем одним своим атомом; возможны группы монодентатные, бидентатные и т. д.;

хелатообразующие лиганды — это полидентатные лиганды, которые образуют цикл за счет координации не менее двух своих атомов вокруг одного центрального атома;

мостиковые лиганды — лиганды, связывающие два центральных атома А;

комплекс — внутренняя сфера комплексного соединения, состоящая из центрального атома А и лигандов В и С;

одноядерный комплекс — комплекс, содержащий один атом А;

многоядерный комплекс — комплекс, содержащий более одного центрального атома А, возможны двух-, трех- и многоядерные комплексы.

Названия комплексов строят по следующей схеме: сначала перечисляются все лиганды, затем центральный атом и его степень окисления. Соотношение между внутренней сферой и внешнесферными ионами указывается (если это необходимо) числовыми приставками.

Комплексы могут быть катионными, анионными и нейтральными. Названия катионных и нейтральных комплексов специальных окончаний не имеют. Названия всех анионных комплексов оканчиваются на «-ат» (английское -ate).

Необходимо помнить, что в данном случае суффикс -ат (английское -ate) обозначает просто комплекс, заряженный отрицательно (анион). Даже если центральный атом отвечает элементу с переменной степенью окисления, суффикс -ат никак не указывает на высшую степень окисления, а используется для всех состояний окисления элемента. Сама степень окисления указывается в виде римской цифры после названия центрального атома.

На сказанное следует обратить особое внимание, так как суффиксы -ат (ate) и -ит (-ite), а также -ид (-ide) в традиционных названиях простых соединений указывают на различную степень окисления элемента, образующего анион* (см. ниже). Следует отметить, что использование традиционных названий разрешено применительно к определенному, но достаточно

* Например, $\text{S}^{\text{VI}}\text{O}_4^{2-}$ — сульфат, $\text{S}^{\text{IV}}\text{O}_3^{2-}$ — сульфит и S^{2-} — сульфид. — Прим. перев.

большому числу соединений, и такая двойственная номенклатура для них, видимо, еще долгое время будет использоваться в практике.

Лиганды в названиях комплексных соединений в англо-американской литературе перечисляются в алфавитном порядке латинских названий*, числовые приставки при этом во внимание не принимаются, например, в diiodo буквой, определяющей порядок, будет буква «i», а не «d», и таким образом этот лиганд будет записан после fluoro, а оба они после trichloro, для которого буквой, определяющей порядок, будет «с» (chloro)**. Названия анионных лигандов обязательно оканчивают на «о» (см. с. 47), названия нейтральных и катионных лигандов в названиях комплексов не изменяются; исключения представляют нейтральные лиганды H_2O и NH_3 , за которыми закреплены названия аква и аммин (английские aqua и ammine).

КИСЛОТЫ И СРЕДНИЕ СОЛИ

Номенклатуру классических комплексных соединений, т. е. соединений, в которых превышена степень окисления центрального атома, целесообразно рассмотреть после номенклатуры кислот и солей.

При построении традиционных названий кислот и их солей используют приведенные ранее правила; это касается перечисления названий электроотрицательной и электроположительной частей, применения способа Штока, окончаний -ная и -истая (-ic, -ous), числовых приставок, способа Эвенса — Бассетта, что не вызывает недоразумений.

Для составления названий кислот рекомендации правил IUPAC 1970 г. несколько менее строги, чем рекомендации 1957 г., в которых выражалась надежда на то, что традиционные названия типа серная кислота (sulfuric acid) будут полностью заменены на названия типа сульфат водорода (hydrogen sulfate). Правила 1970 г. разрешают свободно пользоваться как традиционными, так и систематическими формами названий, правда, предпочтение отдается систематической форме, особенно для редко встречающихся и необычных кислот.

В обоих выпусках правил приводится список тех кислот, для которых традиционное (функциональное) название со словом «кислота» может быть сохранено. В табл. 2.7 приведен список названий кислот по Правилам 1970 г.

Традиционные названия анионов тех кислот, которые указаны в табл. 2.7, образуются путем замены частиц -овая, -евая и -ная (английское -ic) на суффикс -ат (английское -ate) и час-

* Это правило совершенно не подходит для русского языка вследствие различия в написании букв славянского и латинского алфавитов, и, кроме того, такое правило часто приводит к несоответствию между формулой и названием комплекса. — *Прим. ред.*

** Подробнее см. на с. 84.

Таблица 2.7. Традиционные названия кислот

Формула	Русское название	Английское название
H_3BO_3	(Орто) борная ^а	(Ortho) boric ^а
$(\text{HBO}_2)_n$	Полиметаборная ^а	Polymetaboric ^а
H_2CO_3	Угольная	Carbonic
HOCN	Циановая	Cyanic
HNCO	— б	Isocyanic
HCNO	— б	Fulminic
H_4SiO_4	Ортокремниевая ^а	Orthosilicic ^а
$(\text{H}_2\text{SiO}_3)_n$	Полиметакремниевая ^а	Polymetasilicic ^а
HNO_3	Азотная	Nitric
$\text{HNO}_2(\text{O}_2)$	Пероксоазотная ^в	Peroxonitric ^в
HNO_2	Азотистая	Nitrous
$\text{HNO}(\text{O}_2)$	— б	Peroxonitrous
$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$	Азотноватистая	Hyponitrous
H_3PO_4	(Орто) фосфорная ^а	(Ortho) phosphoric ^а
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Дифосфорная	Diphosphoric
$(\text{HPO}_3)_n$	Полиметафосфорная ^а	Polymetaphosphoric ^а
$\text{H}_3\text{PO}_3(\text{O}_2)$	Пероксомонофосфорная ^а	Peroxomonophosphoric ^а
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6(\text{O}_2)$	Пероксодифосфорная	Peroxodiphosphoric
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$	— б	Diphosphoric(IV)
$\text{H}_2(\text{PHO}_3)$	— б	Phosphonic
H_2NO_2	— б	Nitroxyl
$\text{H}_2\text{P}_2\text{H}_2\text{O}_5$	— б	Diphosphonic
HPH_2O_2	— б	Phosphinic
H_3AsO_4	Мышьяковая	Arsenic
H_3AsO_3	Мышьяковистая	Arsenious
$\text{HSb}(\text{OH})_6$	— б	Hexahydroxoantimonic
H_2SO_4	Серная	Sulfuric
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	Дисерная	Disulfuric
$\text{H}_2\text{SO}_3(\text{O}_2)$	Пероксомоносерная	Peroxomonosulfuric
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6(\text{O}_2)$	Пероксодисерная	Peroxodisulfuric
$\text{H}_2\text{SO}_3\text{S}$	Тиосерная ^в	Thiosulfuric ^в
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$	Дитионовая	Dithionic
H_2SO_3	Сернистая ^г	Sulfurous
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$	— б	Disulfurous
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_2$	— б	Thiosulfurous
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$	— б	Dithionous
H_2SO_2	— б	Sulfoxylic

Формула	Русское название	Английское название
$H_2S_xO_6$ ($x=3, 4 \dots$)	Полигноновые кислоты	Polythionic acids
H_2SeO_4	Селеновая	Selenic
H_2SeO_3	Селенистая	Selenous
H_6TeO_6	Ортотеллуровая ^а	Orthotelluric
H_2CrO_4	Хромовая	Chromic
$H_2Cr_2O_7$	Дихромовая	Dichromic
$HClO_4$	Хлорная	Perchloric
$HClO_3$	Хлорноватая	Chloric
$HClO_2$	Хлористая	Chlorous
$HClO$	Хлорноватистая	Hypochlorous
$HBrO_4$	Бромная	Perbromic
$HBrO_3$	Бромноватая	Bromic
$HBrO_2$	— б. г	Bromous
$HBrO$	Бромноватистая	Hypobromous
H_5IO_6	Ортоиодная ^а	Orthoperiodic ^а
HIO_4	Метаноидная ^а	Periodic ^а
HIO_3	Иодноватая	Iodic
HIO	Иодноватистая	Hypoiodous
$HMnO_4$	Марганцовая	Permanganic
H_2MnO_4	— б. г	Manganic
$HTcO_4$	Технециевая	Pertechnetic
H_2TcO_4	— б. г	Technetic
$HReO_4$	Ренневая	Perrenic
H_2ReO_4	— б. г	Rhenic

^а Приставки орто- и мета- используются для обозначения кислот, образованных элементом с одинаковой степенью окисления, но различающихся «содержанием» воды ($H_4P_2O_4$ и HPO_3).

^б Отсутствие русского названия означает, что для данной кислоты применяется только систематическое название. — *Прим. ред.*

^в Другие производные кислоты (тио-, селено-, теллури- и пероксо-кислоты) получают названия, образованные аналогично.

^г Кислота в виде молекул неизвестна. — *Прим. ред.*

тиц -истая (английское -ious) на -ит (английское -ite), что приводит к хорошо известным традиционным названиям солей этих кислот. Например, $NaNO_2$ — нитрит натрия (sodium nitrite), $NaNO_3$ — нитрат натрия (sodium nitrate), Na_2SO_4 — сульфат натрия (sodium sulfate), Na_2CO_3 — карбонат натрия (sodium carbonate). Поскольку заряд анионов SO_4^{2-} и CO_3^{2-} хорошо

известен, то количественные соотношения катионов и анионов в названиях солей типа Na_2SO_4 не указываются.

Следует сделать несколько замечаний по использованию приставок при образовании традиционных названий анионов тех кислот, которые перечислены в табл. 2.7.

Приставка «гипо-» (hypo-) указывает на низшую степень окисления кислотообразующего элемента (если число степеней окисления более двух). Эта приставка используется в названиях анионов, отвечающих кислотам, названия которых оканчиваются на -новатистая (английское hypo...ous), например, HClO — хлорноватистая кислота и KClO — гипохлорит калия.

Приставка «пер-» (per-) указывает на высшую степень окисления кислотообразующего элемента (если число степеней окисления более двух). Она применяется в названиях анионов, если отвечающие им кислоты имеют названия на -овая, -евая или -ная (per...ic), например, HMnO_4 — марганцовая кислота и KMnO_4 — перманганат калия, HReO_4 — ренийевая кислота и NaReO_4 — перренат натрия, HClO_4 — хлорная кислота и KClO_4 — перхлорат калия. Эту приставку не следует путать с приставкой пероксо- (см. ниже).

Тиокислотами называются кислоты, получаемые заменой кислорода на серу, их названия строятся добавлением приставки «тио-» (thio-) к традиционному названию кислоты. Аналогично составляются названия кислот, полученных заменой кислорода на селен и теллур, в этом случае приставками являются «селено-» (seleno-) и «теллури-» (telluro-). В качестве примеров укажем:

$\text{H}_2\text{SO}_3\text{S}$ — тиосерная кислота (thiosulfuric acid)

KNCSS — тиоцианат калия (potassium thiocyanate)

$\text{H}_3\text{PO}_3\text{S}$ — (моно)тиофосфорная кислота (monothiophosphoric acid)

$\text{H}_2\text{PO}_3\text{S}_2$ — дитиофосфорная кислота (dithiophosphoric acid)

H_2CS_3 — тритиоугольная кислота (trithiocarbonic acid)

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_6$ — дитионовая кислота (dithionic acid), ее высшие гомологи получают названия аналогичным образом

Кислоты, в которых —O— замещается на —O—O— , получают названия с приставкой пероксо-» (peroxo-)*, например, $\text{HNO}_2(\text{O}_2)$ — пероксоазотная кислота (peroxonitric acid), $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6(\text{O}_2)$ — пероксодифосфорная кислота (peroxodiphosphoric acid).

Для построения систематических названий кислот и их солей эти соединения рассматривают как комплексные соединения и применяют правила, изложенные выше. Необходимо помнить, что название электроположительной части (катиона) соединения остается без изменений, а название электроотрицательной части (аниона) получает окончание -ат (-ate) независимо от степени окисления кислотообразующего элемента (цент-

* Использование устаревших приставок перокси- или пер- (peroxi-, per-) вместо пероксо- (peroxo-) не разрешается.

Таблица 2.8. Названия некоторых лигандов

Формула	Русское название	Английское название	Формула	Русское название	Английское название
F ⁻	Фторо-	fluoro-	O ²⁻	Оксо-	охо-
Cl ⁻	Хлоро-	chloro-	H ⁻	Гидридо-	hydrido-
Br ⁻	Бромо-	bromo-	H ⁺	Гидро-	hydro-
I ⁻	Иодо-	iodo-	OH ⁻	Гидроксо-	hydroxo-
HO ₂ ⁻	Гидропер- оксо-	hydrogenper- охо-	O ₂ ²⁻	Пероксо-	peroxo-*
S ⁻	Тио-	thio-	CH ₃ O ⁻	Метоксо-	methoxo-*
S ₂ ²⁻	Дисульфидо-(2—)	disulfido-	CH ₃ S ⁻	Метилтио-	methylthio-
HS ⁻	Меркапто-	mercapto-	CN ⁻	Циано-	cyano-

* Под влиянием номенклатуры органических соединений иногда используют также название перокси- (peroxo) и соответственно метокси- (methoxy-). Правила IUPAC не рекомендуют это.

рального атома). Это окончание присоединяется к соответствующему названию центрального атома (см. табл. 2.1).

Например, бор — борат (boron — borate); сера, сульф- — сульфат (sulfur — sulfate); сурьма, стиб- — стибат (antimony — antimonate); висмут — висмутат (bismuth — bismuthate); углерод, карбон- — карбонат (carbon — carbonate); кобальт — кобальтат (cobalt — cobaltate), никель, никкол- — никколат (nickel, niccolum — niccolate, но журнал Chemical Abstracts использует nickelate); азот, нитр- — нитрат (nitrogen — nitrate); фосфор — фосфат (phosphorus — phosphate); вольфрам — вольфрамат (tungsten, wolfram — wolframate); цинк — цинкат (zinc — zincate).

В названии аниона вначале указываются атомы кислорода и другие атомы и группы атомов; все они рассматриваются как лиганды. Названия лигандов, заряженных отрицательно, всегда оканчиваются на -о (см. табл. 2.8). Все название аниона пишется в одно слово.

Таким образом, соединение H₂[SO₄], рассматриваемое как комплексное, получает систематическое название тетраоксосульфат (VI) водорода [hydrogen tetraoxosulfate (VI)] или тетраоксосульфат диводорода (dihydrogen tetraoxosulfate). Если использовать функциональную номенклатуру, то соединение H₂[SO₄] можно назвать тетраоксосерная (VI) кислота [tetraoxosulfuric (VI) acid]. Если же опустить указание на число и вид лиганда, то получают традиционное название этого соединения, H₂SO₄ — серная кислота (sulfuric acid) *. Однако этого не рекомендуется делать при составлении названий малораспространенных кислот; для них следует применять только полные систематические названия.

Приведем ряд примеров, подтверждающих удобство и пользу описанного метода построения систематических названий:

HReO_4 — тетраоксорениевая(VII) кислота [tetraoxorhenic(VII) acid]
 H_3ReO_5 — пентаоксорениевая(VII) кислота [pentaoxorhenic(VII) acid]
 H_2ReO_4 — тетраоксорениевая(VI) кислота [tetraoxorhenic(VI) acid]
 HReO_3 — триоксорениевая(V) кислота [trioxorhenic(V) acid]
 $\text{H}_4\text{Re}_3\text{O}_7$ — гептаоксодирениевая(V) кислота [heptaoxodirhenic(V) acid]
 H_3GaO_3 — триоксогаллиевая(III) кислота [trioxogallic(III) acid]
 H_4XeO_6 — гексаоксоксеноновая(VIII) кислота [hexaioxoxenonic(VIII) acid]

В более простых случаях представляется разумным опускать название лиганда O^{2-} , например*:

H_2MnO_4 — марганцовая(VI) кислота [manganic(VI) acid]
 H_3MnO_4 — марганцовая(V) кислота [manganic(V) acid]

Для построения названий относительно несложных по составу соединений, например, галогенсодержащих кислот, также можно использовать способ Штока. Например, систематическое название соединения $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ — гексахлороплатинат(VI) калия (ранее называли хлорплатинат), HSO_3Cl — хлоротриоксо-сульфат(VI) водорода, или, короче, хлоросерная(VI) кислота**. При таком способе построения названия водород кислоты (который может быть замещен на металл) рассматривается как катион, а сами кислоты — как соли водорода(I).

Примеры систематических названий разных кислот и солей:

$\text{K}[\text{AuCl}_4]$ — тетрахлороаурат(III) калия [potassium tetrachloroaurate(III)]
 $\text{Na}[\text{PHO}_2\text{F}]$ — фтородиоксигидрофосфат натрия [sodium fluorohydrodioxophosphate]
 $\text{H}[\text{PF}_6]$ — гексафторофосфат водорода [hydrogen hexafluorophosphate]
 $\text{H}_4[\text{XeO}_6]$ — гексаоксоксенонат(VIII) водорода
 $\text{H}[\text{B}(\text{OH})_2\text{F}_2]$ — дифтородигидроксоборат водорода [hydrogen difluorodihydroxoborate]
 $\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ — гексацианоферрат(II) натрия [sodium hexacyanoferrate(II)]
 $\text{K}[\text{AgF}_4]$ — тетрафтороаргентат(III) калия [potassium tetrafluoroargentate(III)]
 $\text{Ba}[\text{BrF}_4]$ — тетрафторобромат(III) бария [barium tetrafluorobromate(III)]
 $\text{K}[\text{Au}(\text{OH})_4]$ — тетрафтороаргентат(III) калия [potassium tetrafluoroargentate(III)]
 $\text{Na}[\text{AlCl}_4]$ — тетрахлороалюминат натрия [sodium tetrachloroaluminate]
 $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ — тетрагидридоалюминат лития [lithium tetrahydridoaluminate]

Название последнего соединения должно быть знакомо органикам, хотя они привыкли к старому названию алюмогидрид лития (lithium aluminium hydride).

* Однако в этом случае требуется запоминать состав, что не совсем удобно. — *Прим. ред.*

** Авторы не рекомендуют использовать название хлоросульфоновая кислота на том основании, что заместительная номенклатура — это прерогатива только органической химии. В русской литературе это название является традиционным для данного соединения. — *Прим. ред.*

Необходимо еще отметить следующее. В последних Правилах IUPAC рекомендуется отделять отбивкой квадратные скобки, указывающие границы комплекса, от остальной части (внешней сферы) комплексного соединения и от других квадратных скобок (при записи соединения с двумя внутренними сферами). В американских и английских книжных и журнальных работах эту рекомендацию практически не выполняют, считая ее не обязательной, поскольку квадратные скобки уже сами определяют границы комплексного иона*.

Надо заметить, что в неорганической номенклатуре для обозначения аниона водорода H^- как лиганда в комплексах используется название гидридо- (hydrido-), образованное по общему правилу; для номенклатуры органических соединений принято в этом случае использовать название гидро- (hydro-). Аналогично можно было бы образовать и некоторые другие названия анионных лигандов, например, хлоридо- (chlorido-) вместо хлоро- (chloro-), но здесь эта замена не нужна, поскольку лиганда Cl^+ не существует (водород в комплексных соединениях часто встречается и как катион H^+ , и как анион H^-).

Еще одним исключением из общих правил образования названий лигандов являются названия углеводородных радикалов, к которым не прибавляется гласная -о, например, $Na[B(C_6H_5)_4]$ — тетрафенилборат натрия (sodium tetraphenylborate).

ИОНЫ И РАДИКАЛЫ

Атомы или группы атомов, заряженные отрицательно, называются анионами, а заряженные положительно — катионами. Группы атомов, не несущие заряда и встречающиеся в большом числе различных соединений (в той или иной роли) и обычно не существующие в свободном состоянии, называются радикалами. Если такие группы атомов не имеют заряда, но существуют в свободном виде, они называются свободными радикалами, если же они еще и заряжены, их следует называть ионами, или ион-радикалами. Ионы обычно получают названия электроположительных и электроотрицательных частей молекул; названия катионов не имеют специальных суффиксов, а названия анионов всегда содержат суффиксы -ид, -ит или -ат (ide, -ite или -ate). Например, Na^+ — ион натрия, или, точнее, катион натрия (sodium cation), Fe^{2+} — положительно двухзарядный ион железа (ferrous ion), или катион железа(II) [iron(II) cation]. Ион I^- — иодидный анион, или иодид-ион (iodide ion); название этого аниона не следует путать с реже встречающимся I^+ — катионом иода(I) [iodide(I) cation].

* В русской литературе поступают точно так же. — *Прим. ред.*

Таблица 2.9. Специальные названия неорганических радикалов

Формула	Русское название	Английское название	Формула	Русское название	Английское название
HO	гидроксил	hydroxyl	SeO	селенинил	seleninyl
CO	карбонил	carbonyl	SeO ₂	селепонил	selenonyl
NO	нитрозил	nitrosyl	CrO ₂	хромил	chromyl
NO ₂	нитроил	nitryl	UO ₂	уранил	uranyl
PO	фосфорил	phosphoryl	NpO ₂	нептунил	neptunyl
SO	сульфинил (тионил)	sulfinyl (thionyl)	PuO ₂	плутонил*	plutonyl
SO ₂	сульфонил (сульфурил)	sulfonyl (sulfuryl)	ClO	хлорозил**	chlorosyl
S ₂ O ₅	дисульфурил	disulfuryl	ClO ₂	хлорил**	chloryl
			ClO ₃	перхлорил**	perchloryl

* Аналогично для других актиноидов. ** Аналогично для других галогенов.

Необходимо подробнее остановиться на номенклатуре тех ионов и радикалов, для которых в литературе используются разные названия. Ион NO⁺ следует называть катионом нитрозила (nitrosyl cation), NO₂⁺ — катионом нитроила (nitryl cation) *.

Многоатомные катионы, образованные присоединением к однократному аниону большего числа катионов водорода, чем это требуется по правилу электронейтральности, получают названия, оканчивающиеся на «-оний» (-onium). Например, аммоний (ammonium), фосфоний (phosphonium), арсоний (arsonium), оксоний (oxonium) для H₃O⁺, сульфоний (sulfonium), селеноний (selenonium), теллуроний (telluronium), иодоний (iodonium). Из них могут быть получены замещенные производные, которые называют аналогично, например метоксиаммоний (methoxyammonium), тетраметилстибоний (tetramethylstibonium), диметиллоксоний (dimethyloxonium) для (CH₃)₂HO⁺.

В публикациях Chemical Abstracts названия азотсодержащих катионов строятся по следующим правилам (подробнее см. с. 146). Азотсодержащие основания, за исключением аммиака (ammonia) и его замещенных, образуют катионы, названия которых оканчиваются на -ий (-ium). Например, анилиний (anilinium), имидазолий (imidazolium), глициний (glicinium). Ионы N₂H₅⁺ и N₂H₆²⁺ называются гидразиний(1+) и гидразиний(2+) соответственно [hydrazinium (1+ или 2+)]. Исключением являются названия уроний (uronium) и тиуроний (thiuronium), образованные от названий мочевины (urea) и тиомочевины

* Этот катион не следует называть катионом нитроксила (nitroxyl cation), чтобы не спутать с радикалом кислоты H₂NO₂. К сожалению, в русской химической литературе еще встречается название катион нитрония, хотя оно и не соответствует правилам. — *Прим. перев.*

(thiourea). Названия диоксаний (dioxanium) и ацетоний (acetoniuni) образованы аналогично.

Наконец, название катион водорода (H^+) можно использовать в тех случаях, когда степень гидратации этого иона не имеет значения [в отличие от H_3O^+ — катиона оксония (моногидратированного катиона водорода)].

Перечень радикалов, имеющих специальные названия, приведен в табл. 2.9. С этими названиями, так же как и с названиями кислот, могут быть использованы приставки тно-, селено- (thio-, seleno-) и др. Указанный в табл. 2.9 принцип построения названий радикалов с применением суффикса -ил (-yl) не применяется к другим металлокислородным радикалам*. Катион-радикалы называют по способу Штока либо Эвенса — Бассетта, например, UO_2^{2+} — катион уранила(VI) [uranyl(VI) cation], или катион уранила(2+) [uranyl(2+) cation]. Приведенные ниже примеры иллюстрируют, как указанные в табл. 2.9 названия радикалов используются для построения названий соединений:

- (CO)Cl₂ — хлорид карбонила (carbonyl chloride)
- (PO)N — нитрид фосфорила (phosphoryl nitride)
- (PS)Cl₃ — хлорид тнофосфорила (thiophosphoryl chloride)
- (CrO₃)Cl₂ — хлорид хромила (chromyl chloride)
- (IO₃)F — фторид иодида (iodyl fluoride)
- (SO₂)NH — имид сульфонила (sulfonyl imide) или имид сульфурила (sulfuryl imide)

Названия радикалов, оканчивающиеся на -ил (-yl), всегда выступают в качестве названий электроположительных частей молекулы, при этом полярность не принимается во внимание; так, (NO)Cl называют хлорид нитрозила (nitrosyl chloride), а (NO)ClO₄ — перхлорат нитрозила (nitrosyl perchlorate).

Рассмотренные выше названия радикалов удобны для образования названий соединений, состоящих из дискретных молекул. Для ионных соединений названия лучше составлять по правилам построения названий двойных оксидов и основных солей (см. с. 46).

По Правилам IUPAC описанные названия радикалов используются также для образования названий амидов, например, $SO_2(NH_2)_2$ — диамид сульфонила (sulfonyl diamide), $PO(NH_2)_3$ — триамид фосфорила (phosphoryl triamide). В качестве альтернативных Правила приводят для них такие традиционные названия: диамид серной кислоты (sulfuric diamide) и триамид фосфорной кислоты (phosphoric triamide). Для неполных амидов Правила рекомендуют использовать в первую очередь названия типа «амидная кислота» (amidic acid), а в качестве альтернативы — номенклатуру комплексных соединений, например, для $HSO_3(NH_2)$ — сульфамидная кислота (sulfamidic acid) или амидосерная кислота (amidosulfuric acid). Сокра-

* В русской литературе еще катион VO^{2+} называют катионом ванадила. — *Прим. ред.*

щенные (тривиальные) названия для приведенных примеров, такие, как сульфамид (sulfamide) и сульфаминовая кислота (sulfamic acid), Правилами не рекомендуются. Однако систематические названия типа диамид сульфонила существенно отличаются от того, что сейчас принято в практике органической химии, где амиды (amides) являются гораздо более многочисленным классом соединений, чем в неорганической химии. По мнению авторов, для амидов лучше использовать или тривиальные названия, или принятые в настоящее время названия по типу комплексных соединений, например, для $\text{SO}_2(\text{NH}_2)_2$ — сульфамид (sulfamide) или диамидодиоксосульфид (diamidodioxosulfur) *. В указателях Chemical Abstracts используются названия sulfamide и sulfamic acid для обозначения сульфамида и сульфаминовой кислоты.

ДРУГИЕ СОЛИ И СОЛЕОБРАЗНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Кислые соли

По Правилам IUPAC 1970 г. названия кислых солей имеют приставку «гидро-» (hydrogen-) и числовые приставки, если это необходимо; за приставкой гидро- без пробела следует название соответствующего аниона.

Неорганические анионы могут содержать незамещаемый водород. В этом случае в систематическом названии соединения лиганд H^+ следует называть гидро- (hydrogen-)** , но эти соли, конечно, не могут быть отнесены к кислым.

Примеры:

NaHCO_3 — гидрокарбонат натрия (sodium hydrogencarbonate)

LiH_2PO_4 — дигидрофосфат лития (lithium dihydrogenphosphate)

KHS — гидросульфид калия (potassium hydrosulfid)

однако NaH_2PO_3 — триоксогидрофосфат(III) водорода-натрия (sodium hydrogencarbonate).

Использование в названиях кислых солей приставки гидро- (для обозначения кислотного водорода) является приемом традиционной номенклатуры и принято Правилами IUPAC.

Соединение слова hydrogen с названием аниона в одно слово необычно для английской и американской химической номенклатуры. Обоснованием введения этого правила в английский химический язык является понимание того, что при диссоциации кислых солей образуется кислый анион, например $[\text{HCO}_3]^-$, в публикациях Chemical Abstracts слитное написание не используется***.

* Вполне возможно еще и применение систематической номенклатуры бинарных соединений: $\text{S}(\text{NH}_2)_2\text{O}_2$ — диоксид-диамид серы (если группу SO_2 не рассматривать как радикал сульфонил). — *Прим. ред.*

** Если анион, содержащий такой водород, не имеет традиционного названия. — *Прим. ред.*

*** В русской номенклатуре, наоборот, термины типа гидрокарбонат широко используются. — *Прим. ред.*

Следует заметить, что такие названия кислых солей, как бикарбонат (bicarbonate) или бисульфат (bisulfate), являются устаревшими, и их применение не разрешается. Кислые анионы следует называть аналогичным способом, например, HCO_3^- — гидрокарбонат-ион (hydrogencarbonate ion). Однако многие химики, публикуя работы на английском языке, неохотно отказываются от устарелой формы названий и продолжают писать бикарбонат вместо гидрокарбонат.

Английское название кислоты $\text{H}_2(\text{PHO}_3)$ — phosphonic acid* (см. табл. 2.7) — построено по аналогии с номенклатурой органических соединений, согласно которой соединения $\text{C}_6\text{H}_5\text{PO}_3\text{H}_2$ (см. с. 195) называется phenylphosphonic acid. В неорганической номенклатуре только анион PHO_3^{2-} назван phosphonate anion*. Такая номенклатура может оказаться полезной в названиях таутомеров, например, HSO_3^- — hydrogen-sulfite и SHO_3^- — sulfonate**.

Двойные соли

Правила наименования двойных солей, принятые IUPAC в 1957 г., были позже существенно упрощены благодаря использованию приема расположения названий элементов в алфавитном порядке***.

В английской литературе при составлении названий двойных солей сначала записывают названия всех катионов в алфавитном порядке их латинских названий, последним записывается катион водорода H^+ . Затем также в алфавитном порядке латинских названий указываются все анионы****. Вода, связанная координационно, указывается или словом аква- (aqua-), если формула записана как комплекс, или словом «гидрат», если формула записана как кристаллогидрат. Числовые приставки можно не указывать, если степени окисления постоянны и обычны.

Примеры:

$\text{NaTl}(\text{NO}_3)_2$ — нитрат таллия(I)-натрия [sodium thallium(I) nitrate], или динитрат таллия-натрия [sodium thallium dinitrate]

$\text{NaZn}(\text{UO}_2)_3(\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ — гексагидрат ацетата триуранила-цинка-натрия [sodium triuranil zinc acetate hexahydrate]

$\text{Na}_6(\text{SO}_4)_2\text{ClF}$ — фторид-хлорид-бис(сульфат) натрия [hexa-sodium chloride fluoride bis(sulfate)]

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ — хлорид гексааквахрома(III), или трихлорид гексааквахрома [hexaaquachromium(III) chloride или hexaaquachromium trichloride]

* В русской литературе названия фосфоновая кислота для $\text{H}_2(\text{PHO}_3)$ и фосфонат-ион для PHO_3^{2-} не используются. — Прим. ред.

** В русской литературе анион HSO_3^- называют гидросульфит-ион, анион SHO_3^- — триоксогидросульфат(IV)-ион — Прим. ред.

*** В русской номенклатуре это непримемлемо (см. примечание на с. 35). — Прим. ред.

**** В русской номенклатуре формула читается справа налево. — Прим. ред.

Основные соли

Названия основных солей следует строить по правилам наименования солей с несколькими анионами, при этом названия оксо- для O^{2-} и гидроксо- для OH^- перечисляются наряду с названиями других анионов.

В английских названиях не следует соединять названия анионов, например, нельзя писать *hydroxichloride*, но следует писать *chloride hydroxide* **.

По правилам IUPAC, различают оксосоли, содержащие O^{2-} , и гидроксосоли, содержащие OH^- , например:

$MgCl(OH)$ — гидроксид-хлорид магния (*magnesium chloride hydroxide*)

$BiClO$ — оксид-хлорид висмута (*bismuth chloride oxide*)

$Cu_2Cl(OH)_3$ — тригидроксид-хлорид димеди (*dicopper chloride trihydroxide*)

Двойные оксиды и гидроксиды

Названия двойных оксидов и гидроксидов строятся по аналогичным правилам, например:

$(TiFe)O_3$ — оксид железа(II)-титана(IV), или триоксид железа-титана [*iron (II) titanium(IV) oxide, iron titanium trioxide*]

$(Cr_2Cu)O_4$ — оксид меди(II)-дихрома(III), или тетраоксид меди-дихрома*** [*dichromium(III) copper(II) oxide, dichromium copper tetraoxide*]

$LiMn_2AlO_4(OH)_4$ — тетрагидроксид-тетраоксид алюминия-димарганца-лития (*aluminum lithium dimanganese tetrahydroxide tetraoxide*)

Комплексные соединения

Классические комплексные соединения

К классическим комплексным соединениям относятся соединения, в которых формально превышает степень окисления центрального атома. Большая часть принципов построения их названий была рассмотрена выше. Основные положения можно кратко сформулировать следующим образом: комплекс может быть катионным, нейтральным или анионным. Катионные или нейтральные комплексы не получают в названиях специальных окончаний, в названиях анионных комплексов имеется суффикс -ат (-ate). В англо-американской литературе названия лигандов перечисляются по алфавиту. Если необходимо, или для облегчения понимания структуры лиганда, можно указать степень окисления центрального атома по способу Штока или заряд по

** В русском написании названия анионов отделяются дефисом. — *Прим. ред.*

*** По современным данным о строении этого соединения, запись формулы $Cu(CrO_2)_2$ и название хромит меди(II) являются неправильными

способу Эвенса — Бассетта, хотя возможно и применение правил с числовыми приставками*.

Названия катионных и нейтральных лигандов не изменяются, а названия анионных лигандов оканчиваются на -о. Эти принципы и приведенные ниже правила (1—9) достаточны для построения и понимания названий большинства комплексных соединений.

1) Углеродородные радикалы рассматриваются как анионные лиганды, но сохраняют обычный суффикс -ил (английское -yl).

2) Лиганды типа CH_3O^- получают название метоксо (methoxo).

3) Лиганд CH_3S^- называют метилтио или метантиолато (methylthio или methanethiolato).

4) Если органическое соединение, не являющееся кислотой, становится лигандом, потеряв атом водорода (H), его, естественно, считают анионным лигандом и в названии используют суффикс -ато (-ato). В остальных случаях такой лиганд считается нейтральным. В сложных случаях обязательно указывают заряд, например:

$-\text{O}_2\text{CCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{O}^-)\text{CO}_2^-$ — тарtrato(3—) [tartrato(3—)]
 $-\text{O}_2\text{CCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2^-$ — тарtrato(2—) [tartrato(2—)]

5) Лиганды NO, NS, CO и CS принято считать нейтральными**.

6) Вода и аммиак считаются нейтральными лигандами и обозначаются соответственно как аква (aqua) и аммин (amine).

7) Если лиганд связан с центральным атомом несколькими способами, это различие отмечается с помощью символов —S, —N, —O и т. д. после названия лиганда. Если же название лиганда однозначно определяет место присоединения, символ координируемого атома не указывается. Например, для тиоцианато (thiocyanato) —SCN и изотиоцианато (isothiocyanato) —NCS символы серы и азота («связующих» элементов) не указываются***.

8) Названия нейтральных лигандов, кроме H_2O , NH_3 , NO, NS, CO и CS, заключаются в круглые скобки и перед скобкой, если это необходимо, приводятся числовые приставки.

9) В сложных группах, если внешние скобки обозначают весь комплекс, установлен следующий порядок старшинства скобок [{ () }].

Примеры классических комплексных соединений, приведенные в табл. 2.10, выбраны из Правил IUPAC [5], и они вполне

* Обычно числовые приставки «утяжеляют» названия, и поэтому использование их нежелательно. — *Прим. ред.*

** Если в формуле отсутствует указание на их заряд. — *Прим. ред.*

*** В русской химической литературе лиганд —NCS называют тиоцианато-N, а лиганд —SCN — тиоцианато-S. — *Прим. ред.*

понятны и достаточны для иллюстрации всех принципов альтернативных способов построения названий. Названия некоторых органических лигандов были изменены после уточнения Правил IUPAC для номенклатуры органических соединений*.

В табл. 2.11 приведены рекомендованные Правилами IUPAC [5] сокращенные обозначения лигандов, используемые в формулах комплексных соединений.

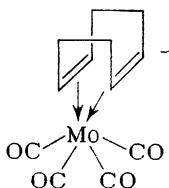
Другие комплексные соединения

π-комплексы. В некоторых случаях для построения названий π-комплексов достаточно указания только стехиометрического состава комплекса, например, $[\text{Pt}(\text{C}_2\text{H}_4)(\text{NH}_3)\text{Cl}_2]$ — дихлороаммин(этилен)платина (amminedichloroethyleneplatinum).

Если необходимо отметить, что все ненасыщенные атомы цепи или кольца лиганда связаны с центральным атомом, то особенности строения указываются введением в название греческой буквы η «эта», или «гапто» (от греч. «связывать»), помещаемой перед названием лиганда.

Ниже приведены примеры, иллюстрирующие сказанное:

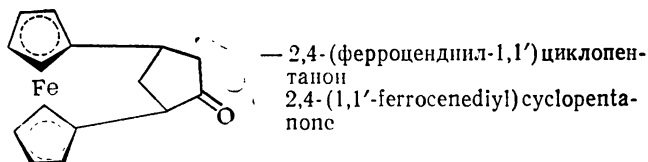
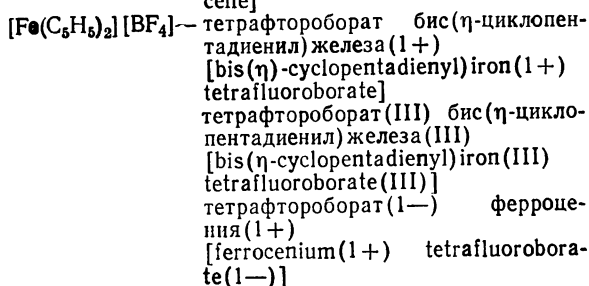
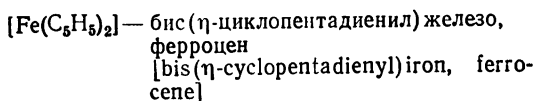
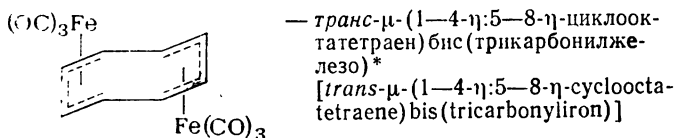
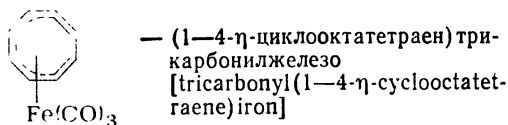
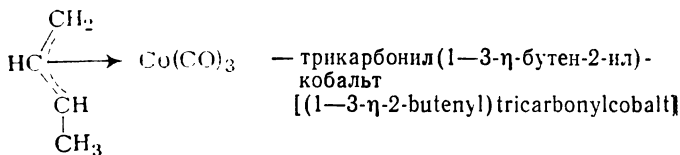
- $[\text{Pt}(\text{C}_2\text{H}_4)(\text{NH}_3)\text{Cl}_2]$ — дихлороаммин(η-этилен)платина
[amminedichloro(η-ethylene)platinum]
- $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)(\text{CO})_3]$ — трикарбонил(η-бензол)хром
[(η-benzene)tricarbonylchromium**]
- $[\text{Re}(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{H}]$ — гидридобис(η-циклопентадиенил)-рений
[bis(η-cyclopentadienyl)hydridorhenium]
- $[\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_6)(\text{C}_5\text{H}_5)]$ — (η-циклопентадиенил)(η-циклопентадиен)кобальт
[(η-cyclopentadiene)(η-cyclopentadienyl)cobalt]



— (η-циклооктадиен-1,5)тетракарбонилмолибден
[tetracarbonyl(η-1,5-cyclooctadiene)molybdenum]

* В русской химической литературе принята более строгая система названий комплексных соединений; сначала называется анионная часть, затем катионная, внутри комплекса сначала перечисляются лиганды — анионные, нейтральные и катионные, затем центральный атом. Формула комплекса записывается в обратном порядке: $[\text{M}(\text{L}^+)\text{L}^0(\text{L}^-)]$. — *Прим. перев.*

** Chemical Abstracts используют систему верхних индексов (локантов), которые указывают число атомов лиганда, связанных с центральным атомом, например [(η⁶-benzene)bicarbonylchromium].



Комплексы с мостиковыми лигандами. Для обозначения мо-
 стиковых лигандов перед их наименованием ставят букву μ
 (греч. мю), отделяя ее от названия дефисом. Такой способ по-
 могает различить мостиковые и немостиковые лиганды.

* Значение и использование буквы μ (греч. мю) см. с. 52.

Таблица 2.10. Примеры классических комплексных соединений

Формула	Название
$\text{Na}[\text{B}(\text{NO}_3)_4]$	Тетранитратоборат(1—) натрия [sodium tetranitratoborate(1—)]
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{N}_3)]\text{SO}_4$	Тетранитратоборат(III) натрия [sodium tetranitratoborate(III)] Сульфат азидопентаамминкобальта(2+) [pentaammineazidocobalt(2+) sulfate], сульфат азидопентаамминкобальта(III) [pentaammineazidocobalt(III) sulfate]
$[\text{Ru}(\text{NH}_3)_4(\text{HSO}_3)_2]$	Бис(гидросульфито) тетраамминрутений [tetraamminebis(hydrogensulfito) ruthenium]
$\text{K}[\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4]$	Тетрафенилборат(1—) калия [potassium tetraphenylborate(1—)], тетрафенилборат(III) калия [potassium tetraphenylborate(III)]
$[\text{Fe}(\text{CO})_4(\text{C}\equiv\text{CC}_6\text{H}_5)_2]$	Бис(фенилэтинил)тетракарбонилжелезо [tetracarbonylbis(phenylethynyl) iron]
$[\text{Ni}(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2)_2]^*$	Бис(бутандион-2,3-диоксимато)никель [bis(2,3-butanedione dioximate)nickel]
$[\text{Co}(\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2)_2\text{Cl}_2]**$	Дихлоробис(бутандион-2,3-диоксим)кобальт [bis(2,3-butanedione dioxime) dichlorocobalt]
$[\text{Cu}(\text{CH}_3\text{NH}_2)_2\text{Cl}_2]$	Дихлоробис(метиламин)медь [dichlorobis(methylamine) copper]
$[\text{Pt}(\text{py})_4][\text{PtCl}_4]$	Тетрахлороплатинат(2—) тетракис(пиридин) платины(2+) [tetrakis(pyridine)platinum(2+) tetrachloroplatinate(2—)]
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	тетрахлороплатинат(II) тетракис(пиридин) платины(II) [tetrakis(pyridine)platinum(II) tetrachloroplatinate(II)] Хлорид гексааквахрома(3+) [hexaaquachromium(3+) chloride], хлорид гексааквахрома(III) [hexaaquachromium(III) chloride]
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{SO}_4)\text{Cl}$	Хлорид-сульфат гексаамминкобальта(3+) [hexaammincobalt(3+) chloride sulfate], хлорид-сульфат гексаамминкобальта(III) [hexaammincobalt(III) chloride sulfate]
$[\text{Co}\{(\text{CH}_3)_2\text{NH}\}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_3]$	Трихлородиаммин(диметиламин)кобальт [diamminetrichloro(dimethylamine)cobalt]
$\text{K}[\text{Co}(\text{CO})_2(\text{NO})(\text{CN})]$	Цианонитрозилдикарбонилкобальтат(1—) калия [potassium dicarbonylcyanonitrosylcobaltate(1—)], цианонитрозилдикарбонилкобальтат(—I) калия [potassium dicarbonylcyanonitrosylcobaltate(—I)]
$[\text{Co}\{(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}\}_3(\text{N}_2)\text{H}]$	Гидридо(дiazот) трис(трифенилфосфин)кобальт [(dinitrogen)hydridotris(triphenylphosphine)cobalt]
$[\text{Ni}\{\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}^+\text{CH}_3\}(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_3]$	Трихлороаква{1-метил-4-аза-1-азониабцикло[2.2.2]октан}никель [aquatrichloro{1-methyl-4-aza-1-azoniabicyclo[2.2.2]octane}nickel]

Формула	Название
$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—NH}_2 \\ \quad \diagup \\ \text{CH}_2\text{—S} \quad \text{Pt} \quad \text{Cl} \\ \quad \diagdown \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{N(CH}_3)_2 \end{array} \right]$	Дихлоро{ <i>N,N</i> -диметил-2,2'-тиобис(этиламин)}- <i>S,N'</i> платина [dichloro{ <i>N,N</i> -dimethyl-2,2'-thiobis-(ethylamine)- <i>S,N'</i> } platinum]

* Лиганд $\text{CH}_3\text{C}(\text{NO})-\text{C}(\text{NOH})\text{CH}_3$. ** Лиганд $\text{CH}_3\text{C}(\text{NOH})-\text{C}(\text{NOH})\text{CH}_3$.

Примеры:

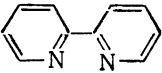
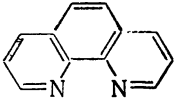
$(\text{NH}_3)_5\text{Cr}(\text{OH})\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_5$	хлорид {μ-гидроксо} бис{пентаамминхрома(III)}
	[μ-hydroxo-bis(pentaamminechromium(III)) chloride]
	хлорид {(μ-гидроксо) бис(пентаамминхрома)}(5+)
	[[μ-hydroxo-bis(pentaamminechromium))(5+) chloride]
$[(\text{CO})_3\text{Fe}(\text{CO})_3\text{Fe}(\text{CO})_3]$	три(μ-карбонил) бис(трикарбонилжелезо)
	[tri-μ-carbonyl-bis(tricarbonyliron)]
$[\text{Br}_2\text{Pt}\{\text{S}(\text{CH}_3)_2\}_2\text{PtBr}_2]$	бис(μ-диметилсульфид) бис(дибромоплатина)
	[bis(μ-dimethyl sulfide)-bis(dibromoplatinum)]
$[(\text{CO})_2\text{Ni}\{(\text{CH}_3)_2\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{P}(\text{CH}_3)_2\}_2\text{Ni}(\text{CO})_2]$	ди{μ-этилен-бис(диметилфосфино)} бис(дикарбонилникель)
	[di{μ-ethylene-bis(dimethylphosphino)}bis(dicarbonylnickel)]
$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \quad \diagdown \\ (\text{H}_3\text{N})_3\text{Co} \quad \text{O} \quad \text{O} \quad \text{N} \quad \text{Co}(\text{NH}_3)_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H} \end{array} \right]^{3+}$	— катион ди(μ-гидроксо) (μ-нитрито-О,N) гексаамминдикообальта(3+)
	[hexaammine-di-(μ-hydroxo) (μ-nitrito-O,N)-dicobalt(3+) ion]
	— катион ди(μ-гидроксо) (μ-нитрито-О,N) гексаамминдикообальта(III)
	[hexaammine-di-(μ-hydroxo) (μ-nitrito-O,N)-dicobalt(III) ion]
$[\text{Be}_4(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]$	— (μ-оксо) гекса (μ-ацетато-О,О') тетрабериллий*
	[hexa-μ-acetato-(O,O')-μ-oxo-tet-raberyllium]
$[\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]\text{Cl}$	— хлорид (μ ₃ -оксо) гекса (μ-ацетато-О,О') трихрома(III)*
	[hexa-μ-acetato-(O,O')-μ ₃ -oxo-tri-chromium(III) chloride]

* В приведенных авторами названиях содержится намного больше информации, чем в формулах, из которых вовсе не следует, что эти комплексы содержат мостиковые лиганды. Систематические названия для этих формул будут:

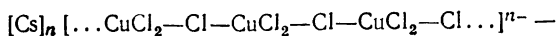
$[\text{Be}_4(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]$ — оксогексаацетатотетрабериллий

$[\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{COO})_6\text{O}]\text{Cl}$ — хлорид оксогексаацетатотрихрома(III). — Прим. ред.

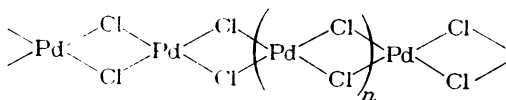
Таблица 2.11. Сокращенные обозначения лигандов

Сокращение	Формула	Название лиганда
Насас	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$	Пентандион-2,4; ацетилацетон
асас	$(\text{CH}_3\text{COCHCOCH}_3)^-$	Ацетилацетонато
Hbg	$\begin{array}{c} \text{C}(\text{NH})\text{NH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HN} \quad \text{C}(\text{NH})\text{NH}_2 \end{array}$	Бигуанид
H ₂ dmg	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C}=\text{NOH} \\ \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{NOH} \end{array}$	Бутандион-2,3-диоксим (диметилглиоксим)
Hdmg	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C}=\text{NO}^- \\ \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{NOH} \end{array}$	Диметилглиоксимато (1—)
dmg	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{C}=\text{NO}^- \\ \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{NO}^- \end{array}$	Диметилглиоксимато (2—)
H ₄ edta	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2 \end{array}$	Этилендиаминтетрауксусная кислота
H ₂ ox	$\text{HOOC}-\text{COOH}$	Щавелевая кислота
bpy(bipy)		2,2'-Бипиридил, 2,2'-дипиридил
diars	$(\text{CH}_3)_2\text{AsC}_6\text{H}_4\text{As}(\text{CH}_3)_2$	о-Фениленбис(диметиларсин)
dien	$\text{NH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_2$	Диэтилентриамин
diphos	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_2 \end{array}$	1,2-Этиленбис(дифенилфосфин)
en	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	Этилендиамин
phen		1,10-Фенантролин
pn	$\text{H}_2\text{NCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{NH}_2$	Пропилendiамин, 1,2-диаминопропан
py	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	Пиридин
tren	$\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_3$	2,2',2''-(Триамино)триэтиламин
trien	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 \end{array}$	Триэтилентетраамин
ur	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Карбамид (мочевина)

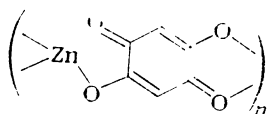
Комплексы с цепным строением. Известно большое число комплексов, содержащих полимерные цепи из атомов или их групп; для обозначения их принадлежности к этому типу соединений используют специальную приставку *катена-* (*catena-*). Эта приставка через дефис и букву μ (мю) ставится впереди соответствующего названия, например:



катена-(μ -хлоро)дихлорокупрат(II) цезия [caesium *catena-(μ -chloro)-dichlorocuprate(II)*]



катена-ди(μ -хлоро)палладий [*catena-di-(μ -chloro)-palladium*]



— *катена-{ μ -[2,5-дноксидо-*p*-бензохинон(2-)-O,O':O'',O''']цинк*
[*catena-{ μ -[2,5-dioxido-*p*-benzoquinone(2-)-O,O':O'',O''']-zinc*]

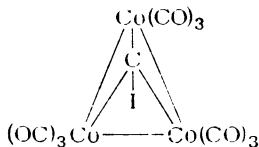
Двухъядерные и многоядерные соединения. Для названия симметричных многоядерных соединений, не содержащих мостиковых групп, используют умножающие приставки бис-, трис- и т. д., например:

[Br₄Re—ReBr₄]²⁻ — бис(тетраброморенат) (2—) [bis(tetrabromorhenate) (2—)]
бис{тетраброморенат(III)} [bis{tetrabromorhenate(III)}]

В несимметричных структурах центральный атом, идущий первым в табл. 2.3, рассматривают как основу названия, а остальные атомы — как его заместители, например:

[(C₆H₅)₃AsAu.Mn(CO)₅] — пентакарбонил{(трифениларсин) аурио)марганец
[pentacarbonyl{(triphenylarsine)aurio)manganese]

Если в многоядерных соединениях имеются мостиковые группы, связь металл — металл указывается в конце названия, например:



— *μ_3 -подометиллидин-цикло-трис(трикарбонилкобальт) (3Co—Co) **
[*μ_3 -iodomenthylidyne-cyclo-tris(tricarbonylco-balt) (3Co—Co)*]

[Os₃(CO)₁₂] — *цикло-трис(тетракарбонилосмий) (3Os—Os) ***
[*cyclo-tris(tetracarbonylosmium (3Os—Os)*]

* Префикс *треугольно-* вместо *цикло-* можно использовать в соответствии с правилами, указанными в следующем разделе

** Приведенная авторами формула не раскрывает строения соединения, и ей отвечает название додекакарбонилтрисмий. — *Прим. ред.*

Другое название для последнего соединения дано в следующем разделе.

Гомеоатомные агрегаты (кластеры). Геометрическая форма таких соединений указывается в их названиях префиксами*: *треугольно-, квадро-, тетраэдро-, октаэдро-, додекаэдро-* (английские *triangulo-, quadro-, tetrahedro-, octahedro-, dodecahedro-*) и т. д.

Примеры**:

$[\text{Os}_3(\text{CO})_{12}]$ — додекакарбонил-*треугольно*-триосмий
[dodecacarbonyl-*triangulo*-triosmium]

$[\text{B}_4\text{Cl}_4]$ — тетрахлоро-*тетраэдро*-тетрабор
[tetrachloro-*tetrahedro*-tetraboron]

$[\text{Mo}_6\text{Cl}_8\text{Cl}_6]^{2-}$ — окта- (μ_3 -хлоро) гексахлоро-*октаэдро*-гексамолибдат (2—)-ион

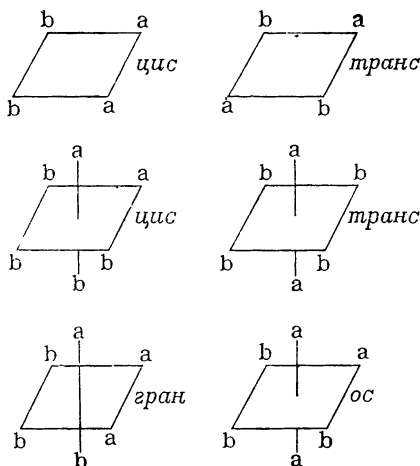
[octa- (μ_3 -chloro) hexachloro-*octahedro*-hexamolybdate (2—)-ion]

— окта (μ_3 -хлоро) гексахлоро-*октаэдро*-гексамолибдат (II)-ион
[octa (μ_3 -chloro) hexachloro-*octahedro*-hexamolybdate (II)-ion]

Вероятно, по мере накопления сведений о геометрическом строении большего числа комплексов правила будут совершенствоваться и упрощаться.

Изомерия комплексных соединений

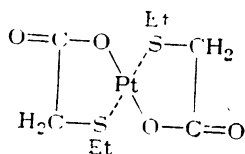
Для обозначения геометрического расположения лигандов в комплексах используют специальные приставки. Приставки *цис-* и *транс-* указывают расположение лигандов в комплексах с координационным числом 4 (квадратно-плоскостная конфигурация) и 6 (октаэдрическая конфигурация); для этих же комплексов (координационное число 6) используют также приставки *гран-* (*fac-*) — граневой и *ос-* (*mer-*) — осевой:



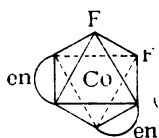
* От названий соответствующих геометрических форм (см ниже, Приложение 2).

** В приведенных примерах формулы дают меньше информации, чем названия (которые указывают на строение комплексов). — *Прим. ред.*

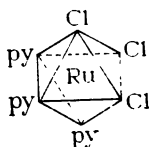
Примеры:



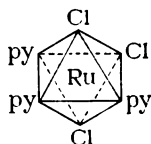
— *транс*-бис(этилтио)ацетато-О,S)платина
[*trans*-bis(ethylthio)acetato-O,S]platinum]



— катион *цис*-дифторобис(этилендиамин) кобальта (1+)
[*cis*-bis(ethylenediamine)difluorocobalt(1+)
ion]
катион *цис*-дифторо-бис(этилендиамин) кобальта (III)
[*cis*-bis(ethylenediamine)difluorocobalt(III)
ion]



— *гран*-трис(пиридин)трихлорорутений
[*fac*-trichloro-tris(pyridine) ruthenium]



— *ос*-трихлоротрис(пиридин)рутений
[*mer*-trichloro-tris(pyridine) ruthenium]

В названиях многих изомеров необходимо указывать положение лигандов относительно центрального атома. Выбор метода для обозначения положения лиганда по Правилам IUPAC основывается на детально разработанном принципе размещения плоскостей, в которых находятся лиганды, перпендикулярно главным осям комплекса. Для октаэдрических комплексов альтернативным методом является метод Кана — Ингольда — Прелога, описанный в работе [8], но он не получил одобрения комиссии IUPAC по неорганической номенклатуре. Однако в Chemical Abstracts для названия одноядерных комплексов используется система обозначений, основанная на правилах Кана — Ингольда — Прелога.

Абсолютная конфигурация комплексов. В цитированной выше работе Кана — Ингольда — Прелога [8] предлагается метод, который может быть использован для указания в названии соединений абсолютной конфигурации тетраэдрических и октаэдрических комплексов с помощью символов-указателей конфигурации (*R*), (*S*) или (*P*), (*M*). Для шестикоординационных комплексов с тремя или двумя бидентатными лигандами IUPAC рекомендуется для обозначения конфигурации использовать прописные греческие буквы Δ и Λ , а для обозначения конформаций — строчные буквы δ и λ .

ДРУГИЕ ТИПЫ СОЕДИНЕНИЙ

Изополианионы

В простых случаях в сокращенных названиях достаточно использовать способы Штока или Эвенса — Бассетта, например:

$K_2S_2O_7$ — дисульфат калия (potassium disulfate)

$Ca_3Mo_7O_{24}$ — гептамолибдат (VI) трикальция
[tricalcium heptamolybdate(VI)]

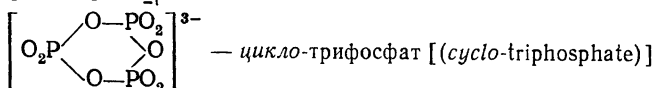
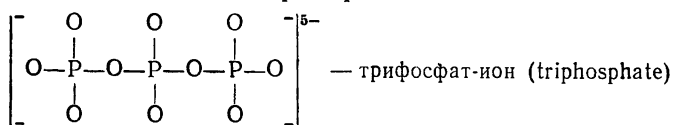
$P_2H_2O_5^{2-}$ — пентаоксидигидрофосфат (III)
[dihydrogendiphosphate(III)]

но: $[O_2HP-O-PO_2]^{2-}$ — (μ-оксо) бис{диоксогидрофосфат (III)}*

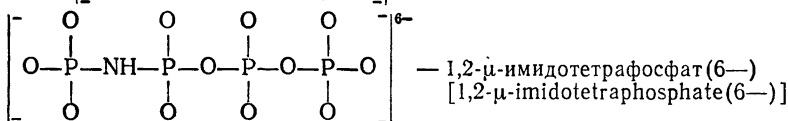
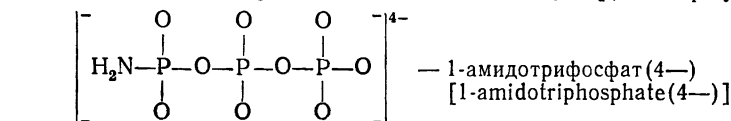
$P_2H_2O_6^{2-}$ — гексаоксидигидрофосфат (2—)
[dihydrogendiphosphate(III,V)(2—)]

но: $[O_2HP-O-PO_2(OH)]^{2-}$ — (μ-оксо) {гидроксидиоксофосфат (V)}{диоксогидрофосфат (III)}*

Приставки *цикло-*, *катена-* и *μ-* также используются, когда это необходимо, например:



$[O(PO_3)_n]^{(n+2)-}$ — катена-полифосфат [(catena-polyphosphate)]



Гетерополианионы

При составлении названий линейных гетерополианионов центральной считают ту конечную группу, название которой стоит раньше в алфавитном порядке латинских названий, остальные группы считают лигандами**. Если конечные группы равноценны, выбор названия группы, которое дается первым в названии аниона, выполняется по алфавиту вторых с конца групп и т. д.

$[O_3S-O-PO_3]^{3-}$ — фосфатосульфат (3—)

[phosphatosulfate(3—)]

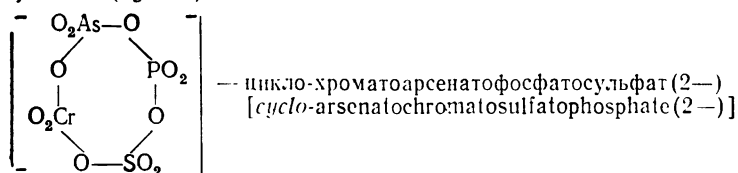
$[O_3P-O-AsO_2-O-CrO_3]^{4-}$ — хроматоарсенатофосфат (4—)

[(chromatoarsenato)phosphate(4—)]

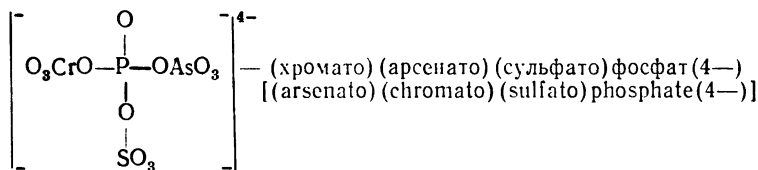
* Систематического названия авторы не приводят. — *Прим. ред.*

** В русских названиях центральной считают группу, элемент которой стоит последним в табл. 2.3. — *Прим. ред.*

Названия циклических гетерополианионов имеют приставку **цикло-** (*cyclo-*):

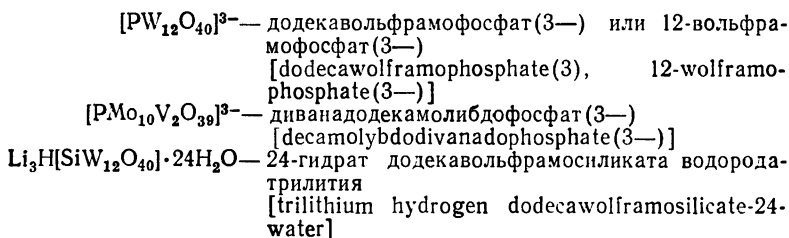


Если в полианионе имеется центральный атом, то он и определяет название аниона:



Скобки используются для отделения лигандов, связанных с центральным атомом.

Названия конденсированных гетерополианионов определяются названием центрального атома, а остальные атомы называются приставками по следующей форме: вольфрамо- (*wolframo-*, или *tungsto-*), молибдо- (*molybdo-*), и т. д., например:

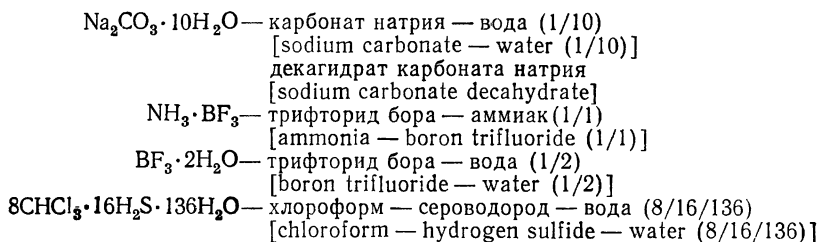


Продукты присоединения (аддукты)

Названия молекулярных соединений, сольватов и клатратов по Правилам IUPAC строятся следующим образом: названия составных частей разделяются тире, а мольные отношения указываются арабскими цифрами через косую черту, заключаются в скобки и ставятся в конце названия. Вода (как таковая) и соединения бора всегда называются после всех других*. Названия других молекул записываются в порядке возрастания их числа; те названия, для которых число молекул оказывается равным, записываются в алфавитном порядке латинских назва-

* Слово гидрат в русской номенклатуре идет первым. — *Прим. ред.*

ний*. В формуле молекулярного соединения между обозначениями молекул посередине ставится точка, например:



Нестехиометрические кристаллы [кристаллические фазы переменного состава]

В правилах IUPAC 1970 г. подробно рассмотрены названия нестехиометрических кристаллов, приводятся правила для обозначения фаз переменного состава (бертоллидов), вакансий и межузловых дефектов в кристаллах, включая дефекты по Шоттки и дефекты по Френкелю, а также материалов с дефектами на поверхности и материалов, легированных примесями. Символ □ употребляется для обозначения многих из этих систем.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Числовые и умножающие приставки

Приставка	Назначение
Моно (mono), ди (di), три (tri**), тетра (tetra), пента (penta), гекса (hexa), гепта (hepta), окта (okta), нона (nona), дека (deca), ундека (undeca), додека (dodeca)	Для указания числа атомов или их групп. Пишутся слитно, дефисами не отделяются*
Бис (bis**), трис (tris), тетракис (tetrakis), пентакис (pentakis) и т. д.	Для указания числа групп атомов. Пишутся слитно, дефисами не отделяются

* Для русской номенклатуры — в соответствии с табл. 2.3. — *Прим. ред.*

** Эти приставки также часто используются со словами валентный (valent) и дентатный (dentate). Правила IUPAC в этом случае рекомендуют применять латинские приставки, например: univalent, bivalent, trivalent, quadrivalent, quinquevalent, sexivalent, multivalent (но не polyvalent); аналогично строятся термины со словом dentate. (В русской терминологии со словом валентный используют русские числительные: одновалентный, двухвалентный, трехвалентный и т. д., многовалентный.) — *Прим. ред.*

Приставки для обозначения строения

Пишутся курсивом и отделяются от последующей части названия дефисом.

Приставка	Значение
<i>антипризмо-</i> (<i>antiprismo-</i>)	Геометрическая форма из восьми атомов, расположенных в вершинах прямоугольной антипризмы
<i>асим-</i> (<i>asym-</i>)	Асимметричное строение
<i>гексапризмо-</i> (<i>hexaprismo-</i>)	Геометрическая форма из двенадцати атомов, расположенных в вершинах гексагональной призмы
<i>гексаэдро-</i> (<i>hexahedro-</i>)	Геометрическая форма из восьми атомов, расположенных в вершинах куба
<i>гран-</i> (<i>fac-</i>)	Пространственный изомер, в котором одинаковые лиганды расположены на одной грани октаэдра
<i>додекаэдро-</i> (<i>dodecahedro-</i>)	Геометрическая форма из восьми атомов, расположенных в вершинах додекаэдра с треугольными гранями
<i>икосаэдро-</i> (<i>icosahedro-</i>)	Геометрическая форма из двенадцати атомов, расположенных в вершинах треугольного икосаэдра
<i>катена-</i> (<i>catena-</i>)	Цепное строение, включая линейные полимеры
<i>квадро-</i> (<i>quadro-</i>)	Геометрическая форма из четырех атомов, расположенных в углах квадрата
<i>клозо-</i> (<i>closo-</i>)	Замкнутое на себя (клеточное) строение в виде многогранников с треугольными гранями (главным образом, в соединениях бора)
<i>нидо-</i> (<i>nido-</i>)	Не замкнутое (гнездообразное) строение (в частности, для соединений бора), для отличия от клозо-строения
<i>октаэдро-</i> (<i>octahedro-</i>)	Геометрическая форма из шести атомов, расположенных в вершинах октаэдра
<i>ос-</i> (<i>mer-</i>)	Октаэдрический изомер, в котором один из трех лигандов занимает <i>цис</i> -позицию по отношению к двум другим, находящимся в <i>транс</i> -положениях по отношению друг к другу
<i>пентапризмо-</i> (<i>pentaprismo-</i>)	Геометрическая форма из десяти атомов, расположенных в вершинах пентагональной призмы
<i>сим-</i> (<i>sim-</i>)	Симметричное строение
<i>тетраэдро-</i> (<i>tetrahedro-</i>)	Геометрическая форма из четырех атомов, расположенных в вершинах тетраэдра
<i>транс-</i> (<i>trans-</i>)	Пространственный изомер, в котором лиганды находятся в аксиальных положениях (по разные стороны от центрального атома)
<i>треугольно-</i> (<i>triangulo-</i>)	Геометрическая форма из трех атомов, занимающих углы треугольника
<i>трипризмо-</i> (<i>triprismo-</i>)	Геометрическая форма из шести атомов, расположенных в вершинах треугольной призмы

Приставка	Значение
<i>цикло-</i> (<i>cyclo-</i>) <i>цис-</i> (<i>cis-</i>)	Циклическое строение* Пространственный изомер, в котором одинаковые лиганды занимают смежные положения
η - (эта, или гапто) (<i>eta</i> , или <i>hapto</i>)	Два (или более) смежных атома одного лиганда образуют π -связь с центральным атомом в комплексе
μ - (мю) (<i>mu</i>)	Лиганд, являющийся мостиковым между двумя (или более) центральными атомами
σ - (сигма) (<i>sigma</i>)	Атом, образующий σ -связь с центральным атомом в комплексе

* Приставка *цикло-* (*cyclo-*) в неорганической химии используется для указания характера строения и поэтому пишется курсивом. В номенклатуре органических соединений приставка *цикло-* часто является частью самого названия (например, циклогексан) и курсивом не пишется.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Chem. Soc., 1940, p. 1404.
 2. IUPAC Compt. Rend., 17th Conf., 1953, p. 98—119.
 3. IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry; Rules, 1957. London, Butterworths, 1959.
 4. IUPAC Compt. Rend., 23rd Conf., 1965, p. 181—187.
 5. IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry. 2nd Ed. Definitive Rules, 1970. London, Butterworths, 1971; Pure Appl. Chem., 1971, v. 28 p. 1.
 6. Fernelius W. C. How Is Name an Inorganic Substance. Oxford, Pergamon Press, 1977.
 7. IUPAC Information Bulletin, 1977, Appendix № 55.
 8. Cahn R. S., Ingold sir C., Prelog V. — Angew. Chem, Internat. Ed., 1966, Bd. 5, S. 385, 511.
 9. Brown M. F., Cook B. R., Sloan T. E. — Inorg. Chem., 1975, v. 14, p. 1273.
- На русском языке опубликованы:
1. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. Том I, полутом I. Москва, ВИНТИ, 1979.
 2. Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л., Цветков А. А. Основы номенклатуры неорганических веществ. М., Химия, 1983.

ГЛАВА 3

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Номенклатурные правила, опубликованные Международным союзом чистой и прикладной химии IUPAC, приняты в большинстве стран и, таким образом, являются международно признанными как химиками-органиками, так и неорганиками*.

* Ранние попытки разработать согласованные правила органической номенклатуры описаны Феркаде [1] в серии работ, содержащих много малоизвестных или неопубликованных материалов.

Секция А, В и С правил органической номенклатуры IUPAC 1969 г. [2], которые заменяют опубликованные ранее [3], охватывают большую часть органической химии, но с трудом применимы к некоторым специальным областям. Номенклатура органических производных фосфора, мышьяка, сурьмы, висмута, органометаллических соединений, координационных комплексов (см. также с. 33 и 46) опубликована в 1978 г. лишь в виде временных правил [4], изданных совместно комиссиями по номенклатуре органической и неорганической химии. Этому посвящена гл. 9. Ряд областей, представляющих большой интерес как для биохимии, так и для органической химии, рассмотрен совместно Комиссиями IUPAC и IUB (IUB — Международный союз биохимии) и выработаны некоторые ценные предписания (см. гл. 8).

Часто пытающийся изучать номенклатуру, читая эти правила, находит их сложными, произвольными и неопределенными в силу возможности различного толкования. Эта затруднительная ситуация возникла вследствие желания IUPAC (равно как и всех химиков) сохранить как можно больше все еще применяемых привычных названий. Многие такие привычные названия являются очень старыми: например, кислоты и их производные были названы по дуалистическому принципу, памятного химикам старых времен, а амины часто называют по принципам теории типов, разработанной в середине девятнадцатого столетия. Кроме того, химики неохотно отказываются от множества сокращенных обозначений (названий). Добавьте к этому многие тысячи чисто тривиальных наименований (частично старых, частично новых), тогда полностью логичная, легко понимаемая номенклатура, совместимая с компьютерной техникой, представится особенно желанной целью. Однако даже если бы это было осуществимо, такое совершенно новое начинание встретит, в лучшем случае, лишь постепенное признание химиков, привыкших к общепринятой терминологии. Таким образом, хотя будущее представляется более радужным, современная номенклатура IUPAC заслуживает изучения, невзирая на ее недостатки, по крайней мере потому, что ее основные положения в значительной мере используются в указателях реферативных журналов РЖ Химия, Chemical Abstracts (CA). Учитывая это, в дальнейшем изложении мы стремились не слишком много останавливаться на изложении формальных правил, но сосредоточить внимание на рассмотрении наиболее существенных принципов, принимая во внимание, как и где может быть найдена информация о наиболее трудном для понимания материале.

Chemical Abstracts опубликовал материалы, посвященные названиям органических соединений, специально предназначенные для читателей, пользующихся указателем химических соединений. Издание 1972 г. [5] заменяет и существенно видоизменяет более раннее издание [6], с тем чтобы в дальнейшем, по

крайней мере до 1982 г., оно существенно не изменялось*. Основное английское руководство по органической номенклатуре, опубликованное под редакцией Флетчера, Дермера и Фокса [7], придает особое значение принципам и систематизации; оно содержит меньше альтернатив, нежели разрешено правилами IUPAC, но более детализировано, нежели данная книга. Для нужд начинающих изучение вопроса имеется ряд меньших руководств [8], а также книга для преподавателей [9], в которой строго соблюдены систематические правила IUPAC как для органической, так и для неорганической химии.

Прежде чем приступить к изложению самих принципов номенклатуры, мы считаем целесообразным вначале определить некоторые технические термины и соглашения, используемые при включении химических названий в публикации.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ

Систематические названия

Названия, полностью составленные из слов, специально созданных или выбранных для описания структурных особенностей соединения, например: гексан, тиазол.

Тривиальные названия

Названия, ни одна часть которых не используется в систематическом смысле, например: ксантофилл, фуран.

Полусистематические-полутривиальные названия

Названия, в которых лишь некоторые части применяются в систематическом смысле, например: метан, бутан, кальциферол. В органической химии большинство названий относится к этому типу; многие химики о них часто говорят как просто о «тривиальных», но это неточно и неправильно.

Родоначальные названия

Мы можем представить бензол как химический родоначальник нитробензола, так как последний получается из первого. Соответственно бензол является родоначальным названием для нитробензола, так как название второго производится из названия первого по определенным правилам. Однако родоначальные названия не всегда указывают на химическое родство: этан вряд ли является химическим родоначальником этанола, хотя этан и образует родоначальную структуру для названия по-

* В 1977 и в 1982 гг. в «Index quide» к указателям СА номенклатура воспроизведена практически без изменений. — *Прим. ред.*

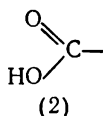
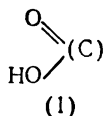
следнего. Часто возникают родословные цепи, например: гексан — 3-метилгексан — 3-(хлорметил)гексан, или сложные родословные — бензантрацен, происходящий от бензола и антрацена. Существенно еще раз подчеркнуть, что родоначальное название может быть как систематическим (например, гексан), так и тривиальным (например, фуран) или полутривиальным (например, метан).

Группы, или радикалы

Во многих соединениях часто встречаются нейтральные группы атомов, связанных тем или иным образом между собой, например: CH_3 , CH_2 , OH , NO_2 , CO , COOH и др. В номенклатурном языке такие группы обычно называют радикалами (см. с. 22). Как отмечалось выше (см. с. 22), в номенклатурных работах при обозначении свободных радикалов обычно неизменно подчеркивают, что это «свободные» радикалы.

Функции, функциональные группы

В английскую химическую номенклатуру термины «функция» и «функциональная группа» вошли при переводе французского текста правил IUPAC 1930 г. (*fonction, fonctionnel*) без какого-либо пояснения. Функциональной группой является группа атомов, определяющая «функцию», или характер активности соединения. Так, свойства спиртов определяются функциональной группой OH . В данном случае функциональная группа, гидроксил, является химической группой того же названия. Кетоны обязаны своими свойствами атому кислорода, связанному с атомом углерода двойной связью. В данном случае кетонной функцией является $\text{O}=\text{C}$ (без углерода), и это не то же самое, что карбонильная группа $\text{O}=\text{C}<$. Аналогично, карбоксильная функция изображается формулой (1), а карбоксильная группа — формулой (2). В химической литературе понятия «функ-



ция», «группа» и «радикал» часто используются как синонимы, однако на самом деле они не взаимозаменяемы. Обычно термины группа, или радикал более точно отвечают смыслу. Отметим, что в справочнике Бейльштейна подразделение заместителей на «функциональные» и «нефункциональные» не соответствует такому определению. Например, нитрогруппа, несомненно определяющая характер активности нитробензола, в справочнике Бейльштейна рассматривается как нефункциональная.

Главная (старшая) группа

Этим термином обычно обозначают функциональную группу, название которой отмечается в суффиксе, или же, если в соединении содержатся функциональные группы различного характера, то ту из них, которую следует назвать в суффиксе. Для названия «главная» имеются два основных соображения. Первое из них заключается в том, что такая группа точно указывает на принадлежность соединения к определенному химическому классу и на те свойства, которые у него можно ожидать. Второе соображение состоит в том, что выбранный суффикс предопределяет выбор родоначального соединения и нумерации. Выбор суффиксов подчиняется определенным правилам, описанным в последующих разделах книги. Здесь же следует отметить, что эти правила не вполне логичны — так, некоторые функциональные группы никогда не называются в суффиксе; ненасыщенность выражается особым образом.

Использование термина «главная (старшая) группа» для группы, обозначаемой суффиксом, дает возможность должным образом использовать термины «функция» и «функциональная группа» и избегать часто встречающихся ошибок.

Локант

Это полезное слово обозначает цифру и/или букву, указывающие на положение того или иного атома или группы в молекуле.

СПОСОБЫ ЗАПИСИ НАЗВАНИЙ

Способы записи названий химических соединений причиняют много хлопот ученым, так как не всегда выявляются в разговорной речи. Кроме того, они варьируют в разных странах, а подчас и в разных журналах одной и той же страны. Отчасти это делается из лингвистических соображений, отчасти отражает личные вкусы авторов. Некоторые подобные различия химики легко преодолевают, другие различия требуют серьезного изучения. Например, очень существенно знать различие между написанием 1,2,5,6- и 1,2 : 5,6, а также помнить, что в большинстве предметных указателей префиксы, набранные курсивом, не учитываются при расстановке названий в алфавитном порядке, и таким образом изобутиламин следует искать под буквой *I*, а *втор-бутиламин* — под буквой *B*.

Особенно озорчательными являются некоторые разночтения между номенклатурами СА и Британского химического общества. В первых трех изданиях этой книги применялись британские правила, а в четвертом и настоящем — пятом — американские. Это связано с тем, что последние приняты в компьютерной (ЭВМ) технике службы химической информации Соединенного

Королевства (United Kingdom Chemical Information Service, UKCIS) и другими организациями, а также потому, что американские публикации наиболее многочисленны. Различия между этими двумя национальными тенденциями будут отмечаться в соответствующих местах.

Цифры

Цифры являются локантами, когда они указывают положение заместителя или связи в структуре молекулы. Две или более цифры, отделенные запятыми, указывают на положение двух или более одинаковых заместителей, например: 1,2,4,5-тетрабромциклогексан. Если имеется несколько заместителей, каждый из которых занимает два (или подчас более) положения в молекуле, то пары (тройки и т. д.) цифр разделяются двоеточиями, как в названии 1,2:5,6-ди-*O*-изопропилиденглюцит. После запятых или двоеточий пробела не делается. Одиночные цифры или их наборы соединяются с последующими или предшествующими частями названия с помощью дефисов. В немногочисленных специальных случаях наряду с цифрами локантами служат и буквы; тогда они следуют непосредственно за цифрами, между ними и дефисом или запятой, например: 3 α - или (7b)-.

В названиях бицикло-, трициклосоединений (см. с. 108) и ряда спиросоединений (см. с. 110) цифры разделяются точками, опять-таки без интервалов. Однако эти цифры не являются локантами.

Цифры-локанты располагаются в возрастающем порядке. Не меченая штрихом цифра считается младше такой же меченой штрихом, которая, в свою очередь, считается младше меченой двумя штрихами. Однако меньшая меченая цифра считается младшей по сравнению с большей немеченой. Примером может служить следующая последовательность: 2,2,2',3,3',3'',4. В особых случаях, например в названиях бицикло- или спиросоединений, делается исключение из этого порядка расположения цифр.

Локанты помещаются в названии вещества как можно раньше, если это не может вызвать недоразумения. Простыми примерами могут служить названия 2-хлорогексан, 3-метил-2-хлорогексан или 2,3-дихлорогексан.

Американская практика распространяет эти правила на локанты суффиксов, как это видно на примерах названий: 2-гексанол, 2,3-гександиол, 2-фенантренкарбоновая кислота и 2-гексен. Однако это применимо лишь для одного типа подобных окончаний. Если же их больше, то локант, указывающий на положение первого, помещается перед названием вещества, а последующие предшествуют своим суффиксам, например: 2-гексен-4-ин, 3-гексен-5-ин-2-ол.

Английская традиция помещает локанты непосредственно перед суффиксами, например: гекс-2-ен или гекс-3-ен-5-ин-2-ол. Однако большинству химиков в других странах это не нравится, так как неизбежно сильно разбивает слово при устном произношении*.

Имеются также случаи, когда локанты суффиксов не могут быть перемещены влево, например когда другой локант на основании специального правила должен занять это место. Таковы, например, названия 5 α -холестан-3-он, 2Н-пиран-3-ол или бицикло[3,3,0]окт-2-ен.

После всего сказанного выше следует отметить, что в неанглоязычных странах применяются совершенно другие правила расстановки локантов и пунктуации (см. с. 71 сл.)**.

Буквенные локанты

Так же широко распространены однобуквенные локанты, часто это набираемые курсивом символы элементов. Для идентичных групп такие локанты располагаются в алфавитном порядке, вне зависимости от того, является ли буква прописной или строчной. Буквы латинского алфавита предшествуют буквам греческого алфавита. Как и цифры, буквы могут быть помечены штрихами, и тогда они располагаются по тем же правилам старшинства (см. с. 65). Иногда встречаются и такие смешанные случаи, как *N, α , 2*-триметил.

Обычные обозначения положений заместителей в бензоле — *о*-(орто), *м*-(мета) и *п*-(пара) были отвергнуты в СА, предпочитаясь цифровые обозначения, например: 1,4-дихлоробензол.

Числовые префиксы

Обычно применяемые в органической химии числовые (множительные) префиксы приведены в табл. 3.1. Для всех сложных выражений СА применяет умножающие префиксы бис-, трис-, тетракис- и т. д. Чаще всего их используют в названиях соединений со сложными радикалами, например: бис(диметиламино), трис(2-хлорэтил) и др. Это распространено и на те случаи, когда применение скобок вносит ясность в название, как в случае бис(диазо), трис(гидрофталат) и трис(метилен). Последний случай позволяет избежать путаницы с триметиленом, имеющим строение —CH₂CH₂CH₂—.

* Из текста книги видно, что английская и американская практика различаются. В отечественной номенклатуре, как уже указывалось, локанты располагают *перед* префиксами и после суффиксов, например: гексен-2-ин-4, гексен-3-ин-5-ол-2. — *Прим. ред.*

** Во всех случаях, когда речь не идет специально об англо-американской или другой зарубежной номенклатуре, в переводе в дальнейшем названия будут даны в той форме, которая принята в нашей стране. — *Прим. ред.*

Таблица 3.1. Числовые префиксы,
обычно применяемые в органической химии

Умножающий фактор	Префикс	Умножающий фактор	Префикс	Умножающий фактор	Префикс
1	моно	11	ундека	30	триаконта
2	ди	12	додека	31	гентриаконта
3	три	13	тридека	32	дотриаконта
4	тетра	20	эйкоза	40	тетраконта
5	пента	21	генэйкоза		
6	гекса	22	докоза	100	гекта
7	гепта	23	трикоза		
8	окта	24	тетракоза	132	дотриаконта-
9	нона				гекта
10	дека				

* Для неорганической химии IUPAC рекомендует написание икоса.

Практика английской номенклатуры более свободна. Так, умножающие префиксы бис- (и аналогичные) применяются, когда следующий слог также умножающий, как, например, в случае бис-2,2,2-трихлорэтила. Применение скобок не считается обязательным. В то же время допускается в равной мере написание со скобками — ди(2-хлорэтил).

Можно указать и еще на одно отличие. Англичане ставят дефис между префиксом и скобкой, как, например, в случае трис-(2-хлорэтил), американцы же считают дефис излишним, если за префиксом стоит скобка; согласно их традиции следует писать трис(2-хлорэтил)*.

Скобки круглые, квадратные и др.

Как уже отмечалось, во избежание возможных ошибок СА использует круглые скобки () для отделения наименования радикала от основного соединения, например: 2-(бромометил), (фенилазо), 2-(2-тиенил) и др. Во многих сложных случаях добавляются квадратные скобки [], например: 2-[1-(диэтиламино)этил]бензойная кислота или 9-[2-(дихлорометокси)этил]фенантрен. Английские правила применения скобок менее строгие, и в зависимости от химического смысла применяются либо круглые скобки, либо также и фигурные { }. При возможности разночтений американская практика также основывается на соображениях химического смысла. Например, CH_3PHCl называется метилхлорофосфином, в то время как $\text{PH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ — (хлорометил)фосфином; другой пример — глюкозо-6-(дигидрофосфат). Сокращенные названия, такие, как метоксн, в скобки не заклю-

* В отечественной практике также целесообразно следовать более простой и экономной американской форме записи, т. е. исходить из общего принципа. Если имеется один раздельный знак, нет необходимости ставить рядом с ним второй. — Прим. ред.

чаются, в то время как несокращенные, например гептилокси и др., заключаются. Иногда выделение лигандов также осуществляется с помощью круглых скобок, например: бром(метил)ртуть CH_3HgBr .

В последующем тексте будут указаны многие другие специальные случаи применения знаков включения.

Курсив

Так как слоги, напечатанные курсивом, не учитываются в алфавитном порядке расположения наименований соединений в указателях, использование курсива особо отмечается в последующем тексте. Почти всегда назначение курсива состоит просто в обеспечении того, что соответствующее название будет помещено в наиболее подходящем месте, где группируются изомеры и родственные соединения. Это главное, отсутствие же различий в устной речи не имеет значения.

В редких случаях, когда префикс, обозначенный курсивом, стоит в начале абзаца или после точки, он пишется строчными буквами, а следующая за дефисом буква пишется прописной, например: *м*-Ксилол или *транс*-Бутен-2. Даже в том случае, когда курсивный префикс напечатан прописной буквой, он все равно не служит основной буквой, означающей начало названия соединения, например: *N*-Метилацетамид.

Пропуск гласных букв

Подробные указания, касающиеся пропуска или сохранения гласных букв, приведены в правилах IUPAC [2, pp. 83—84].

[* Многие примеры, приводимые далее в данном месте текста английского издания, имеют смысл лишь для английского языка, и поэтому при переводе опущены. Для русской практики названия важно упомянуть лишь об опускании второй гласной буквы в названии по системе Ганча-Видмана. Например: оксазол, но не оксаазол. — Прим. ред.*].

Добавление гласных букв

Между частями названия, кончающимися и начинающимися согласными буквами (в частности, буквой «h» в английском алфавите), для благозвучия обычно вставляется буква «о». Например: ацетогидроксамавая кислота, но не ацетгидроксамавая кислота.

Формулы

В простых группах первым пишется центральный атом, например: CH_3 , CH_2 , NO_2 , $\text{N}(\text{CH}_3)_2$, $\text{NH}(\text{CH}_3)$ и т. д.; CH_3CH_2 может быть сокращен до C_2H_5 , аналогично могут быть сокращены

и гомологичные нормальные алкилы. Если простая группа стоит слева в формуле, то порядок атомов в ней может быть изменен так, чтобы была ясна связь между атомами, как в случаях $\text{O}_2\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$ или $\text{ON}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$.

В английских журналах следующие друг за другом группы в линейных формулах часто разделяют точками, помещенными в середине строки, например: $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH}$. Однако часто считают, что такими точками следует обозначать только свободные радикалы или продукты присоединения. В американской номенклатурной практике для изображения линейных соединений такие «английские» точки (посредине строки) никогда не применяются; для обозначения наличия связи между атомами используются дефис или линии посредин строки, как в формуле $\text{O}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$.

Круглые скобки применяются в линейных формулах в трех случаях. Во-первых, в них заключают одинаковые группы, идентично связанные с соседним атомом, как в случае $(\text{CH}_3)_2\text{CHC}(\text{CH}_3)_3$. Во-вторых, в скобки заключают цепи последовательно соединенных одинаковых групп, как в случае $\text{Cl}(\text{CH}_2)_4\text{CHO}$. И наконец, в третьих, скобки могут означать, что заключенная в них группа не включена в цепь, а является боковой группой или разветвлением в данной цепи, например: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ или $\text{Cl}_2\text{P}(\text{O})\text{CH}_3$. СА заключает в скобки все боковые группы в линейных формулах, например: $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$ или $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_3$, однако даже и без скобок вряд ли кто-либо поймет эти формулы ошибочно.

Некоторые символы групп (условные обозначения групп атомов), очень часто встречающиеся как в английских, так и

Таблица 3.2. Символы некоторых простых органических замещающих групп

Формула	Символика		
	принятая в США	принятая в Англии	принятая в СССР*
CH_3-	Me	Me	Me
CH_3CH_2-	Et	Et	Et
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Pr	Pr ^a	n-Pr
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-$	i-Pr	Pr ⁱ	изо-Pr
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	Bu	Bu ^a	n-Bu
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-$	sec-Bu	Bu ^s	втор-Bu
$(\text{CH}_3)_3\text{C}-$	t-Bu	Bu ^t	трет-Bu
$\text{CH}_3\text{C}(\text{O})-$	Ac	Ac	Ac
C_6H_5-	Ph	Ph	Ph
$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})-$	PhCO или Bz	Bz	PhCO

* Добавления редактора.

в американских публикациях, подчас несколько варьируемые, приведены в табл. 3.2. Отметим, что в ранг правила IUPAC эта символика, однако, не возведена.

Неразветвленные алкильные группы называют без символа «*n*», например, гептил, но формулы должны писаться с этим символом, а именно: *n*-C₇H₁₅, а не просто C₇H₁₅, ибо последняя представляет общую формулу многих изомеров.

Некоторые символы используются очень широко. Главным из них является R, обычно обозначающий углеводородный радикал, преимущественно одновалентный (см. примечание к табл. 2.12). Если имеется много различных радикалов, то их следует снабжать штрихами R, R', R''... или цифрами R¹, R², R³, но не R₁, R₂, R₃..., что означает наличие одного, двух или трех одинаковых радикалов. Для обозначения арильной группы часто применяется символ Ar, хотя он и аналогичен атомному символу аргона; для групп, отличных от R, применяют символ X.

В ряде специальных номенклатур, в частности используемых в биохимии и химии координационных соединений, для краткости применяют специальные символы, а также акронимы. Так, для обозначения широко применяемых органических растворителей используют сокращения: тетрагидрофуран — THF, диметилсульфоксид — DMSO и др. Было бы очень целесообразно, чтобы для лучшего взаимопонимания публиковались списки сокращений и ряда других символов, применяемых авторами в своих текстах.

Старая проблема изображения формулы бензола в правилах IUPAC, CA и большей части английской литературы решается в пользу формул (3) и (4). Однако в американских учебниках и журналах нередко используют формулы (5) и (6).



(3)



(4)



(5)



(6)

Разделение химических названий дефисами

В американской практике разделение химических терминов дефисами применяется значительно реже, нежели в английской. В первой родовые наименования бифункциональных соединений, если они являются простыми словами, пишутся отдельно без дефиса (см. с. 75). Так, по американской практике пишут *chloro alcohol*, *amino acid*, но тем не менее *bromoalkanols*, *aminoalkanoic acids* (для последнего случая не следует писать *aminocarboxylic acids*). В английской практике в такие наименования обычно включают дефисы, например: *chloro-alcohol*, *oxo-steroid*, равно как и в случаях, когда название состоит из двух частей, из которых первая оканчивается произносимой гласной буквой, например: *amino-derivate*, *thia-compounds*, *met-*

hoxy-group (но вместе с тем methyl substituent и др.). В английской практике дефис применяют в химическом названии также для разделения двух одинаковых букв, например: tetra-acetate, methyl-lithium, а также для облегчения чтения таких слов, как co-ordination, по-ionized. В американской практике ни в одном из этих случаев дефис не ставится.

[* В русской номенклатуре во всех приведенных примерах названия записывают слитно, за исключением: аминоалкановая кислота, метильный заместитель. — *Прим. ред.**].

СПЕЦИФИКА ДРУГИХ ЯЗЫКОВ

В общем, химические термины гораздо легче переводить с иностранных языков, нежели прочий текст, так как эти термины на разных языках всегда имеют некоторое сходство с той или другой не слишком устаревшей системой наименований, применяемой в Англии или США. Имеются хорошо известные соединения, названия которых представляют исключения из приведенного выше, несколько смягченного утверждения. Примерами здесь могут служить обычные металлы и газы, а также некоторые органические соединения, такие, как уксусная и муравьиная кислоты. Большинство затруднений связано со сходством названий, за которыми скрывается различный смысл. Приведенные ниже примеры могут оказаться полезными для разрешения подобных затруднений.

Основным источником ошибок при переводе с немецкого языка является то, что за небольшими исключениями буква «-е», заканчивающая слово, является признаком множественного числа данного слова (в английском языке эту функцию выполняет буква «-s»). Можно привести следующие примеры:

Английское наименование

aniline
nitroanilines
phenol
phenols
thiazole
thiazoles

Немецкое наименование

Anilin
Nitroaniline
Phenol
Phenole
Thiazol
Thiazole

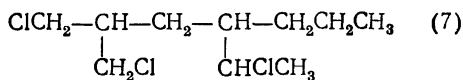
Таким образом, в немецком языке невозможно отличить основные окончания «-ine» от неспецифических «-in» (tannin, protein, anthocyanidin, vitamin и др.) и спиртовые или фенольные «-ol» от «-ole», обозначающие также гетероароматичность в пятичленных кольцах*. В итоге, при недостаточно внимательном чтении значение немецкого терминального «-е» может быть не понято.

* То же относится и к названиям химических соединений в русском языке — *Прим. ред.*

Склонность немецкого языка к построению сложных слов составленных из многих существительных, проявляется также и в усложнении химической номенклатуры. Например, для понимания такого термина, как «Acetessigsauereethylesterdinitrophenylhydrazon», следует серьезно задуматься и расчленить его на составные части. Еще более трудно разобраться в немецком наименовании, где оказывается больше дефисов, чем в английском, например: «Chloro-bromo-phenylnaphtalin», или, наоборот, где их меньше, как в случае «Chloro-und Bromonaphtaline». По-видимому, здесь следует специально отметить, что на немецком языке (как и на русском) простые ароматические углеводороды называют «бензол», «толуол» и «ксилол», что до недавнего времени удерживалось и в англо-американской технологии.

В целом, влияние номенклатуры Бейльштейна-Штельцнера на немецкую химическую литературу еще весьма значительно, хотя номенклатура IUPAC в силу большей простоты (скорее в силу меньшей сложности!) постепенно внедряется все шире, что связано также с большим числом публикаций «Chemical Abstracts Service» по вопросам номенклатуры.

Применительно к французскому языку проблема конечной буквы «-е» имеет иное значение, а именно — фонетическое. Окончания «-in» и «-ape» (в английском языке) для безазотных циклов (см. с. 118, табл. 5.6) переводятся на французский язык как «-inne» и «-appe». Однако наибольшей трудностью во французской номенклатуре для человека, читающего и думающего по-английски, является то, что цифровые и буквенные локанты помещаются после наименования структурных единиц и отделяются пробелами от последующих структурных единиц. Таким образом, название разделяется на много слов. Например, соединение (7) по-французски называют Chloro-1 (chloro-1 éthyl)-4 chlorométhyl-2 heptan.



Это относится также к образованию названий солей и сложных эфиров, например: «acetate de sodium» или «malonate de diéthyle».

Лозак [10] опубликовал отлично изложенную французскую номенклатуру органических соединений, воспроизведя последние правила IUPAC (с незначительными модификациями). Там приведены также краткое историческое введение и очень ценные комментарии к отдельным разделам и правилам. Это значительно более отработанный материал по данному вопросу, нежели приведенный в настоящей книге.

Вариант правил IUPAC на немецком языке был опубликован в виде отдельных разделов книги со сменяемыми частями

(страницами) [11]. Холланд [12] написал на немецком языке учебник по номенклатуре органических соединений, где изложил как принципы номенклатуры IUPAC, так и другие, старые и новые варианты номенклатур; в нем приведено 916 литературных ссылок.

Русская химическая литература в настоящее время представляет меньше трудностей для иностранцев, нежели раньше, так как многие русские книги и журналы публикуются в английском переводе. Однако читатель должен иметь в виду, что в русской номенклатуре, которая часто ориентируется больше на Бейльштейна, чем на правила IUPAC, представляется много свободы привычкам авторов. Эти особенности представляют наибольшие затруднения при ознакомлении с многочисленными работами русских ученых в области, например, фосфорорганических соединений.

[* Подробный текст номенклатурных правил IUPAC по органической химии от 1969 г. издан параллельно на английском и на русском (перевод) языках в 2-х томах [13]. К сожалению, в этой публикации не проведена адаптация правил к русскому языку. — *Прим. ред.**].

Что касается других стран, в частности Скандинавских, Японии, Голландии и Бельгии, то в них неуклонно возрастает тенденция к публикации работ на английском языке в традициях CA и IUPAC.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Verkade P. E.*, Bull. Soc. Chim. France, 1807 (1966); 4009 (1967); 1358 (1968); 3877, 4297 (1969), 2739 (1970); 1634, 4299 (1971); 1961 (1973); 555, 1119, 2029 (1975), 1445 (1976); 457 (1977); 13 (1978).
2. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry, Definitive Rules for: Section A. Hydrocarbons; Section B. Fundamental Heterocyclic Systems; Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen, Halogen, Sulfur, Selenium and/or Tellurium, 1969. A, B 3rd Ed.; C 2nd Ed., Butterworths, London (1971); издано также: Pergamon Press, Oxford.
3. См. cc 2. Sections A and B., 1st Ed., 1958, 2nd Ed., 1966, Section C, 1st Ed., 1965 [опубликовано также: Pure Appl. Chem., 11, 1 (1965)].
4. IUPAC Information Bulletin, Appendix № 31 (1973).
5. Chemical Abstracts, Index Guide to Volume 76, p. 211—1011 (1972); Ninth Collective Index, Vols. 76—85 (1972—1976), Index Guide, paragraphs 101—212.
6. Chemical Abstracts, Subject Index — Introduction, 56, 11N—98N (1962); 66, 11—401 (1967).
7. *Fletcher J. H., Dermer O. C. and Fox R. B. eds.*, Nomenclature of Organic Compounds: Principles and Practice (Advances in Chemistry Series No. 126), American Chemical Society, Washington, D. C. (1974).
8. *Tinley E. H.*, Naming Organic Compounds: A Guide to the Nomenclature Used in Organic Chemistry, Alchemist Publications, London (1962), 48 pp.; *Runquist O. A.*, Programmed Review of Organic Chemistry: Nomenclature, Burgess Publishing Co., Minneapolis (1965), 85 pp.; *Banks J. E.* Naming Organic Compounds, 2nd Ed., Saunders, Philadelphia (1976), 309 pp.; (Бейкс Дж. Названия органических соединений. М.: Химия, 1980, 302 с); *Traynham J. G.*, Organic Nomenclature: A Programmed Introduction, Pren-

- tice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. (1966), 129 pp.; *Johnson C. R.*, Organic Nomenclature, Worth Publishers, New York (1976), 130 pp.
9. The Association for science Education. Chemical Nomenclature, Symbols and Terminology, College Lane, Hatfield, Herts. (1972), 66 pp.
Учреждение, ответственное за школьные экзамены в Англии, теперь рекомендовало использовать номенклатуру в той форме, как она описана в данной книге. Таким образом, выпускникам школ все в большей степени будут привычны названия этапол, а не этиловый спирт; бутандиовая кислота, а не янтарная кислота. В 1979 г. ожидается новое издание этих правил.
10. *Lozac'h N.*, La Nomenclature en Chimie Organique, Masson et Cie., Paris (1967) (Vol. 6 of Collection de Monographies de Chimie Organique, Compléments au Traité de Chimie Organique, under the direction of A. Kirmann, M.-M. Janot, and G. Ourisson).
11. Deutschen Zentrallausschusses für Chemie, Internationale Regeln für die chemische Nomenklatur und Terminologie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).
12. *Holland W.* Die Nomenklature in der organischen Chemie, 2nd Ed., Verlag H. Deutsch, Zürich (1973).
13. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. Т. 1, 2. ВИНТИ. М., 1979.

ГЛАВА 4

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ПРИНЦИПЫ

ТИПЫ НОМЕНКЛАТУР

Существует принципиальное различие между тривиальными и систематическими названиями соединений: тривиальные названия относятся к веществам, систематические — к структурам, т. е. к структурным формулам. Тривиальные названия не зависят от структуры; они могут быть созданы (и часто так оно и бывает на самом деле) до установления структуры, а когда структура становится известной, такое название охватывает все динамические вариации, обусловленные таутомерией, и т. д. Поскольку систематическое название выведено из формулы вещества, оно не может быть приложимо к его таутомеру (хотя обычно название применяют ко всей совокупности мыслимых граничных структур). Из примерно четырех миллионов ныне известных органических соединений многие тысячи имеют тривиальные или полутривиальные названия. Каждое из них не является вполне логичным, и требуется немалое напряжение памяти, чтобы вспомнить соответствующую структуру.

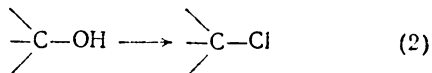
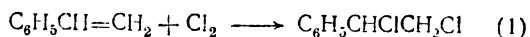
Конечно, каждый может запомнить лишь малую часть этих названий, но они неизбежно бытуют, отчасти в силу привычки, отчасти в силу того, что систематические названия (в частности, для макромолекул, таких как пептиды или нуклеиновые кислоты) крайне громоздки и неудобны для применения. Было бы очень полезно избегать появления новых тривиальных названий, если в этом нет крайней необходимости, а в простых случаях заменять старые тривиальные названия на систематические.

В полутривиальном названии, согласно определению, имеется частичное указание на структуру вещества (например, название этанол свидетельствует о спиртовой природе вещества). Важно, чтобы такие названия составлялись правильно, например, чтобы фенолы с кислотными свойствами не назывались кислотами (такие названия, как карболовая и крезоловая кислоты, вышли из употребления, в то время как название «пикриновая кислота» может служить примером еще встречающегося архаизма). Модификация тривиальных названий для описания производных должна делаться в соответствии с правилами систематической номенклатуры.

В силу способности атомов углерода к образованию ковалентно связанных цепей и циклов, в том числе и с включением гетероатомов (т. е. атомов иных, нежели углерод), строение органических соединений существенно отличается от строения большинства неорганических соединений. Поэтому в основе органической и неорганической номенклатур лежат совершенно различные принципы. Номенклатура органических соединений развивалась медленно и постепенно; в результате в настоящее время в ней можно различить не менее девяти принципов и несколько специальных положений. Последние будут рассмотрены в дальнейшем в соответствующих местах. Основные же принципы характеризуются тем, что в большинстве случаев они в равной степени применимы как к тривиальным, полутривиальным, так и к систематическим названиям.

(1) Основным принципом является замещение, т. е. замена атома водорода другим атомом или группой. Например, замена водорода на хлор (хлорирование), на нитрогруппу (нитрование), на метильную группу (метилирование) — даже в тех случаях, когда такие замещения не отражают реальных путей синтеза.

Однако необходимы некоторые ограничения. Например, хлорирование означает замену H на Cl; этот термин не должен применяться к реакции присоединения, такой как по схеме (1),



или для замены, например, по схеме (2). Очевидным исключением служит реакция гидрирования.

Замещение описывается введением суффикса (этан, этанол) или префикса (бензол, хлоробензол), потеря атома водорода не учитывается.

(2) По заместительной номенклатуре структуре $2\text{-C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ дают название нафтил-2-этанол, указывающее на замещение водорода в этаноле нафтильным радикалом. Однако это название неудачно для использования в указателе; родоначальной частью в нем является этанол, и после инверсии

в указателе будет значиться: Этанол, нафтил-2. Между тем удобнее это соединение индексировать по большей его части — нафталину: это может быть достигнуто помещением рядом двух названий — нафталина и этанола с цифровым локантом в качестве префикса. Это дает название 2-нафталинэтанол, что позволяет поместить его (без инверсии) в указателе под буквой Н. Однако при этом написании подразумевается, что в данном случае теряются два атома водорода, в то время как при составлении наименования по заместительной номенклатуре теряется лишь один атом водорода. Этот второй тип номенклатуры называется «соединительным»; другие детали, относящиеся к этому типу, будут приведены на с. 89—91.

(3) То, что при поверхностном взгляде кажется смешением заместительной и соединительной номенклатур, является общепринятой практикой использования префиксов для двухвалентных групп, таких как окси ($-\text{O}-$), карбонильной ($>\text{C}=\text{O}$) и тио ($-\text{S}-$). Предположим, что мы хотим трактовать группу CH_3OOC — как заместитель: мы помещаем сперва наименование «метокси» перед двухвалентным радикалом «карбонил» и получаем «метоксикарбонил» ($\text{CH}_3\text{O}-\text{CO}-$), причем в данном случае потери атома водорода не происходит. Затем мы можем ввести эту группу в качестве заместителя в родоначалное вещество, например в глицин ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$), что будет сопровождаться обычной потерей одного атома водорода, и таким образом мы получим *N*-(метоксикарбонил)глицин $\text{CH}_3\text{OOCNHCH}_2\text{COOH}$.

(4) Для некоторых классов соединений допускаются старые названия, указывающие на их функцию, например: этиловый спирт, диэтиловый эфир, метилэтилкетон, уксусная кислота. Приверженец систематической номенклатуры предпочел бы, чтобы эти названия исчезли (за исключением кислот), поскольку имеются названия, более соответствующие современной номенклатуре. Однако старые названия очень живучи, что, по-видимому, кроме всего прочего, объясняется тем, что химики интересуются главным образом функциональными особенностями соединений, т. е. проявлением их химической активности. Согласно IUPAC, подобная номенклатура называется радикалофункциональной, так как функциональному названию класса (спирт, кетон и др.) предшествует наименование радикала (этил, уксусная и др.).

(5) В заместительной номенклатуре, называемой также «а»-номенклатурой, атом углерода в соединении «А» заменяют гетероатомом, что приводит к образованию вещества «Б». Такой подход упрощает название и узнавание веществ. В этом случае в названии вещества «Б» используют префикс, обозначающий присутствие (название) гетероатома. Такой префикс оканчивается на букву «а». Так, пиридин может быть назван азабензолом. Обычно этот способ наименования гетероциклов применяется, когда родоначалное соединение «А» имеет удобное

тривиальное название. Распространение этого типа номенклатуры на алифатические соединения описано IUPAC [1a] и CA [2] несколько различным образом, но применение ограничено относительно сложных соединений во избежание возникновения непривычных и ненужных выражений, таких как 3-оксапентан для диэтилового эфира $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OSCH}_2\text{CH}_3$. Авторы, у которых возникает необходимость называть алифатическую цепь, содержащую много гетероатомов, по «а»-номенклатуре, должны предварительно ознакомиться с указанными отсылками.

(6) Лишь немногие реакции присоединения сохранились как основа для образования названий соединений, например: стиролоксид. Действительно, это одно из немногих аддитивных названий, которое допустимо в силу большей простоты по сравнению с систематическими названиями 1,2-эпоксиэтилбензол и 2-фенилоксиран. Такое название, как эргостериндибромид, также полезно как тривиальное, указывающее на родоначалное соединение, и кроме того, и на стереохимию соединения. В целом же аддитивной номенклатуры следует избегать: она не является частью современной номенклатуры*. Конечно, имеется и исключение: термин «гидро» для присоединения водорода!

Другой тип аддитивной номенклатуры применяется в случаях, когда объект названия повышает свою валентность, например пиридин образует пиридиноксид.

(7) Отщепление атомов отмечается в названиях лишь в редких случаях. Наиболее важными примерами являются суффиксы «ен» и «ин», применяемые для обозначения наличия двойной или тройной углерод-углеродной связи, возникающих в результате потери соответственно одной или двух пар атомов водорода. Реже такая потеря обозначается префиксом «дидегидро» (отщепление двух атомов водорода) или греческой буквой Δ . Другими префиксами, указывающими на отщепление, являются «ангидро» (отщепление воды) «нор» (потеря CH_2 -группы), «де» (CA) или «дез» (IUPAC/IUB) (потеря любой группы, например: де-*N*-метил).

(8) Многие циклические структуры имеют тривиальные наименования. В сложных случаях название строится путем соединения названий более простых частей соединения по методу, описанному в гл. 5. Для названия таких соединений имеются также специальные системы, в которых особые слоги характеризуют тип циклической системы.

(9) Некоторые химические изменения могут быть описаны с помощью специальных терминов, например: «-лактон», «секо-», «-озид».

Ни один из описанных методов (принципов наименования) не может сам по себе всесторонне охватить все аспекты химии;

* В последнем своем утверждении авторы не совсем правы: среди других альтернатив в правилах IUPAC фигурируют и аддитивные названия. — *Прим. ред.*

некоторые из них альтернативны, например (1)/(2), (1)/(4) и (2)/(4), а некоторые имеют строго ограниченное применение. Наиболее общепринятой является простая заместительная номенклатура.

Уже здесь, по-видимому, уместно предупредить, что наименования кислот и их производных (см. с. 131—135), альдегидов (см. с. 139) и аминов (см. с. 145—147) полностью не укладываются в рассмотренные выше принципы наименования.

ПОДХОД К СОСТАВЛЕНИЮ НАЗВАНИЯ

Как приступить к составлению названия соединения, структура которого известна, имея столь большой выбор подходов и правил? Иногда химический смысл текста таков, что исследователя можно извинить за нарушение им номенклатурных правил. Однако отвлечемся на время от этих редких казуистических случаев и займемся рассмотрением классических методов и, в первую очередь, заместительной номенклатурой. Могло бы показаться, что в начале следует выбрать легче всего выявляемый фрагмент — циклическую структуру или длинную цепь. Однако это неправильно. Первое, что следует сделать, это выбрать все имеющиеся в соединении замещающие группы: OH , NH_2 , COOH , SO_3H , OCH_3 , COOC_2H_5 и др. Затем, пользуясь табл. 4.2 (см. с. 81), выбрать из них старшую (главную, в некотором смысле определяющую) группу. Очень существенно отдавать себе отчет в том, что обращение к табл. 4.2 для выбора главной группы не зависит от того, каким типом номенклатуры решено воспользоваться в данном случае. Эта, и только эта, группа указывается в суффиксе, а все остальные помещаются в виде префиксов. Главная группа лежит в основе всего названия и нумерации, и поэтому она должна быть выбрана прежде всего. Это иллюстрируют два следующих простых примера: соединение $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$ следует называть нафтилбензойной кислотой, а не (карбоксифенил) нафталином, в то время как соединение $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_{10}\text{H}_6\text{COOH}$ следует называть фенилнафтойной кислотой. $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ называют 2-аминоэтанолом, но не 2-гидроксиэтиламином, так как OH -группа старше, чем NH_2 -группа.

Что касается остального названия, то оно строится на базе этой (определяющей) группы. Возможностей таких построений очень много, и они столь разнообразны, что приводимое ниже их рассмотрение может сбить с толку, но прочтя его медленно и вдумчиво, читатель убедится в том, что оно не лишено смысла.

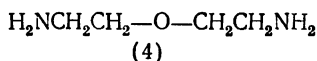
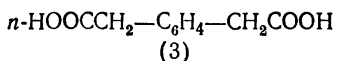
(1) Предположим, что имеется лишь один тип главной замещающей группы и что она присоединена к алифатической цепи. Если, кроме того, в соединении имеется лишь одна группа данного типа, то выбираем наиболее ненасыщенную цепь, к которой

эта группа присоединена*. Если имеется несколько групп одного типа, т. е. более чем одна главная группа, присоединенная к алифатической цепи, то выбирают неразветвленную цепь, содержащую наибольшее число таких групп. Если имеются две таких цепи, то предпочтение отдается более ненасыщенной, затем более длинной, как и в предыдущем случае. Затем цепь нумеруют с учетом ненасыщенности и замещения, при этом наименьший возможный номер (или номера) получает атом (или атомы) углерода, несущий главную группу (или группы), как это будет показано в дальнейшем. Наконец, называют цепь, добавляя суффикс для главной функциональной группы (или групп), называя другие заместители в префиксах, вводя их в алфавитном порядке, и таким образом получают полное название. В дальнейшем будут рассмотрены более сложные случаи.

(2) Предположим, что главная функциональная группа присоединена к циклу. Называют циклическую систему, как это будет объяснено ниже, нумеруют ее, приписывая наименьший из возможных номеров гетероатому, затем углеродным атомам, несущим «обозначенные» атомы водорода (см. с. 104), если они имеются, затем атомам, связанным с главной группой, и наконец, атомам, которые связаны с другими атомами и группами, названия которых должны быть включены в название соединения в префиксах.

(3) Если главная функциональная группа присоединена к цепи, а та, в свою очередь, присоединена к циклу, то цикл можно трактовать как радикал, замещающий цепь, или использовать соединительную номенклатуру (см. с. 89).

(4) Для соединений с симметричной структурой типа $X-Y-X$ применим вариант описанных выше процедур, если звенья X содержат одинаковые главные группы, указываемые в суффиксах. В качестве примера можно привести формулы (3) и (4).



Принцип заключается в указании групп X с префиксом «ди» и помещении их перед названием двухвалентной группы Y (например, фенилен или окси в приведенных выше примерах). Более подробно этот метод будет рассмотрен на с. 95.

В каждом из описанных случаев (1)—(4) имеется лишь немного стадий, и придерживаясь правильной последовательности, можно получить верный ответ. Даже несмотря на то, что наши указания упрощены и часто встречаются значительно более сложные случаи, можно лишь удивляться, до чего же большое число соединений, встречающихся в обычной практике органической химии, можно правильно называть, пользуясь этими

* Для выбора родоначального названия СА теперь предпочитает наиболее длинную цепь, до рассмотрения вопроса о ненасыщенности.

указаниями. Конечно, легче сказать «назовите цикл», чем сделать это, так как при этом часто встречаются сложные проблемы. На последующих страницах уточняются и разъясняются приведенные выше приемы составления названий и обсуждается ряд проблем, но для этого надо вновь начать все последовательно.

ГЛАВНАЯ ГРУППА

Вновь возвращаясь к задаче составления названия, следует начать с того, о чем уже говорилось: прежде всего следует выбрать главную группу, т. е. определить ту группу, которая должна быть названа в суффиксе.

Однако в первую очередь, следует отметить, что в соединении может вовсе не быть главной группы. Это возможно, если соединение является незамещенным углеводородом или гетероциклом или все его заместители относятся к таким группам, которые должны указываться только в префиксах. Сложный вопрос составления названий углеводородов и гетероциклов требует специального рассмотрения (см. гл. 5). Сперва же разберемся с вопросом о группах.

Что касается групп, которые не принято называть в качестве суффиксов, то их в заместительной номенклатуре значительно меньше, чем в более старой радикало-функциональной номенклатуре, а так как первая применяется значительно чаще, более существенна и современна, мы и начнем с нее.

Главные группы в заместительной номенклатуре

В табл. 4.1 приведены группы и их названия, которые в заместительной номенклатуре обычно указываются только в префиксах.

В табл. 4.2 приведено сгруппированное по классам большое число групп, которые могут называться в суффиксе. Какая-то из них, находясь в химическом соединении одна или в сочетании с группами из табл. 4.1, должна называться в суффиксе заместительного названия или выступить в качестве функционального наименования класса при использовании радикало-функциональной номенклатуры (см. последующие разделы). Примерами могут здесь служить названия: гексановая кислота, пентаналь, аценафтенкарбоновая-3 кислота, 1-хлорбутанол-2 и 4-метоксициклогексанон.

Если в молекуле присутствуют две или более одинаковые группы, рассматриваемые как главные, то это указывается умножающим префиксом: ди-, три- и т. д., например: гександиол-2,3, 4-метоксициклогександиол-1,3, пентантрикарбоновая-1,3,5 кислота.

Часто соединение содержит более одной из указанных в табл. 4.2 групп, и поскольку согласно правилу, только одна группа упоминается в суффиксе названия (остальные в префик-

Таблица 4.1. Некоторые группы, указываемые в заместительной номенклатуре только в префиксах.

Группа	Префикс	Группа	Префикс
—Br	бромо-	=N ₂	диазо-
—Cl	хлоро-	—N ₃	азидо-
—ClO	хлорозил-	—NO	нитрозо-
—ClO ₂	хлорил-	—NO ₂	нитро-
—F	фторо-	—N(O)OH	аци-нитро-
—I	иодо-	—OR	R-окси-
—IO	иодозил-	—SR	R-тио-
—IO ₂	иодил- (вместо иодокси)	(аналогично R-селено- и R-телу- ро-)	
—I(OH) ₂	дигидроксидо-		
—IX ₂	X может быть галогеном или радикалом, тогда наименование префикса дигалогеноиодо- и т. д. или (в случае радикала, пример) диацетоксинодо-		R — углеводород- ный или гетероцик- лический замести- тель

Таблица 4.2. Важнейшие классы соединений, расположенные в порядке падения старшинства групп, используемых в качестве главной группы

1. Ошневые или аналогичные катионы
2. Кислоты в следующем порядке: RCO₂H, затем последовательно их S- и Se-производные, далее сульфоновые, сульфинового кислоты и др.
3. Производные кислот в следующем порядке: ангидриды, сложные эфиры, ацилгалогениды, азиды, гидразиды, имиды, амидины и др
4. Нитрилы (цианиды), затем изоцианиды
5. Альдегиды, затем последовательно их S- и Se-аналоги, затем их производные
6. Кетоны, их аналоги и производные в той же последовательности, что и для альдегидов
7. Спирты, затем фенолы, затем S- и Se-аналоги спиртов, затем сложные эфиры спиртов с неорганическими кислотами, затем аналогичные производные фенолов в той же последовательности
8. Амины, затем нитины, гидразины и др.

* За исключением сложных эфиров галогеноводородных кислот (см. табл. 4.1)

се), то приоритет старшинства групп определяется порядком, приведенным в табл. 4.2. Этот порядок на первый взгляд представляется произвольным, однако он основывается на проведенном много лет назад СА статистическом исследовании порядка, в котором большинство химиков располагали классы изучаемых ими соединений, когда официальных рекомендаций по этому поводу еще не существовало.

Само собой разумеется, что названия приведенных в этом списке заместителей, присутствующих в рассматриваемом соединении, но не избранных в качестве главной группы, помещаются

Таблица 4.3. Заместительная номенклатура. Принятые IUPAC обозначения в префиксах и суффиксах важнейших групп

Классы	Формула ^(а)	Обозначение в префиксе ^(б)	Обозначение в суффиксе ^(в)
Катион		-онно- -онша-	-онпум —
Карбоксил	—COOH	карбокси-	-карбоновая кислота -овая кислота
Сульфоновая кислота	—(C)(=O), OH —SO ₃ H	— сульфо-	— -сульфоновая кислота
Соли	—COOM —(C)(=O), OM	— —	металл ... карб-оксилат металл ... оат
Сложные эфиры	—COOR —(C)(=O), OR	R-оксикарбонил- —	R ... карбоксилат R ... оат
Ацилгалогениды	—CONal	галоформил- —	-карбонилгало- логенид -онлгалогенид -карбоксамид
Амиды	—CO—NH ₂ —(C)(=O), NH ₂	карбамоил- —	— -амид
Амидины	—C(=NH)—NH ₂ —(C)(=NH), NH ₂	амидино- —	-карбоксамидин -амидин
Нитрилы	—C≡N —(C)≡N	циано- —	-карбонитрил -нитрил
Альдегиды	—CHO —(C)H(=O)	формил- оксо-	-карбальдегид -аль
Кетоны	>(C)=O	оксо-	-он
Спирты	—OH	гидрокси-	-ол
Фенолы	—OH	гидрокси-	—
Тиолы	—SH	меркапто-	-тиол
Гидропероксиды	—O—OH	гидроперокси-	—
Амины	—NH ₂	амино-	-амин
Имины	=NH	имино-	-имин
Эфиры	—OR	R-окси-	—
Сульфиды	—SR	R-тио-	—
Пероксиды	—O—OR	R-диокси-	—

(а) Заключенный в скобки атом углерода входит в название родоначального соединения, но не в префикс или суффикс.

(б) Недавно СА заменил наименования галоформил-, карбамоил- и амидино- на галокарбонил-, аминокарбонил- и аминонминокарбонил- соответственно.

(в) Недавно СА заменил наименования -карбоксамидин, -амидин и -карбальдегид на -карбоксимидамид, -имидамид и -карбоксальдегид соответственно.

Таблица 4.4. Некоторые названия функциональных классов, применяемые в радикало-функциональной номенклатуре. Приведены в порядке падения старшинства

X в производных кислот RCO—X, RSO ₂ —X и т. д.	Название X в следующем порядке: гидроксид, фторид, хлорид, бромид, иодид, цианид, азид и т. д., затем их S- и далее Se-аналоги
—CN, —NC	Нитрилы (цианиды), изоцианиды
>CO	Кетоны, затем их S- и далее Se-аналоги
—OH	Спирты, затем их S- и далее Se-аналоги
—O—OH	Гидропероксиды
>O	Эфиры или оксиды
>S, >SO, >SO ₂	Сульфиды, сульфоксиды, сульфоны
>Se, >SeO, >SeO ₂	Селениды, селеноксиды, селеноны
—F, —Cl, —Br, —I	Фториды, хлориды, бромиды, иодиды
—N ₃	Азиды

в префиксах. В табл. 4.3 указаны названия важнейших из этих групп, употребляемые как в качестве суффиксов, так и в виде префиксов. Простыми примерами могут служить названия: 2-аминопэтанол, о-аминофенол, 2-оксоциклопентанкарбоновая кислота и 4-фторо-3-этоксibenзамид.

Табл. 4.3, взятая из правил IUPAC, в графе «Обозначение в суффиксе» в случае кислот и некоторых их производных содержит два варианта названий (см. об этом с. 131—135). Четыре прочерка в этой графе в конце таблицы означают, что данные группы при заместительной номенклатуре употребляются в названиях только в виде префиксов.

Главные группы в радикало-функциональной номенклатуре

В радикало-функциональных названиях последняя часть указывает функцию, а другие — в радикальной форме — особенности строения молекулы. В табл. 4.4 приведены наиболее часто встречающиеся классы соединений в порядке падения их старшинства (на случай, если в соединении имеется более одной функциональной группы). Примерами могут служить названия: этиловый спирт, этилхлорид*, фенилазид* и диметилсульфоксид*.

Заместители, не упомянутые среди функциональных классов, в заместительной номенклатуре называются в префиксе (см. табл. 4.3). Например: *n*-бромобензолцианид.

* В англо-американской практике эти названия записываются в два слова: ethyl chloride, phenyl azide dimethyl sulfoxide. — *Прим. ред.*

Если функция представлена двухвалентной группой или атомом (например, $-\text{O}-$ или $>\text{CO}$), то присоединенные к ней две различные группы записываются в алфавитном порядке. Если же обе группы одинаковы, то их названию предшествует умножающий префикс «ди-». Примерами могут служить названия: бензилфениловый эфир, диэтиловый эфир, бензилнафтил-1-сульфид и диэтилсульфоксид.

Читатель, по-видимому, уже заметил, что названия «карбоновые кислоты» или «-овые кислоты»*, в сущности, отвечают радикало-функциональной номенклатуре, так как характеризуют функцию, а предшествующие слова характеризуют радикалы в качестве прилагательных. Причина того, что кислоты включены в заместительную номенклатуру, заключается в приписываемом им необычайно высоком старшинстве при помещении их в суффиксе. Вероятно, здесь уместно также заметить, что органические кислоты не принято называть именами вроде ацетат водорода по аналогии с тем, как это практикуется в неорганической химии, например: хлорид водорода или тетрахлораурат водорода.

Само собой разумеется, что табл. 4.2—4.4 не претендуют на исчерпывающую полноту, они содержат такие неопределенные выражения, как «их производные», или «и так далее». Многообразие органической химии с неизбежностью диктует введение таких произвольных порядков определения старшинства. Большая точность потребовала бы использования алфавитного порядка или каких-либо форм компьютерной логики. Тем не менее просто удивительно, как редко на практике при составлении названий требуются более точные разграничения.

[* Пожалуй, не менее удивительно то, что Р. С. Кан — один из авторов *R,S*-системы обозначений оптических антиподов, не упоминает в данном контексте о «правиле последовательности», которое позволяет на основе атомных номеров определять однозначно порядок старшинства группировок любой сложности (!)

Старшинство по правилу последовательности избавило бы таблицы 4.2—4.4 от всех «неопределенных выражений», создало бы единый, простой подход к выбору главной функции, порядка нумерации и решению многих других вопросов. Чтобы избежать коренной ломки привычных названий, следовало бы при этом в правиле последовательности сделать одно исключение: кислород считать самым старшим элементом. См. об этом [3] — *Прим. ред.**].

АЛФАВИТНЫЙ ПОРЯДОК

Уже неоднократно указывалось, что префиксы вводятся в название соединения в алфавитном порядке. Сейчас это положение следует уточнить. Однако сперва следует разграничить

* Различия между этими названиями поясняются в гл. 6. — *Прим. ред.*

два типа префиксов. Те, которые являются интегральной частью родоначального названия соединения, например: цикло-, изо-, окса-, бензо- и др., называют неотделяемыми. Те же, которые обозначают замещение, могут быть отделены от родоначального названия и помещаются после него при написании названия в инвертированной форме для индексации (указателей); такие префиксы называют отделяемыми. Например: Бензол, хлоро-; Бутанол-1, 3-метил-. Правила IUPAC разрешают такие префиксы, как гидро- или указывающие на присоединение или образование гетеромостика (например, эпокси-) рассматривать либо как неотделяемые, либо как отделяемые. Однако СА, в котором требуется строгое единообразие, трактует префиксы «эпокси-» и «эпитно-» как неотделяемые, а «гидро-» и другие префиксы, указывающие на присоединение, — как отделяемые.

Отделяемые префиксы располагаются в алфавитном порядке, при котором умножающие префиксы не учитываются. Сперва названия атомов и групп располагают в алфавитном порядке, а затем вставляют умножающие префиксы и локанты. Естественно, что при этом на разных языках возможны различия, как показывают приводимые ниже примеры:

<i>o</i> -бромохлоробензол	<i>o</i> -bromochlorobenzene
3-метил-4-этилдекан	4-ethyl-3-methyldecane
3,3-диметил-1,1,1-трихлоропентан	1,1,1-trichloro-3,3-dimethylpentane

Сложные радикалы образуют единый префикс, который включается в алфавитный порядок по первой букве наименования. Например:

1-(диметиламино)-4-(метиламино)-3-этилнафтольная-2 кислота;
1,5-бис(диметиламино)-4-хлоро-3-этилнафтольная-2 кислота

В случае идентичных префиксов с разными цифровыми локантами первым ставится префикс с младшим локантом. Например:

1-(2-этил-3-метилфенил)-8-(2-этил-4-метилфенил)нафталин

Как отмечалось выше (см. с. 84), если в радикало-функциональном названии присутствуют два различных радикала, то они тоже пишутся в алфавитном порядке. Например:

метилэтилкетон;
бутилэтиловый эфир

Курсивы в алфавитном порядке не учитываются, например:

3-(*транс*-бутен-2-ил)-3-метилфенол

НУМЕРАЦИЯ

Принцип нумерации, применяемый для соединений и радикалов, одинаков, с единственным исключением, а именно: в соединениях наименьший номер дается главной (функциональ-

ной) группе (или группам); в радикалах он придается атому со «свободной» валентностью (валентностями), а все замещающие группы перечисляются в префиксах.

В номенклатуре понятие «наименьший локант» имеет специальный смысл. Если сравнить два или более возможных вариантов нумерации, составленных в восходящем порядке цифр, то «младшим» будет считаться тот, который в первом различающемся месте имеет меньший локант. Так, порядок локантов 1, 1, 7, 8 младше, чем 1, 2, 3, 4 [см., например, ниже, соединения (14) и (16)]*.

Правила IUPAC в этом вопросе рекомендуют для алифатических соединений приписывать наименьшие номера следующим элементам структуры, используя приводимые ниже признаки последовательно до тех пор, пока не будет достигнуто окончательное решение:

- (1) главные группы;
- (2) суммарная ненасыщенность (т. е. сумма двойных и тройных связей);
- (3) двойные связи;
- (4) тройные связи;
- (5) атомы или группы, указываемые в префиксах;
- (6) префиксы в порядке перечисления (по алфавиту)

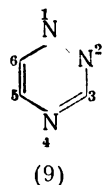
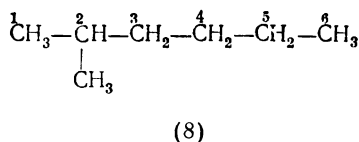
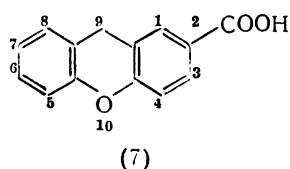
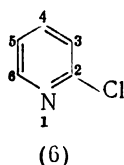
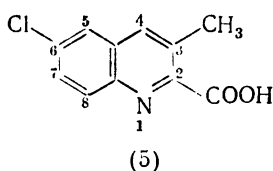
Для циклических систем предписывается нумерация (подробно рассматриваемая в гл. 5), которая подчас оставляет очень мало возможностей или совсем их не оставляет при выборе нумерации заместителей. Однако в тех случаях, когда выбор возможен, младшие номера даются в следующей последовательности:

- (1) «обозначенный» атом водорода (см. с. 104, 150—152);
- (2) главная группа;
- (3) кратная связь в соединениях, название которых показывает частичное гидрирование (циклоалкены, пиразолины и им подобные);
- (4) группа, обозначаемая префиксом;
- (5) группа, обозначаемая первым по алфавиту префиксом.

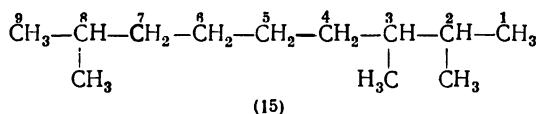
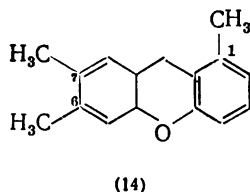
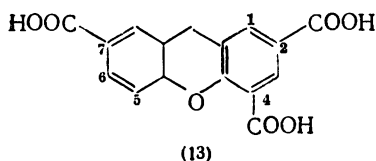
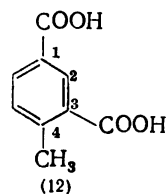
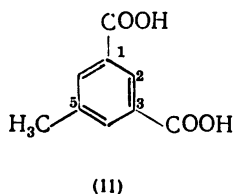
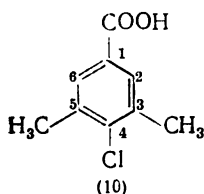
Простейшим случаем служит тот, в котором нумерация строго фиксирована еще в родоначальной структуре, что очень часто бывает у многих циклических соединений (см. гл. 5). Заместители, как в случае производного хинолина, не определяют порядок нумерации вещества (5), которое следует называть 3-метил-6-хлорохинолинкарбоновой-2 кислотой. В следующих четырех простых примерах, соединениях (6)—(9), содержащих по одному заместителю (не обязательно являющемуся главной группой), нумерация могла бы идти в двух направлениях, но

* Иногда считают, что наименьшей должна быть сумма цифр, но это неверно.

выбирается наименьший локант для заместителя [или гетероатомов в примере (9)].

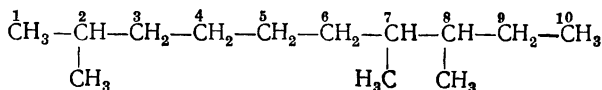


Если цикл дает возможность совершенно свободной нумерации, как, например, в соединении (10), то нумерацию начинают от главной группы. Если в соединении имеется не одна главная группа, то их нумеруют, например, как в (11) или (12). В последнем случае метильная группа определяет, какая карбоксильная группа получает номер 1, а какая 3. Правило наименьших локантов приводит к решениям, показанным на примерах соединений (13) — (17).



1,6,7-(CH₃)₃-, но не 2,3,8-

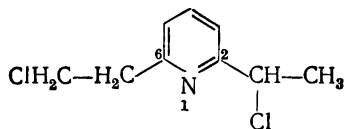
(хотя $1 + 6 + 7 = 14$, а $2 + 3 + 8 = 13$)*



(16)

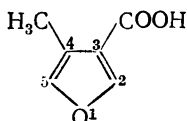
2,7,8-(CH₃)₃- (но не 3,4,9-)

(хотя $2 + 7 + 8 = 17$, а $3 + 4 + 9 = 16$)*

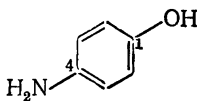


(17)

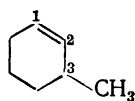
заместителю (2-хлорэтил) предшествует
заместитель (1-хлорэтил)



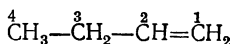
(18)



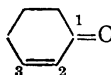
(19)



(20)

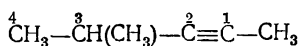


(21)

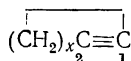


(22)

Дальнейшие правила IUPAC, касающиеся последовательности нумерации, рассмотрим быстро. В соединении (18) начало нумерации определяет гетероатом, а направление ее — главная группа. В (19) начало нумерации определяет главная группа. Если главная группа отсутствует, определяющей является двойная связь, обозначаемая суффиксом «ен», как в (20) и (21). Двойная связь может иметь и дополнительное значение в выборе направления нумерации, если главная группа не решает его однозначно, как в (22). Следует иметь в виду, что ненасыщенность, не обозначенная суффиксом «-ен», при этом не учитывается: префикс «гидро-» используется так же, как другие заместители (см. ниже). Некоторые гетероциклические соединения после частичного гидрирования получают новые тривиальные названия (см. с. 116—119), и тогда ненасыщенность участвует в определении направления нумерации. При отсутствии в соединении главной группы или двойной связи, обозначаемой суффиксом «-ен», порядок нумерации может определяться тройной связью, как показано на примере (23) и (24). Далее рассматриваются заместители, помещаемые в префиксах; сперва все вме-



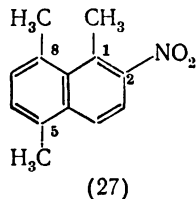
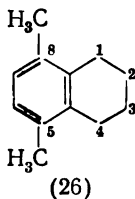
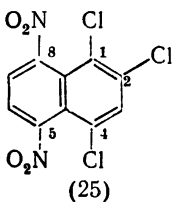
(23)



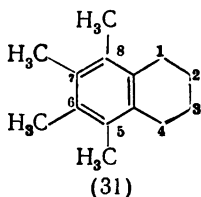
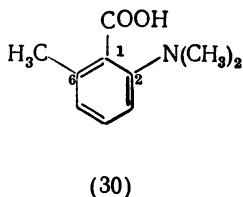
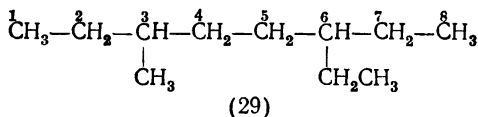
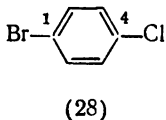
(24)

* Как уже отмечалось, сумма цифр не принимается во внимание при выборе «наименьших локантов».

сте, независимо от их природы и включая префикс гидро-. Например, соединения (25) (порядок нумерации 1, 2, 4, 5, 8, но не 1, 4, 5, 6, 8), (26) (1, 2, 3, 4-тетрагидро-) и (27) (1, 2, 5, 8, но не 1, 4, 5, 6).



При прочих равных условиях меньший номер дается префиксу, включаемому в название первым. Так, в названии (28) бром в алфавите стоит раньше хлора, в названии (29) префикс метил стоит раньше этила, в названии (30) диметиламино стоит раньше метила, в (31) — префикс тетрагидро — раньше префикса тетраметил.

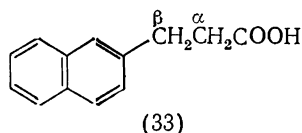
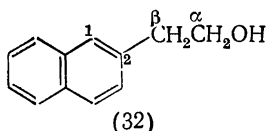


Этим закончим рассмотрение общих правил. Проблемы, в основном теоретические, связанные с сильно разветвленными или многократно ненасыщенными алифатическими соединениями, обсуждаются в правилах IUPAC [16], но здесь не рассматриваются.

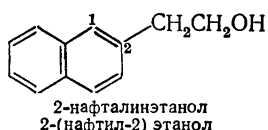
КОНЬЮНКТИВНАЯ (ОБЪЕДИНИТЕЛЬНАЯ) НОМЕНКЛАТУРА

Этот тип номенклатуры (ранее в СА называвшийся «аддитивной номенклатурой») может применяться тогда, когда циклическая система соединена через атом углерода или азота с атомом углерода алифатической цепи, несущей главную группу. В таких случаях за названием циклической системы без пробела следует название алифатической цепи и главной группы в суффиксе, например, соединение (32) по этой номенклатуре называют 2-нафталинэтанолом. Подразумевается, что в процессе образования связи теряются два атома водорода, а не один, как это происходит в заместительной номенклатуре. Локант, в приведенном выше примере цифра 2, указывает на положение 2 в

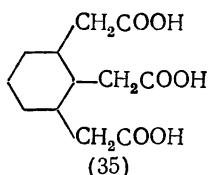
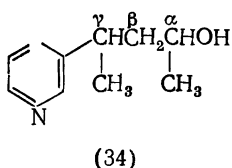
ядре нафталина, а не в цепи этанола. В этой системе номенклатуры алифатическая составная часть является цепью, соединяющей циклическую систему и главную группу; все фрагменты, присоединенные к этой цепи, рассматриваются как заместители, и локантами для них служат буквы греческого алфавита, начиная от α -углеродного атома, связанного с главной группой. Заместители, как в алифатической цепи, так и в циклическом компоненте приводятся в префиксах. Например, соединение (33) называется по этой системе 2-нафталинпропионовой кислотой, (34) — α,γ -диметил-3-пиридинпропанолом, а (35) — 1,2,3-циклогексантриуксусной кислотой*.



[* Для полной ясности полезно сопоставить названия трех изомеров по конъюнктивной и заместительной номенклатуре.



—Прим. ред.*]

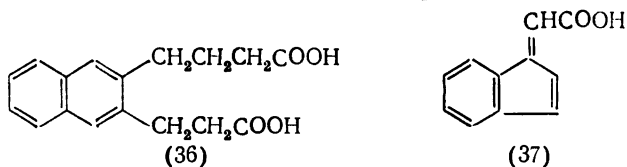


Если боковые цепи не идентичны, то одна (более простая) называется в префиксе. Например, соединение (36) называют по этой системе 3-(2-карбоксиэтил)-2-нафталинмасляной кислотой.

Этот метод имеет ряд ограничений, различно определяемых IUPAC и СА. Так, правила IUPAC не разрешают применять этот тип номенклатуры к монозамещенным бензола, СА не применяет эту систему названия, если циклическая система связана с боковой цепью двойной связью, как это имеет место в (37) (по правилам IUPAC его называют инден- $\Delta^{1,\alpha}$ -уксусной кислотой, где Δ означает двойную связь между положением 1 цикла индена и α -положением уксусной кислоты. IUPAC и СА запре-

* Подчеркнем еще раз, что в этой малоупотребимой системе номенклатуры цифровые локанты в начале названия указывают на место в циклической структуре, по которому присоединена алифатическая часть. — Прим. ред.

щают применение этого типа номенклатуры, когда алифатическая цепь ненасыщена или дифункциональна. Только правила IUPAC разрешают рассматривать группу —NHCOOH как алифатическую цепь. Дальнейшие детали для редких случаев можно найти в правилах IUPAC от 1970 г. [1в].

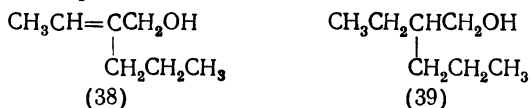


ЗАВЕРШАЮЩИЙ ПОДХОД К НАЗВАНИЮ

В общих чертах пути построения названий были изложены на с. 78—80. Теперь, когда проблемы главных групп и нумерации разобраны, можно дополнить приведенные выше общие положения.

Исходным пунктом остается главная группа, как это было и при рассмотрении вопроса о нумерации. Единство в этом пункте очень важно для того, чтобы быть уверенным, что название и нумерация идут параллельно. Если в соединении нет главной группы, то построение названия упрощается, префиксы добавляются потом, как это описано в следующей главе.

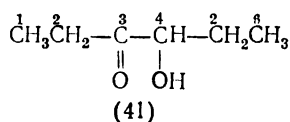
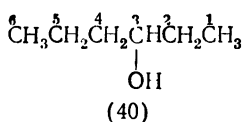
Для алифатических соединений родоначальной является главная цепь, к ней добавляется суффикс, характеризующий главную группу, например: гексапол-2. Если возможен выбор между цепями, то по правилам IUPAC предпочтение отдается более ненасыщенной цепи, как в названии 2-пропилбутен-2-ол-1 для структуры (38), хотя эта цепь может быть и не самой длинной. В СА используется иной подход, и структура (38) здесь получает название 2-ethylidene-1-pentanol (2-этилиденпентанол-1). Если имеется возможность выбора между цепями с равной степенью гидрирования, то, конечно, предпочтение отдается более длинной цепи, например структуру (39) называют 2-этилпентанолом, несмотря на то, что при этом названия родственных соединений (38) и (39) производят от различных родоначальных углеводородов.



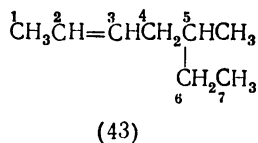
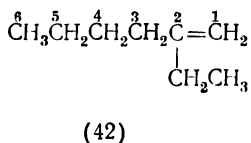
Следует напомнить, что главной группой является стоящая выше в табл. 4.3 (см. с. 82) и что все остальные группы, включая термин «гидро»^(а) приводятся в префиксах, все в алфавитном порядке. Это деление на суффикс и префиксы может вызвать химически нежелательные изменения в наименовании или

^(а) Это не применяется в немецкой номенклатуре.

нумерации, или в них обоих. Например, соединение (40) следует назвать гексанол-3, в то время как соединение (41) получает название 4-гидроксигексанон-3. Изменение может быть вызвано

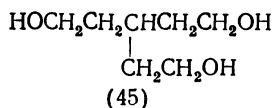
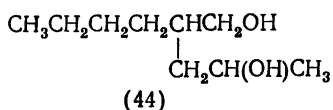


и смещением положения двойной связи. Соединение (42) это 2-этилгексен-1 [по СА: 3-methyleneheptane (3-метиленгептан)], в то время как соединение (43) это 5-метилгептен-2.



Таким образом, названия соединений основываются на их структуре, а не на генетической связи между двумя (и более) соединениями, кажущимися сходными. Смысл этого заключения в том, что часто можно обнаружить взаимосвязь не с одним, а с несколькими соединениями, и тогда выбор названия становится не столь (как это кажется с первого взгляда) однозначным.

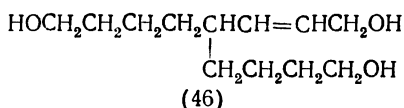
Обозначить несколько групп одного типа, присоединенных к единой цепи или циклической системе, не составляет труда; названия гександиол-3,4 или бензолтетракарбоновая-1,2,3,4 кислота не вызывают сомнений. При разветвлении цепи следует принимать во внимание дополнительные правила. Соединение (44) должно быть названо так, чтобы обе функциональные группы отражались суффиксом, добавляемым к наименованию главной цепи. Правильным названием данного соединения будет 2-бутилпентандиол-1,4, а не 2-(2-гидроксипропилгексанол)-1, несмотря на то, что последнее название содержит более длинную цепь (из шести С-атомов), чем правильное первое (из пяти С-атомов).



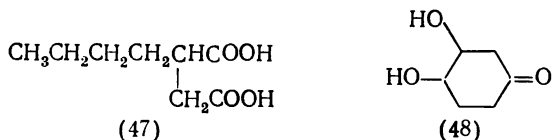
Принцип, изложенный в предыдущем абзаце, часто называют «принципом подобия». Вообще говоря, было бы действительно неплохо так строить названия веществ, но этот принцип нельзя возвести во всеобщее правило, так как часто возникает вопрос, какова степень подобия? В любом таком случае, когда возникает сомнение, принцип сам себя изживает. Рассмотрим, например, простой триол (45). В данном случае название должно основываться на пентановой цепи, содержащей две гидрок-

сильные группы, оставляя третью гидроксильную группу в боковой цепи. Правильным названием этой структуры будет 3-(2-гидроксиэтил)пентандиол-1,5. Могла бы существовать система номенклатуры, согласно которой это соединение называли бы 2-этилпентаптриолом-1,5,2'. Однако в действительности такая система не применяется, и это название следует считать ошибочным.

Полностью симметричные алифатические соединения, подобные (45), весьма редки. Более распространены разветвленные цепи, дающие возможности выбора из нескольких вариантов главной цепи. Рассмотрим выбор между различными цепями, содержащими равное число идентичных групп. Поскольку в соединении (46) имеются идентичные главные группы, дополнительное правило отдает предпочтение ненасыщенной цепи, и, следовательно, это соединение следует называть 4-(4-гидроксибутил)октен-2-диол-1,8. Включение двух насыщенных фрагментов в главную цепь приводит к названию 5-(3-гидрокси-1-пропенил)-1,9-нонандиол [5-(3-гидроксипропенил)нонандиол-1,9], принятому в СА*. При отсутствии различия в степени ненасыщенности выбирается наиболее длинная цепь, и таким образом насыщенный аналог соединения (46) получает название 5-(3-гидроксипропил)нонандиол-1,9.



Бывают случаи, когда дальнейший выбор требует определения наиболее разветвленной цепи, но это бывает редко и здесь рассматриваться не будет. Однако прежде чем приступить к дальнейшему изложению, следует отметить, что кислоту (47) можно назвать либо бутилantarной, либо 2-бутилбутандиовой-1,4 кислотой. Но независимо от того, принять ли тривиальное название родоначального вещества (яantarная кислота) или систематическое (бутандиовая кислота), в качестве главной выбирается цепь C₄, а не C₆ или C₇.



Порядок старшинства групп, приведенный в табл. 4.2 (см. с. 81), не зависит от числа различных групп, присутствующих в соединении. Так, для (48) правильным названием будет 3,4-дигидроксициклогексанон, а не 4-оксоциклогександиол-1,2. Нумерация здесь соответствует правилу, согласно которому меньший

* То есть (повторим) в правилах СА отдается предпочтение более длинной цепи, а не ненасыщенности, как в правилах IUPAC. — *Прим. ред.*

локант присваивается главной группе, даже если получающаяся последовательность локантов 1,3,4 больше, чем при нумерации от ОН-группы (1,2,4). Встречается много различных структур, называя которые приходится решать тот же вопрос, но ответ всегда одинаков, так что в дальнейших примерах нет необходимости.

Методы и принципы построения названий, описанные выше, в равной мере применимы и в случае, когда главная группа присоединена непосредственно к циклической системе. Для более сложных циклических систем построение полного названия в действительности обычно упрощается (особенно после того, когда названа родоначальная циклическая система) уже потому, что, хотя бы частично, фиксирована нумерация. Для более простых циклических систем, и в частности для ароматических, построение систематических названий значительно осложняется, отчасти в силу старых традиций, отчасти потому, что огромное число этих соединений имеет тривиальные наименования, которые, естественно, будут распространяться и на их производные.

Строгое применение правила, что главная группа должна называться в суффиксе, практикуется сравнительно недавно, в особенности для циклических соединений. Имеется много случаев, когда построенные согласно этому правилу названия могут показаться непривычными или даже шокирующими для химиков старшего поколения. Например, названия 2,3-дигидроксинафталин или 2-аминофенантрен могут оказаться для них более привычными, нежели правильные названия: нафталиндиол-2,3 или фенантренамин-2. Есть еще один камень преткновения, это вопрос о построении названий азотистых гетероциклических систем. Окончание «ин» в названии пиридин можно принять за суффикс главной группы*, однако если в соединении содержится ОН- или СООН-группа, то, согласно табл. 4.3, в суффиксе должны называться они, и названиями таких веществ должны быть, например, пиридинол-2 или пиридинкарбоновая-4 кислота. Так они и называются по правилам IUPAC. Считать в данном случае окончание «ин» суффиксом ошибочно. Поскольку это так, то названия, подобные пиридинамину-2, вполне удовлетворительны, это современные названия, и их применение рекомендуется.

Ситуация проще в случае соединений, содержащих и циклическую систему, и боковую цепь, причем все функциональные группы присоединены либо к той, либо к другой части молекулы. В таком случае родоначальное название определяют именно эти группы, например *m*-пропилфенол или 3-фенилпропанол-1 (в СА: *benzепропанол*).

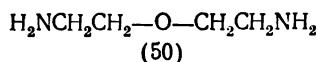
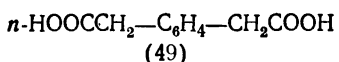
Из сказанного выше следует, что никогда не надо забывать о конъюнктивной номенклатуре. Сложные случаи могут возник-

* Мысль авторов не вполне ясна: окончание «ин» в пиридине можно спутать лишь с обозначением тройной связи. — *Прим. ред.*

нуть, когда главные группы присоединены и к боковой цепи, и к циклической системе, так что все они не могут быть приведены в суффиксе. Тогда в качестве родоначального соединения следует выбирать или циклическую систему, или боковую цепь. Обычно выбор падает на более сложную или более существенную с химической точки зрения часть молекулы, не взвиря на то, что оба эти критерия очень сильно зависят от личного вкуса автора. Мало кто возразит против таких названий, как 8-(*n*-гидроксифенил)октатрисен-2,4,6-ол-1 или 1-О-(*n*-гидроксифенил)глюкоза, но выбор одного из трех названий: 3-(*n*-гидроксифенил)-пропанол-1, 4-hydroxybenzenepergoranol (принято в СА) или *n*-(3-гидроксипропил)фенол, будет зависеть от того, в каком контексте эти соединения обсуждаются.

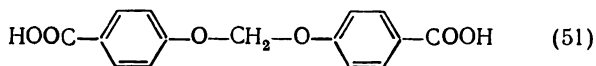
Следует быть внимательным и тогда, когда главные группы локализованы в нескольких цепях или циклических системах, являющихся частями одного соединения. В правилах IUPAC изложены критерии установления старшинства различных цепей и различных циклических систем. В общем, старшим является более сложный фрагмент, однако правила выбора старшинства следует тщательно изучить [1d].

Наконец, имеется номенклатура, в которой учитывается тот факт, что органический синтез часто приводит к симметрично построенным соединениям общего типа $X-Y-X$, где обе группы X содержат одинаково локализованные главные группы, не содержащиеся в группе Y . Если X и Y не являются алифатическими или циклическими группами или если Y является гетерогруппой, то можно построить вполне понятные приемлимые названия, пользуясь специальными дополнениями к обычным правилам, как это кратко отмечалось на с. 79. Примерами могут служить соединения (49) и (50). В первом из них два остатка уксусной кислоты должны указываться как «уксусная кислота», удвоенные префиксом «ди», а группа C_6H_4 , называемая «фенилен», записывается впереди, предшествуемая буквенным локантом. В результате полное название этого соединения будет *n*-фенилендиуксусная кислота; оно так же четко описывает строение, как наименование фенилуксусная кислота описывает строение соединения $C_6H_5CH_2COOH$. Аналогично, соединение (50) называется 2,2'-оксиди(этиламино), где скобки поставлены для того, чтобы отличить два диэтиламинных остатка от соединения $(C_2H_5)_2NH$ — диэтиламина. Номенклатура, применяемая СА, аналогична, только вместо префиксов ди-, три- и т. д. там используют префиксы бис-, трис- и т. д. и, кроме того, последующую часть названия заключают в скобки, независимо от того,



является ли оно простой или сложной. Таким образом, по СА соединения (49) и (50) получают названия *p*-phenylenebis(acetic acid) и 2,2'-oxybis(ethanamine) соответственно. Этот метод

довольно широко распространен, примеры были приведены на с. 76 и 79. В качестве Y могут выступать: $>CO$ карбонил, $>CH_2$ метилен, $-CH_2CH_2-$ этандиил-1,2 (этилен), $-CH_2CH_2CH_2-$ пропандиил-1,3 (триметилен) и т. д., $-S-$ тио, $>CS$ тиокарбонил, $>NH$ имино, $-N=N-$ азо и др. Далее, этот принцип может быть распространен на трехвалентные радикалы, например: $N(CH_2COOH)_3$ является нитрилотриуксусной кислотой. Наконец, сама группа Y может быть сложной и симметричной, как в структуре (51), которую следует назвать 4,4'-метилендиоксидибензойная кислота [метиленди(4-оксibenзойная кислота)].



Следует, однако, предупредить, что этот метод нельзя применять при неполной симметричности обеих групп X или при отсутствии симметрии замещения в Y.

Из всего сказанного должно быть ясно, что построение названия не всегда сводится к формальному соблюдению правил. Несмотря на то, что в удивительно большом числе случаев правил обычных тривиальных или простых систематических названий вполне достаточно, все же следует еще раз подчеркнуть, что хотя без достаточных на то оснований правила не следует нарушать, но и химию забывать не следует. Разнообразие номенклатуры органических соединений в действительности возникает из-за естественного желания отразить в названии химические взаимосвязи. При этом и возникают трудности, когда многообразие химических взаимосвязей приводит к созданию противоречивых названий или когда частными правилами начинают пользоваться за пределами отведенных для них областей. Когда подобная ситуация возникает, целесообразно вернуться к систематическим названиям, являющимся, безусловно, опорой в номенклатуре. Очень существенно правильно оценить возможности и границы систематического подхода, прежде чем решиться отойти от него.

ЛИТЕРАТУРА

1. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry, Definitive Rules for: Section A. Hydrocarbons; Section B. Fundamental Heterocyclic Systems; Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen, Halogen, Sulfur., Selenium and/or Tellurium, 1969. A. B. 3rd Ed.; C 2nd Ed., Butterworths, London (1971); издано также: Pergamon Press, Oxford. (a) pp. 123—127; (б) pp. 8—11, 13—15; (в) pp. 119—123; (г) pp. 97—105.
2. Chemical Abstracts, Index Guide to Vol. 76, p. 291 (1972); Ninth Collective Index, Vols. 76—85 (1972—1976), Index Guide, para. 127.
3. Журнал ВХО им. Менделеева, 1983 г., № 3, сс. 42—45.

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. УГЛЕВОДОРОДЫ И ГЕТЕРОЦИКЛЫ

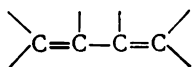
АЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Обычная номенклатура алканов хорошо известна, однако следует сделать несколько уточнений.

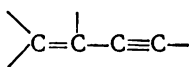
Согласно правилам IUPAC префикс «изо», обозначающий терминальную группу $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-$, применяется только для родоначальных алканов C_4-C_6 , префикс «трет-» — только для алкилов C_4 и C_5 , префикс «втор-» — только для втор-бутила, но не для всех аналогичных углеводородных остатков. Префикс «нео» применим только для неопентана $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ (и его радикала). Следует напомнить, что «трет-» и «втор-» пишутся курсивом, через дефис, в то время как «изо» и «нео» пишутся слитно и обычным (прямым) шрифтом. В тех случаях, когда это требуется для указателей, буква «н-», означающая «нормальный» пишется курсивом и отделяется дефисом (однако применять ее следует только в случаях, когда это необходимо подчеркнуть). В указателях СА для названия алканов такие префиксы не применяются: например, неопентан $\text{C}(\text{CH}_3)_4$ там называют так: Пропан, 2,2-диметил-(P)орпан, 2,2-dimethyl-)*.

В случае многократно разветвленных алканов выбор главной цепи, т. е. такой цепи, которая рассматривается как замещенная другой цепью (или другими цепями), может представить значительные трудности, по меньшей мере в случае гипотетических соединений. Для преодоления этих трудностей IUPAC разработаны сложные правила [1a].

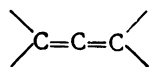
Как хорошо известно, ненасыщенность обозначается заменой окончания «-ан» на «-ен» (для $\text{C}=\text{C}$) или «-ин» (для $\text{C}\equiv\text{C}$), причем оба эти суффикса могут находиться в одном наименовании («-ен» перед «-ин»), например: бутен-1-ин-2, гексадецен-2-дин-5,7-ол-4.



(А)



(Б)

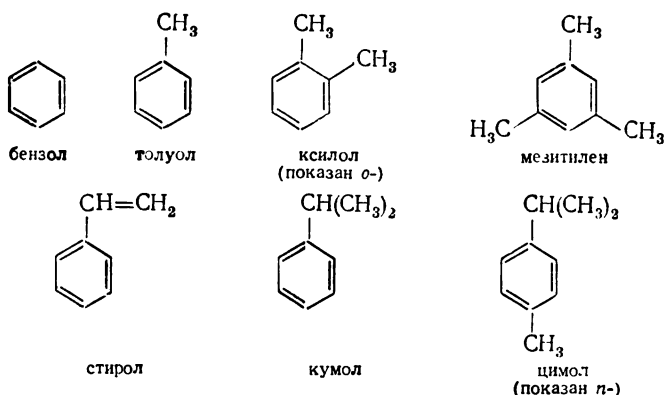


(В)

Соединения любой длины, содержащие группировки типа (А), называют конъюгированными (сопряженными); о соединениях, содержащих группировки (Б), говорят, что они содержат смешанные конъюгированные связи, а о соединениях, содержащих группировки типа (В), или сходных более протяжен-

* Записано в применяемой в указателях инвертированной форме, с выносом основы вперед. — *Прим. ред.*

Таблица 5.1. Тривиальные названия простейших гомологов бензола



ных системах говорят, как о кумулятивно ненасыщенных, их называют кумуленами и нумеруют, как обычно, например: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,2.

ЦИКЛОАЛКАНЫ

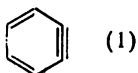
Номенклатура циклоалканов и их ненасыщенных производных очень сходна с номенклатурой неразветвленных алканов, отличаясь лишь префиксом «цикло-»; все заместители, присоединяемые к циклу, именуются как таковые, а нумерация осуществляется в соответствии с принципами, описанными в гл. 4.

ПРОИЗВОДНЫЕ БЕНЗОЛА

Правила IUPAC следуют общей практике; они разрешают использовать тривиальные названия для семи родоначальных углеводородов (табл. 5.1).

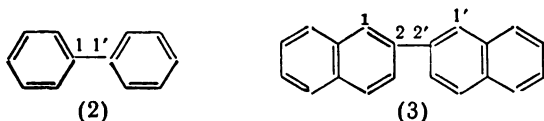
СА из тривиальных названий использует только benzene; все остальные называются как замещенные бензола. Родовое название ароматических углеводородов — арены.

Крайне реакционноспособный, но не выделяемый интермедиат (1) принято называть дегидробензолом*, от него производят названия производных и аналогов.



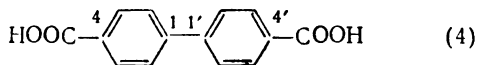
* Используемое для (1) в английской номенклатуре название benzine (бензин) представляется неудачным. — Прим. переводч.

Префикс «би-» издавна применялся в американской практике для обозначения прямого соединения двух одинаковых циклических систем, как это имеет место в соединениях (2) и (3), которые ранее в европейской практике называли дифенилом и 2,2'-динафтилом. IUPAC давно принял, как правило, префикс



«би-» (вместо «ди-») в подобных случаях, и этот префикс теперь широко используется. Этот префикс исключительно удобен для описания «сдвоенных групп» (исключая бицикло, см. ниже). Однако правила IUPAC разрешают сдваивание как наименований радикалов, что дает название типа «бинафтил», так и молекул, что дает название типа «бинафталин». В последнем случае, как и в конъюнктивной номенклатуре, префикс «би-» подразумевает потерю двух атомов водорода (см. с. 89). В настоящее время сдваивание наименований молекул стало предпочтительным почти повсеместно, за исключением наименования бинафтила и бифенила, которые давно укоренились. Отметим, что радикал $C_6H_5-C_6H_4$ называют бифенилилом (по правилам образования названий радикалов: второе «-ил» является характерным окончанием радикалов). Нумерацию поясняют формулы 2 и 3: места соединения получают возможно меньшие локанты.

«Би-»-номенклатура относится только к незамещенным соединениям; предполагается, что могут быть сдвоены только родоначальные соединения. Например, согласно правилам IUPAC, соединение (4) следует назвать бифенилдикарбоновой-4,4' кислотой, а не *n,n'*-бибензойной кислотой, как ранее называли эту структуру американские химики.



Для более протяженных ансамблей циклов применяют префиксы «тер-», «кватер-» и т. д., за ними идет название исходной молекулы (например: тернафталин, кватерпиридин и др.), но вновь с исключениями: терфенил, кватерфенил и т. д. В ансамблях из одинаковых звеньев локанты без штрихов присваиваются одному из терминальных звеньев, ближайшее следующее звено нумеруется локантами с одним штрихом, следующее — с двумя штрихами и т. д. Как всегда, места соединения получают возможно меньшие локанты, и это правило не меняется от появления суффикса, т. е. группа CO_2H в соединении (4) считается находящейся в положении 4 и 4', а не 1 и 1'.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

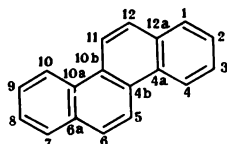
Номенклатура полициклических углеводородов, равно как и гетероциклических соединений, значительно сложнее, так как здесь встречается множество соединений с самыми различными структурами. Химик должен быть знаком с основными принципами, которые только и могут быть приведены здесь. Существует довольно большой список тривиальных наименований, из которых методом конденсирования строят названия структур, имеющих еще более сложные скелеты. Имеется и другой метод построения наименований полициклических соединений (бициклических систем), независимый от метода конденсации и списка тривиальных наименований. Кроме того, имеется несколько методов, применяемых для особых типов соединений. Ими заниматься следует именно в перечисленном порядке, но сперва лучше рассмотреть общие методы записи формул и нумерации ароматических полициклических систем.

(1) Если только возможно, циклы должны изображаться с двумя вертикальными сторонами (трехчленный цикл — с одной вертикальной стороной).

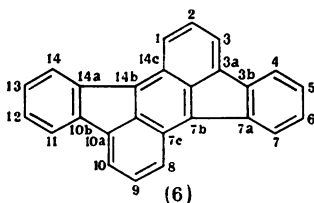
(2) Как можно больше циклов следует изображать в горизонтальном ряду, независимо от их размера.

(3) По-возможности, большая часть оставшихся циклов должна размещаться в правом верхнем квадранте, и по-возможности, меньшая часть — в левом нижнем квадранте (за центр принимается средний цикл горизонтального ряда).

(4) Правильно ориентируя формулу, нумерацию начинают с правого верхнего цикла от первого атома углерода, не участвующего в слиянии с другими циклами, и ведут нумерацию по часовой стрелке по периметру молекулы. Атомы, общие для двух циклов (узловые), получают локант предыдущего атома с добавлением курсивной буквы латинского алфавита: *a*, *b*, *c* и т. д. Для более редких случаев порядок нумерации определяется дополнительными правилами. Примерами могут служить хризен (5) и рубицен (6).



(5)



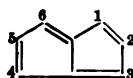
(6)

Тривиальные названия полициклических углеводородов

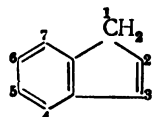
В табл. 5.2 приведен принятый IUPAC список, содержащий 35 полициклических ароматических углеводородов, тривиальные названия которых могут быть использованы в методе конденса-

Таблица 5.2. Тривиальные названия полициклических углеводородов, расположенные в порядке возрастающего старшинства^(а), разрешенные IUPAC для построения сложных названий методом конденсирования. Нумерация дается в соответствии с правилами IUPAC и Ring Index.

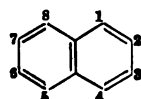
1. Пентален



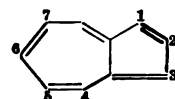
2. Инден



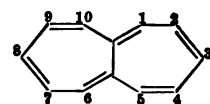
3. Нафталин⁽⁶⁾



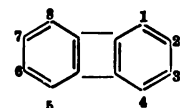
4. Азулен



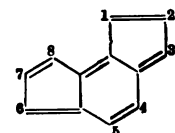
5. Гептален



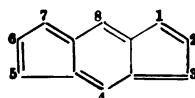
6. Бифенилен



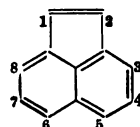
7. асим-Индацен



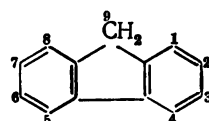
8. сим-Индацен



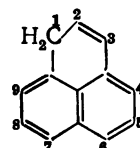
9. Аценафтилен



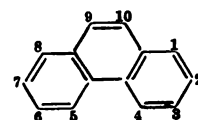
10. Флуорен



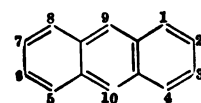
11. Фенален



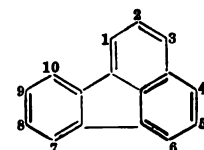
12. Фенантрен



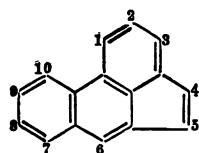
13. Антрацен



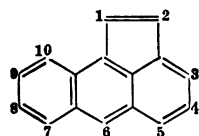
14. Флуорантен



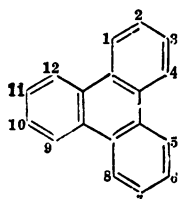
15. Ацефенантрилен



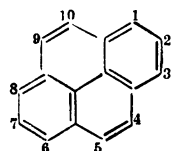
16. Ацеантрилен



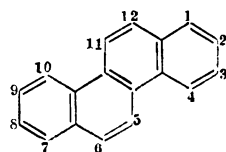
17. Трифенилен



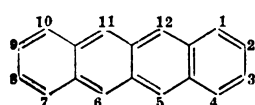
18. Пирен



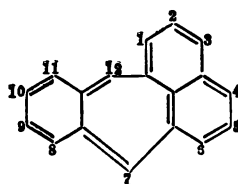
19. Хризен



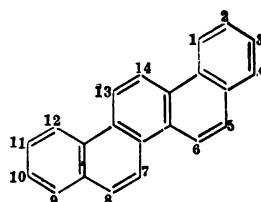
20. Нафтацен (тетрацен)



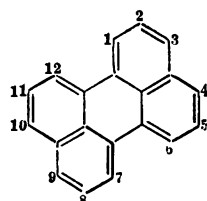
21. Пляден



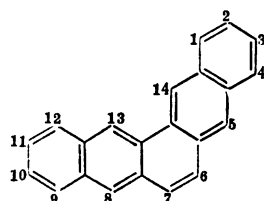
22. Пицен



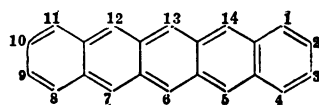
23. Перилен



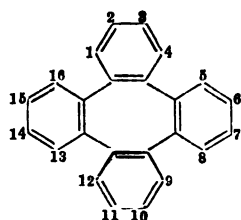
24. Пентафен



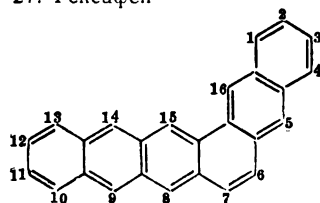
25. Пентацен



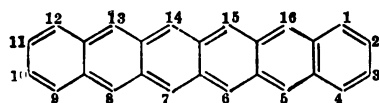
26. Тетрафенилен



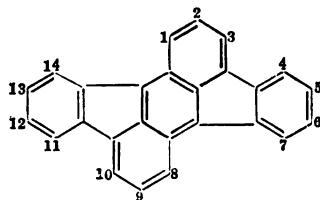
27. Гексафен



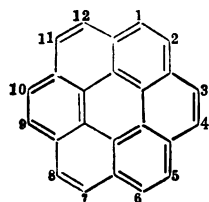
28. Гексацен



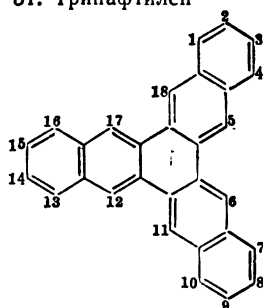
29. Рубицен



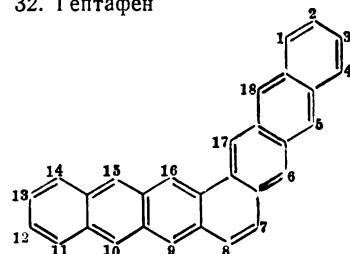
30. Коронен



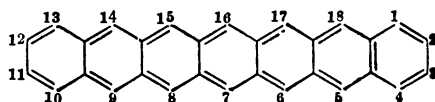
31. Тринафтилен



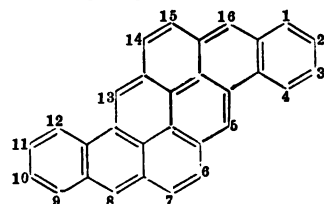
32. Гептафен



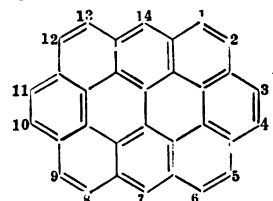
33. Гептацен



34. Пирантрен



35. Овален



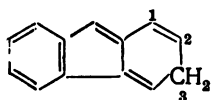
(а) Старшинство здесь понимается как предпочтение при выборе родоначальной (т. е. называемой в конце) части в названии по методу конденсирования.

(б) Исключением в русской номенклатуре является углеводород $C_{10}H_8$, который по старинной отечественной традиции носит название «нафталин», а не «нафтален». — Прим. переводч.

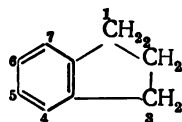
рования для построения названий более сложных полициклических соединений. Существенное значение имеют некоторые замечания к этому списку. За исключением давно ставшей общепринятой нумерации для антрацена и фенантрена, нумерация всех остальных соединений этого списка производится по изложенному выше правилу. В списке все соединения приведены в состоянии максимальной ненасыщенности, т. е. когда они содержат наибольшее число некумулированных двойных связей, и следует понимать, что именно на это указывает окончание их названий «-ен» (в отличие от алифатических соединений, где это окончание говорит о наличии лишь одной двойной связи).

Некоторые циклические структуры содержат звено CH_2 . Для хорошо известных соединений, таких как инден и флуорен, положение CH_2 -группы однозначно (см. табл. 5.2) и считается нормальным. Во всех остальных случаях положение CH_2 -группы фиксируется буквой *H*, написанной курсивом, которой предшествует цифровой локант, обозначающий ее место в цикле. Если CH_2 -группа в молекуле флуорена находится в необычном положении, как в соединении (7), то она фиксируется, как сказано выше, т. е. это соединение называется *3H*-флуореном. Такой водород называют «обозначенным водородом». Более подробно этот вопрос рассмотрен на с. 142 и 150. СА теперь во всех случаях применяет «обозначенный водород», поэтому, например, соединение 2 в табл. 5.2 называют по СА: *1H*-инден, соединение 10—*9H*-флуорен, соединение 11—*1H*-фенален (по-английски соответственно: *1H*-indene, *9H*-fluorene, *1H*-phenylene).

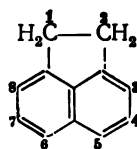
Как и обычно, гидрирование обозначают префиксами «гидро-» (включая «пергидро-» для полностью гидрированных соединений), однако для ряда частично гидрированных соединений (8) — (14) правила IUPAC разрешают использовать тривиальные названия (не применяемые в методе конденсирования и не используемые в указателях СА). Обратите внимание на изменение названий: индан в инден и аце-...-ен в аце-...-илен.



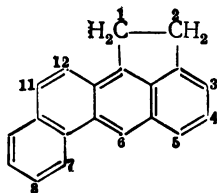
(7)



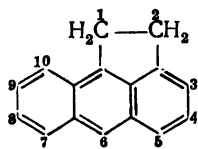
(8) индан



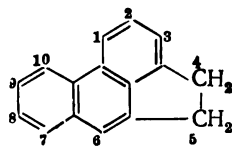
(9) ацефлуорен



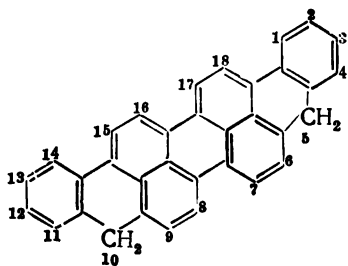
(10) холантрен



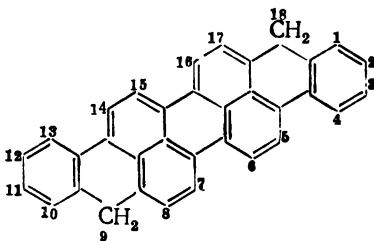
(11) ацеантрен



(12) ацефенантрен



(13) виолантрен



(14) изовиолантрен

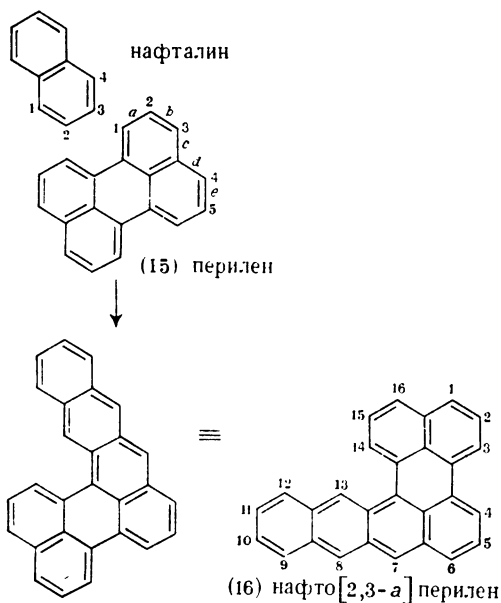
В табл. 5.2 включены семь соединений, названия которых являются полутривиальными. Это тетрацен (другое название нафтацена), пентацен, гексацен и гептацен, содержащие соответственно четыре, пять, шесть и семь линейно конденсированных бензольных кольца, ряд *аценов*, и пентафен, гексафен и гептафен, ангулярные аналоги — ряд *фенов*.

Метод конденсирования (аннелирования) при построении названий углеводородов

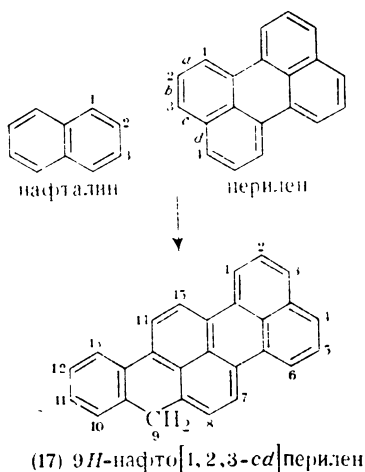
Названия ароматических углеводородов, не включенных в список разрешенных IUPAC (см. табл. 5.2), составляются методом конденсирования, по правилам, принятым IUPAC [16] и С.А. Эти правила охватывают очень много ситуаций. Для названия сложных структур мы отсылаем читателя непосредственно к тексту правил, здесь же будут изложены лишь некоторые основные принципы.

(1) В качестве основного компонента выбирается тривиальное название наибольшей подходящей структурной единицы, приведенной в табл. 5.2 (если таких единиц две, то выбирается та, которая помещена в таблице позднее). В выбранной структуре, начиная от связи 1,2 все грани по периметру обозначаются строчными (малыми) курсивными буквами латинского алфавита: *a*, *b*, *c* и т. д., как это показано в (15). Полное название составляется подстановкой названия приченной структуры (со связкой «о») перед названием основы. В квадратных скобках обозначается порядок сочленения: для этого указывают локанты атомов приченной структуры, участвующих в конденсировании, и буквенное обозначение грани основной структуры. Затем, если это необходимо, формула может быть переориентирована в соответствии с правилами (1)—(3), описанными на с. 100, и пе-

ренумерована в соответствии с правилом (4), как показано на формуле (16).

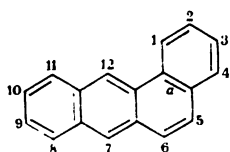


(2) Случай, представленный формулой (17), является примером трехточечного конденсирования.

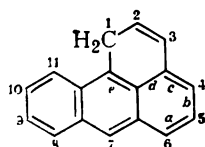


(3) Для бензо-производных содержимое квадратных скобок может быть сокращено и ограничено лишь указанием грани

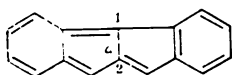
(или граней) старшего компонента, как показано для структур (18) и (19).



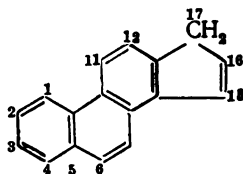
(18) бенз[а]антрацен



(19) 1H-бенз[de]антрацен



(20) индено[1,2-а]инден



(21) цикlopenta[а]фенантрен

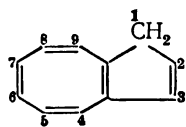
(4) Сокращенные наименования применяются для префиксов бензо-, нафто-, антра- (обратите внимание на это «а»), фенантро-, аценафто- и перило-, но не для прочих.

(5) Окончательное название относится к соединению, содержащему максимальное число некумулированных двойных связей; так, в индено[1,2-а]индене (20), полученном при слиянии двух молекул индена, группа CH_2 исчезает.

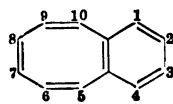
(6) Продукты частичного гидрирования обозначаются префиксом «гидро-» с умножающей приставкой, при исчерпывающем гидрировании — префиксом «пергидро-».

(7) Циклоалкеновые кольца обозначаются префиксами «циклопента-», «циклогепта-», «циклоокта-» и т. д., которые относятся к кольцам, содержащим максимальное число некумулированных двойных связей. Так образуются, например, названия соединений (21) и (22) (тотчас следует заметить, что соединение (21) является типичным стероидом, к которым применяется особая нумерация, не соответствующая рассмотренным выше правилам IUPAC, см. с. 171). Шестичленное кольцо, как в соединении (23), называют бензо-.

Если одно из соединений, приведенных в табл. 5.2, терминально слито с ненасыщенным C_4 или C_3 кольцом, то применяют аффикс «циклобута-» или «циклопропа-» соответственно, как, например, в названии (24). На практике структуры типа (24) встречаются редко; в основном правила IUPAC сформули-

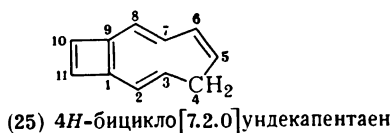
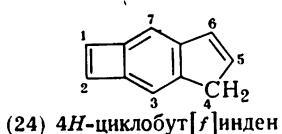


(22) 1H-циклопента-циклооктен



(23) бензоциклооктен

рованы для случаев слияния двух или более пятичленных или больших циклов. Все соединения, приведенные в табл. 5.2, соответствуют этому положению. Однако возможны и другие случаи. Например, в соединении (25) кроме четырехчленного кольца имеется еще одно, большее кольцо; это соединение должно быть названо по номенклатуре бициклических соединений (см. ниже). Следует подчеркнуть, что в таких названиях, как для



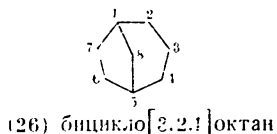
(21)—(24), суффикс «ен» не означает, как обычно, присутствие одной двойной связи, а свидетельствует об общей максимальной некумулятивной ненасыщенности. Таким образом, несмотря на части «циклопента-» в названии (21) и (22) и «циклобута-» в названии (24) и вопреки первому впечатлению от части «-циклооктен» в названии (22) и (23), соединения (22) и (23) являются производными циклооктатетраена. [* Об этом не следует забывать при расшифровке и построении подобных названий. — *Прим. ред.**].

(8) Гласная «о», указывающая на слияние, часто отбрасывается перед следующей гласной, даже если последняя находится после квадратных скобок, как это было отмечено, например, в названии бенз[а]антрацена для (18).

(9) Для локантов, характеризующих места слияния, применяются квадратные скобки, чтобы не спутать их с локантами окончательной нумерации соединения.

Номенклатура бициклических и других соединений

Первоначально эта система номенклатуры была разработана для соединений, содержащих мостиковые карбоциклические системы, преимущественно насыщенные. При этом образуются два или более кольца, обладающие двумя или большим числом общих атомов. Типичными примерами служат структуры (26) и (27).

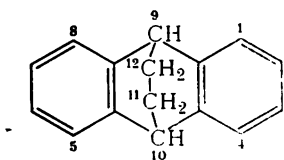


Однако этот метод применим также и для более ненасыщенных систем, таких, как (25). Названия подобных соединений строятся следующим образом.

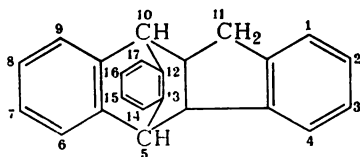
Подсчитывают число атомов углерода в каждом мостике, соединяющем узловые атомы, и записывают их в квадратных скобках, от большего к меньшему, разделяя цифры точками. Перед скобкой ставят префикс «бицикло-», а за скобкой — название алкана, содержащего такое же число атомов углерода, что и рассматриваемая бициклическая система (включая мостиковые углеродные атомы), как это показано в названиях для (26) и (27). Мостик может не содержать атомов углерода, других, чем угловые; тогда в скобках ставится 0, как в названии (25). Нумерацию структуры начинают от одного конца мостика, ведут к другому по более длинному пути и далее продолжают до возвращения по более короткому. Последними нумеруют мостиковые атомы углерода. Ненасыщенность указывают обычным образом [например, как в названии (27)]. Этот метод построения названий часто распространяют на трициклические и более сложные мостиковые структуры; он представляется единственным общим методом наименования таких и еще более сложных полициклических структур. В целях распространения этого метода для наименования более сложных структур разработаны дополнительные правила IUPAC [1в].

АРОМАТИЧЕСКИЕ МОСТИКОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ СИСТЕМЫ*

Для названия соединений, содержащих мостик в ароматической системе*, применяют совершенно иной подход, нежели тот, что описан выше для обычных мостиковых систем. Мостик называют от названия соответствующего углеводорода, связывающего узловые атомы (но не от названия радикала), с добавлением терминальной буквы «о»; например: $-\text{CH}_2-$ метано, $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ этано, $-\text{C}_6\text{H}_4-$ бензола. Это название в префиксе присоединяют к названию циклической системы, содержащей мостик. Двумя примерами служат структуры (28) и (29).



(28) 9,10-дигидро-9,10-этанокантрацен



(29) 5,10-дигидро-5,10-о-бензо-ло-5H-бензо[*b*]флуорен

Даже к таким относительно простым случаям следует сделать два замечания. В обоих примерах, как и почти во всех остальных, кольцо, содержащее мостик, гидрировано, каждый конец мостика содержит по одному атому водорода, так что

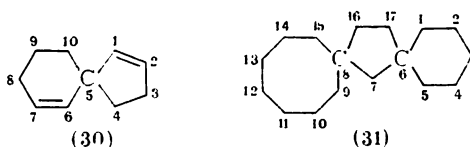
* На самом деле в результате присоединения мостика подобные системы в действительности оказываются уже не чисто ароматическими, а частично гидрированными. — *Прим. ред.*

полное название должно содержать префикс «гидро-». И второе: мостик нумеруется, начиная с конца, примыкающего к атому, ранее имевшему наибольший номер. В более сложных случаях следует обращаться к правилам IUPAC [1г].

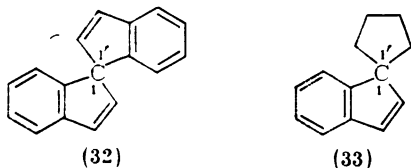
Спираны

Спиранами называют соединения, в которых два цикла обла- дают одним общим атомом углерода. В результате разработки правил IUPAC и общего прогресса в вопросах номенклатуры, название этого класса соединений может быть упрощено сведе- нием к двум следующим простым правилам.

Названия соединений, в которых два карбоцикла объедине- ны в спировую систему, начинается префиксом «спиро-», за- тем, после квадратных скобок, следует название углеводорода, содержащего суммарное число атомов углерода всей данной си- стемы. В квадратных скобках содержатся цифры, указывающие число членов сперва меньшего цикла, затем, после точки — большего (общий спировый атом углерода при этом не учи- тывается). Полная нумерация атомов молекулы начинается с ближайшего к спировому атому углерода в меньшем цикле и идет по периметру молекулы. Так, соединение (30) называют спиро[4,5]декадиен-1,6, название соединения (31) — диспи- ро[5.1.7.2]гептадекан — служит примером распространения это- го метода на более сложные случаи*.



Если один или более компонентов содержат конденсирован- ную полициклическую систему, то применяют иной метод, ил- люстрируемый соединениями (32) и (33), которые называют 1,1'-спиробинден и спиро(циклопентан-1,1'-инден) соответ- ственно.



* В скобках указано: число С-атомов меньшего крайнего цикла (5) (как и ранее, без учета спирового С-атома), затем число С-атомов до следующего спиро-атома (1), число С-атомов другого крайнего цикла (7) и снова число С-атомов до первого спиро-атома (2). — Прим. ред.

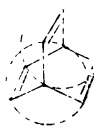
Циклы с боковыми цепями

Циклический углеводород с короткими боковыми цепями обычно рассматривают как замещенное циклическое соединение, например: гексаметилбензол. Простая циклическая система с длинной боковой цепью по правилам IUPAC рассматривается как замещенный алифатический углеводород, например: 1-фенилдексан. Естественно, что сложные циклические системы рассматриваются как родоначальные структуры даже в том случае, когда они содержат длинную боковую цепь, например: 1-додecilпирен. Для промежуточных случаев правила IUPAC разрешают произвольный выбор родоначальной структуры, в то время как СА всегда отдает предпочтение циклу.

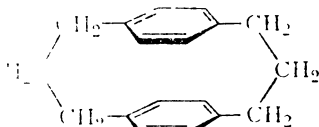
Наличие в боковой цепи ненасыщенности побуждает правила IUPAC отдавать предпочтение алифатическому углеводороду, как родоначальной структуре, например: 1-(нафтил-2)гексадиен-1,3, который, однако, по СА следует называть 2-(1,3-hexadienyl)naphthalene. Цепи, замещенные двумя или более циклическими радикалами, удобнее трактовать как родоначальные, например 2-(нафтил-2)-4-фенилгексан более простое название, чем 2-(1-метил-3-фенилпентил)нафталин. Однако следует всегда помнить, что присутствие в молекуле главной группы имеет решающее влияние для выбора метода наименования.

Новые названия классов соединений

Недавно предложенные названия подразделяются на два типа: те, которые предложены для больших групп соединений, таких как углеводы или стероиды, названия которых широко используются соответствующими специалистами (см. гл. 8), и те, систематические названия которых даже для специалистов с первого взгляда не разъясняют истинное строение молекулы. Конечно, существуют и такие совершенно необычные и ни с какой стороны не отражающие структуру соединения названия, как, например, баррелсен (34). Это название (производное от «бочонка») было дано тогда, когда предполагалось изображенное на формуле (34) взаимодействие между двойными связями. После того, как было установлено, что подобного эффекта не существует, представляется очевидным, что для этого соединения не слишком трудно дать систематическое наименование: бицикло[2.2.2]октатриен-2,5,7, которое и должно бы применяться. Тем не менее из-за стремления к краткости все еще часто применяется бессмысленное тривиальное название.



(34)



(35)

Иногда название одного индивидуального соединения распространяется на целый класс его аналогов, если выясняется, что они представляют значительный интерес. Таким примером могут служить циклофаны — наименование присвоенное в качестве общего для целого класса соединений*. Его типичным представителем является соединение (35), систематическое название которого 1,1':4,4'-бистриметилендибензол. Для него было предложено более удобное название *n,n'*-[3.3]-циклофан (по СА: [3.3]paracyclophane). Само собой разумеется, что для иначе связанных алкиленовых групп, а также для *орто*- и *мета*-изомеров в названиях вносятся небольшие соответствующие изменения. Для случаев, когда бензольные ядра заменяются другими ядрами, когда алкиленовые цепочки содержат гетероатом, когда аналогичным образом связано более чем два ядра или имеется более чем две цепочки, — предложены различные варианты построения названий этих соединений. Эта развивающаяся область еще требует систематизации и будет обсуждаться рабочей группой IUPAC.

ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Среди всех классов органических соединений гетероциклические соединения обладают наибольшим разнообразием структурных типов, и поэтому наиболее сложной номенклатурой. Ниже приведен общий обзор принципов номенклатуры этих соединений.

Тривиальные названия гетероциклических соединений

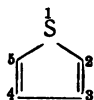
Даже если не считать алкалоидов, имеется необычайное множество тривиальных или полутривиальных названий гетероциклических соединений. В списке правил IUPAC (табл. 5.3) содержится 47 названий гетероциклических систем, которые могут быть использованы при составлении сложного названия методом конденсации, и 14 гидрированных систем (табл. 5.4), которые не используют в этом методе.

Во всех гетероциклических системах узловой гетероатом получает свой локант, как это показано на примере хинолизина (соединение 25 в табл. 5.3). Альтернативные названия, принятые в указателях СА, точно фиксируют все «обозначенные» атомы водорода вместо того, чтобы оставлять их подразумеваемыми, как это делается в некоторых названиях по IUPAC.

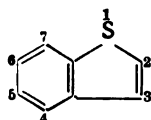
* Пожалуй, более яркий пример — распространение названия фенола C_6H_5OH на весь класс фенолов. — *Прим. ред.*

Таблица 5.3. Тривиальные и полутривиальные названия гетероциклических систем, расположенных в порядке возрастающего старшинства^{a)}, разрешенные IUPAC и/или CA для построения сложных названий методом конденсирования^{b)}

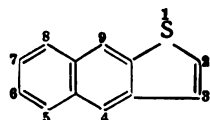
1. Тиофен



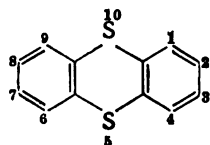
2. Бензо[*b*]тиофен (вместо тию-нафтена)



3. Нафто[2,3-*b*]тиофен (вместо тиюфантрена)



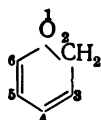
4. Тиантрен



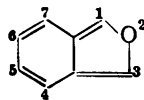
5. Фуран



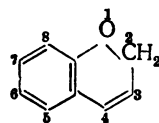
6. Пиран (показан 2*H*-); 2*H*-Пиран (CA)



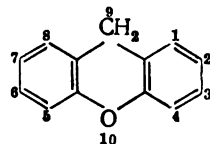
7. Изобензофуран



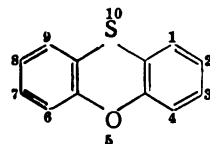
8. Хромен (показан 2*H*-); 2*H*-1-Бензопиран (CA)



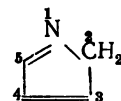
9. Ксантен^(*) 9*H*-Ксантен



10. Фенооксатин



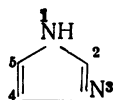
11. 2*H*-Пиррол



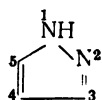
12. Пиррол 1*H*-пиррол (CA)



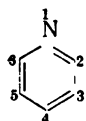
13. Имидазол 1*H*-Имидазол (CA)



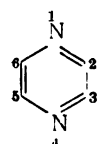
14. Пирразол
1*H*-Пирразол (CA)



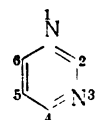
15. Пиридин



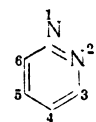
16. Пиразин



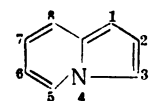
17. Пиримидин



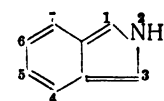
18. Пиридазин



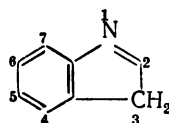
19. Индолизин



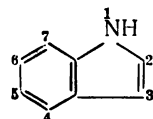
20. Изониндол
2*H*-Изониндол (CA)



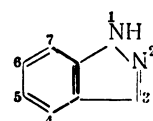
21. 3*H*-Индол



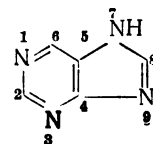
22. Индол
1*H*-Индол (CA)



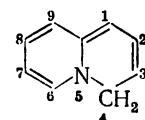
23. 1*H*-Индазол



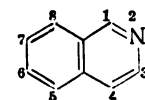
24. Пурин^(a)
7*H*-Пурин (CA)



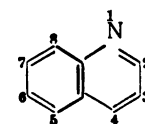
25. 4*H*-Хинолизин



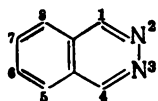
26. Изохинолин



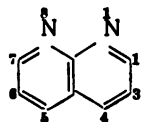
27. Хинолин



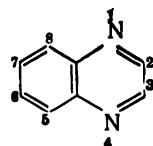
28. Фталазин



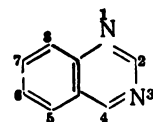
29. Нафтиридин (показан 1,8-)



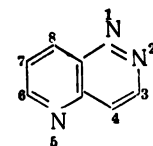
30. Хиноксалин



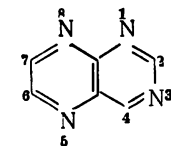
31. Хиназолин



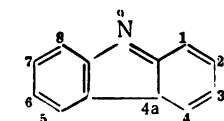
32. Циннолин



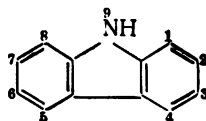
33. Птеридин



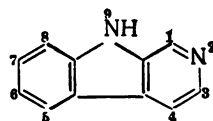
34. 4aH-Карбазол



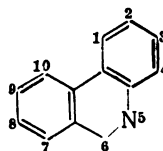
35. Карбазол^(a)
9H-Карбазол (CA)



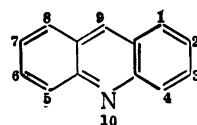
36. β-Карболин
9H-Пиридо[3,4-b]индол (CA)



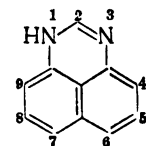
37. Фенантридин



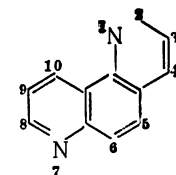
38. Акридин



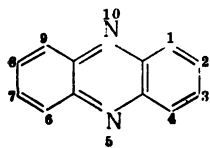
39. Перимидин
1H-Перимидин (CA)



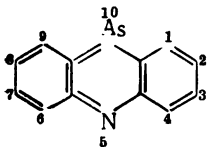
40. Фенантролин (показан 1,7-)



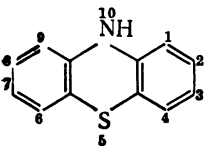
41. Феназин



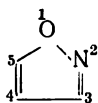
42. Фенарсазин



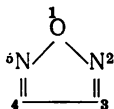
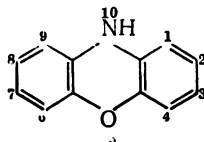
43. Изотиазол

44. Фенотиазин
10H-Фенотиазин (CA)

45. Изоксазол



46. Фуразан

47. Феноксазин
10H-Феноксазин (CA)

(а) О понятии старшинства см. примечание (а) к табл. 5.2.

(б) Во временных правилах раздела D (приложение 4 к разд. D структуры 2 и 3 вычеркнуты и добавлено 28 новых структур.

(в) Исключения из правила нумерации.

Расширенная система Ганча-Видмана

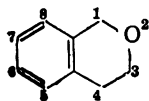
Кроме тривиальных названий в химии гетероциклических соединений широко применяется расширенная система Ганча-Видмана. По этой системе гетероатомы обозначаются слогами (префиксами), оканчивающимися буквой «а» (табл. 5.5) (буква «а» опускается перед следующей гласной буквой) и сопровождаются другим слогом, указывающим на размер цикла (табл. 5.6).

В некоторых случаях последний слог несколько видоизменяется, чтобы отразить степень гидрирования цикла, однако чаще для этого используется префикс «гидро-».

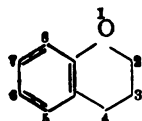
Большинство суффиксов табл. 5.6 образуется отделением нескольких букв от соответствующего числительного: «-ир», от

Таблица 5.4. Тривиальные и полутривиальные названия^(а) гидрированных гетероциклических систем, не применяемые для построения сложных названий методом конденсирования

1. Изохроман



2. Хроман



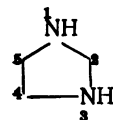
3. Пирролидин



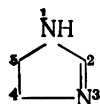
4. Пирролин (показан 2-)^(б)



5. Имидазолидин



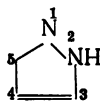
6. Имидазолин (показан 2-)^(б)



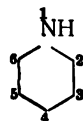
7. Пиразолидин



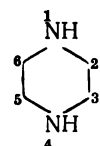
8. Пиразолин (показан 3-)^(б)



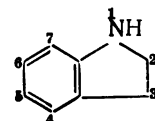
9. Пиперидин



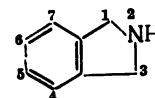
10. Пиперазин



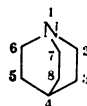
11. Индолин



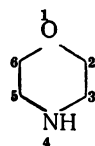
12. Изониндолн



13. Хинуклидин



14. Морфолин



(а) Разрешены правилами IUPAC; в ряде случаев СА использует более систематические названия.

(б) Цифры указывают на положение двойной связи.

Таблица 5.5. Префиксы, обозначающие гетероатом в циклах

Элемент	Валентность	Префикс	Элемент	Валентность	Префикс
Кислород	II	окса	Сурьма	III	стиба*
Сера	II	тиа	Висмут	III	висмута
Селен	II	селена	Кремний	IV	сила
Теллур	II	теллура	Германий	IV	герма
Азот	III	аза	Олово	IV	станна
Фосфор	III	фосфа*	Свинец	IV	плюмба
Мышьяк	III	арса*	Бор	III	бора
			Ртуть	II	меркура

* Если непосредственно за префиксом «фосфа-» стоит окончание «-ин», то «фосфа» следует заменить на «фосфор-», аналогично «арса-» и «стиба-» следует заменить на «арсен-» и «антимон-» соответственно. Кроме того, насыщенные шестичленные циклы называют не фосфорин и арсенин, но фосфоринан и арсениан соответственно.

Таблица 5.6. Суффиксы, применяемые для обозначения величины и степени гидрирования гетероцикла при его названии по расширенной системе Ганча-Видмана

Число звеньев в цикле	Суффиксы			
	для азотсодержащих циклов		для циклов, не содержащих азота	
	ненасыщенных*	насыщенных	ненасыщенных*	насыщенных
3	-ирин	-иридин	-ирен	-иран
4	-ет	-етидин	-ет	-етан
5	-ол	-олидин	-ол	-олан
6	-ин**	***	-ин**	-ан***
7	-епин	***	-епин	-епан
8	-окин	***	-окин	-окан
9	-онин	***	-онин	-онан
10	-ецин	***	-ецин	-екан

* Относится к максимальному числу некумулярованных двойных связей, гетероатом имеет нормальную валентность, указанную в табл. 5.5

** Относительно производных фосфора, мышьяка и сурьмы см. примечание к табл. 5.5.

*** Обозначаются с помощью добавления префикса «пергидро-» к названию соответствующего ненасыщенного соединения.



**** Не применяется для производных кремния, германия, олова и свинца. В этих случаях названию ненасыщенного соединения предшествует префикс «пергидро-».

«три» (трехчленный цикл), «-ет» от «тетра», «-еп» от «гепта», «-ок» от «окта», «-он» от «нона» и «-ек» от «дека», и только «-ол» для пятичленного и «-ин» для семичленного циклов являются оригинальными окончаниями в этой системе номенклатуры*.

Для шести- и более -членных гетероциклов терминальное «-ин» означает ненасыщенность азотсодержащего цикла; суффикс «-идин» используется как окончание полностью гидриро-

* От названий наиболее распространенных азотистых гетероциклов: пятичленный — пиррол, шестичленный — пиридин. — *Прим. ред.*

Таблица 5.7. Суффиксы, отмечающие размер частично гидрированных гетероциклических соединений

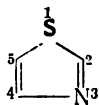
Число звеньев в частично гидрированном цикле	Суффиксы	
	для азотсодержащих циклов	для циклов, не содержащих азота
4	-етин	-етин
5	-олин	-олен
Примеры	 Δ^3 -1,2-азарсетин ^(а)	 Δ^3 -силолен

(а) В случае, когда названию предшествуют цифровые локанты, характеризующие положение гетероатомов, в порядке исключения для обозначения ненасыщенности используется заглавная буква греческого алфавита Δ (дельта) с надстрочным цифровым локантом (или локантами), характеризующим положение ненасыщенности.

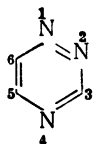
ванных трех- и пятичленных азотсодержащих циклов, «-ан» — для полностью гидрированных гетероциклов, не содержащих азота. Окончания частично гидрированных четырех- и пятичленных циклов приведены в табл. 5.7 (окончание «-олин» взято из системы Ганча-Видмана).

Если в цикле содержится более одного гетероатома, они указываются в порядке, определенном таблицей разд. В.1 правил IUPAC и в порядке увеличения атомного номера, например: «оксатиа», «тиаза», «оксаза» (обратите внимание на пропуск буквы «а» в «тиаза» и «оксаза»).

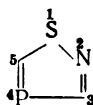
Локанты предшествуют полученным названиям. Гетероатом, стоящий выше в табл. 5.5, должен получить наименьший из возможных номеров, и далее так же поступают и с другими гетероатомами. Примерами здесь могут служить названия: 1,3-тиазол (36), 1,2,4-триазин (37) и 1,2,4-тиазафосфол (38) (вместо 1,3-тиазол обычно пишут просто тиазол).



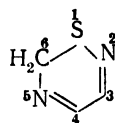
(36)



(37)



(38)



(39)

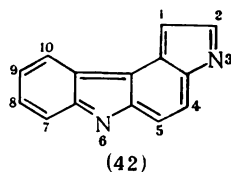
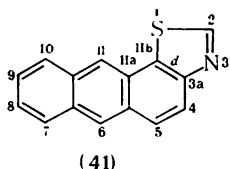
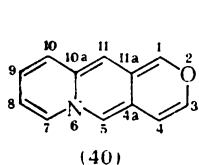
«Обозначенный водород» в группе CH_2 обычно фиксируют так же, как и в случае карбоциклических соединений (см. с. 104), например: 6H-1,2,5-тиадиазин (39).

Метод конденсирования при построении названий гетероциклов

Названия гетероциклов, приведенные в табл. 5.3 или составленные по расширенной системе Ганча-Видмана, могут быть сконденсированы с названиями циклических углеводородов или других гетероциклических систем по методу, аналогичному описанному ранее для углеводородов (см. с. 105—108). Естественно, что при этом возникают некоторые особенности.

При конденсировании названий гетероциклов используют следующие сокращения: фуру, имидазо, пиридо, хино и тиено. Названия других гетероциклов при слиянии не сокращаются.

Если гетероциклическая структура ориентирована так, как это характерно для соответствующей карбоциклической системы (без гетероатомов), то гетероатом в гетероциклической структуре должен получать наименьший возможный номер. Однако если гетероатом является узловым, то нумерацию ведут обычным путем, но без использования для гетероатома латинских букв *a*, *b*, *c* и др. Это положение иллюстрирует формула пирано[3,4-*b*]хинолизина (40).

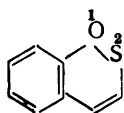


Как и в случае карбоциклических соединений, квадратные скобки используются для выделения локантов, относящихся к исходным компонентам, а не к конечному названию. Примерами могут служить названия: антра[2,1-*d*]тиазол (41) и пирроло[2,3-*c*]карбазол (42). Последнее соединение служит также иллюстрацией примера потери двух атомов водорода (одного из пиррольного цикла, а второго — из карбазольного) для образования системы с максимальным числом некумулированных двойных связей.

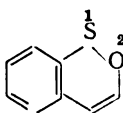
В этой области возникает много сложных, запутанных проблем, в основном связанных со слиянием компонентов и нумерацией. Ученым, работающим в данной области, следует тщательно проштудировать все детали раздела *B* правил IUPAC [1], книгу The Ring Index [3], а если понадобится, то и книгу Parent Compound Handbook [4]. Имеется также большая публикация по номенклатуре гетероциклических соединений, воспроизводящая также и правила IUPAC [5].

При конденсировании гетероциклического компонента, названного по системе Ганча-Видмана, с бензольным ядром (что, к счастью, встречается достаточно часто) возникают системы, называть которые значительно проще. Примерами могут слу-

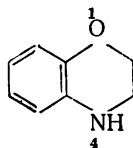
жить названия: бенз-1,2-оксатинн (43) и бенз-2,1-оксатинн (44).



(43)



(44)

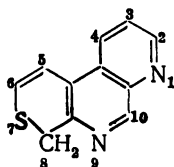


(45)

Все конденсированные гетероциклические структуры, содержащие меньше максимально возможного числа некумулированных двойных связей, должны в своем наименовании иметь префикс «гидро-», которому предшествуют локанты, указывающие положение гидрированных двойных связей, а после него положение «обозначенного водорода», например: 3,4-дигидро-2H-1,4-бензоксазин (45).

Заменительная номенклатура

Приведенные в табл. 5.5 префиксы, обозначающие гетероатомы по расширенной системе Ганча-Видмана, могут быть использованы и для общей заменительной номенклатуры. Достаточно перед наименованием углеводорода поставить префикс соответствующего гетероатома и цифровым локантом обозначить, какой из атомов углерода заменен на гетероатом. Получаемые таким путем названия часто более удобны, особенно для соединений, содержащих различные типы гетероатомных циклов, или для сложных циклических систем. Так, на примере 8H-7-тиа-1,9-диазафенантрена (46) можно видеть, что таким путем сохраняется привычная нумерация, и кроме того, гетероатомы получают наименьшие локанты.



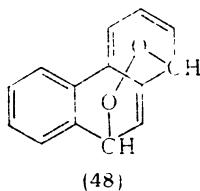
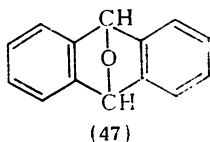
(46)

Применяя этот тип номенклатуры, в качестве родоначального соединения следует выбирать соответствующий углеводород, а не гетероцикл, содержащий меньшее число гетероатомов, так как это может привести к множественности названий. Например, в этом случае соединение (46) могло бы получить название 4H-3-тиа-7-азафенантридина и др.

Для заменительной номенклатуры гетероциклов весьма плодотворно могут быть использованы также названия типа бицикло-, трицикло- и т. д.

Гетеромостики

В ароматических и других сложных системах гетеромостики успешно могут быть обозначены по эпи-системе. Префикс «эпи-» (перед гласной укорачивается: «эп-») сопровождается названием мостикового радикала [в противоположность методу названия мостиковых углеводородов, где указывается название связывающего (мостикового) углеводорода, см. с. 109]. Таким путем для мостикового кислорода —O— получается префикс «эпокси-», для мостика —OO— «эпидиокси-», для —S— «эпитио-», для —NH— «эпимино-». Так, соединение (47) может быть названо по этому способу 9,10-дигидро-9,10-эпоксиантраценом, а соединение (48) —1,9-дигидро-1,9-эпидноксифенантrenom. Следует заметить, что префикс «дигидро», как и для мостиковых углеводородов, вместе с префиксом «эпи-» являются частью основной структуры, т. е. являются неотделяемыми (см. с. 85). Поэтому они не включаются в алфавитный порядок обычных префиксов, а остаются на своем месте.



ЛИТЕРАТУРА

1. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry, Definitive Rules for: Section A. Hydrocarbons; Section B. Fundamental Heterocyclic Systems; Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen Nitrogen, Halogen, Sulfur, Selenium and/or Tellurium, 1969, A. B 3rd. Ed., C 2nd Ed. Butterworths, London (1971); издано также Pergamon Press, Oxford, (a) pp. 8—11, 13—15; (b) pp. 22—29; (v) pp. 32—34; (r) pp. 35—37.
2. Hantzsch A. and Weber J. H. Ber. Deut. Chem. Ges., 20, 3119 (1887), Widman O., J. Prakt., Chem. (2), 38, 185 (1888).
3. Patterson A. M., Capell L. T. and Walker D. F., Th. Ring Index, American Chemical Society, Washington D. C. 1960; Supplement 1, 1963; Supplement 2, 1964; Supplement 3, 1965.
4. Parent Compound Handbook, Chemical Abstracts Service (1977).
5. Mcnaught A. D., Adv. Heterocycl. Chem., 20, 175 (1970).

НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

РАДИКАЛЫ (КАК ЗАМЕСТИТЕЛИ) ИЗ УГЛЕВОДОРОДОВ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Введение

Многие старые названия радикалов одобрены правилами IUPAC и до сих пор используются большинством химиков. Однако в правилах СА для указателей после долгих обсуждений введена большая систематичность, поэтому ниже рассматриваются оба варианта. Названия, принятые в СА, кажутся логически проще (но не короче) и, по-видимому, будут привлекать все большее внимание, шире использоваться.

Ациклические радикалы

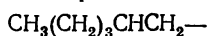
Как хорошо известно, названия одновалентных радикалов производятся от названий алканов, алкенов и алкинов путем замены суффиксов «-ан», «-ен» или «-ин» на «-ил», «-енил», или «-инил» соответственно, например: метил или бутенил-2. Правилами IUPAC разрешены следующие несистематические названия радикалов: $\text{CH}_2=\text{CH}-$ винил и $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$ аллил. СА не признает этих исключений.

Аналогично, правила IUPAC (но не СА) разрешают использование префикса «изо-» для немногих незамещенных радикалов [для C_3-C_6 , например: $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-$ изопропил], использование префикса *втор-* [только для $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-$ *втор-бутил*], префикса *нео-* [только для $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2-$ *неопентил*] и префикса *трет-* [для $(\text{CH}_3)_3\text{C}-$ *трет-бутил* и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2-$ *трет-пентил*].

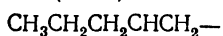
Согласно правилам IUPAC при обозначении положения заместителей в цепи радикала, атом, которым он присоединяется к основной части молекулы, получает наименьший из возможных номеров или, по другому методу, от этого атома начинают цепь радикала (т. е. этот атом получает номер 1), и соблюдают обычный порядок: наибольшая ненасыщенность, замещенность или длина*. Например, гептан C_7H_{16} дает радикалы: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2-$ гептил, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{CH}_3)-$ гептил-2, или, по второму методу, 1-метилгексил, радикал (1) это 2-метилгексил, и т. д. Аналогично, радикал (2) 2-этилпентил, а радикал (3) 2-пропилбутен-3-ил (по правилам СА: 2-этилпентил).

* По правилам СА приоритет имеет наиболее длинная цепь.

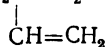
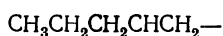
Правилами IUPAC разрешено тривиальное название изопропенил для радикала $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-$.



(1)



(2)



(3)

Радикалы типа $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_x\text{CH}=\text{}$ получают суффиксы «-илиден» (вместо «ан»), а более редкие радикалы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_x\text{C}\equiv$ называют алкилидинами.

Согласно правилам IUPAC как радикал $-\text{CH}_2-$, так и $\text{CH}_2=$ называют метиленом, $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ этандиилом (этиленом), а $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2-$ пропандиилом-1,2 (пропиленом); вышние неразветвленные дирадикалы $-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_x\text{CH}_2-$ называют алкандиилами-1, $x+2$ (полиметиленами), например: $-\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2-$ пентадиил-1,5 (пентаметилен). (Отметим здесь, что углеводород $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$, согласно систематической номенклатуре называют пропенем, но не пропиленом.) Из приведенных выше названий СА применяет только метилен и использует суффикс «-диил» для обозначения таких радикалов, как $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$ пропандиил-1,3 и $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2-$ 1-метилэтандиил (но не пропандиил-1,2 в последнем случае), поскольку нумерация должна быть начата с С-атома, связанного с метильной группой.

Аналогично называют ненасыщенные радикалы, например: $-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-$ бутен-2-илен (IUPAC) или бутен-2-диил-1,4 (2-butene-1,4-diyl, СА).

Радикалы из циклических систем

Радикалы, образуемые карбоциклами, называют аналогично описанному для алканов и алкенов. Аналогично из наименований аренов производится родовое наименование ароматических радикалов — арилы. Общим правилом для всех прочих радикалов — производных циклических молекул, является добавление к названию соединения суффикса «-ил», «-илен» или «-диил», «-илиден», «-триил». Например, инденил, индендиил, азуленил, карбазолил, птеридил и изоксазолил. Список некоторых исключений из этого правила, допускаемых в основном правилами IUPAC, но не СА, приведен в табл. 6.1.

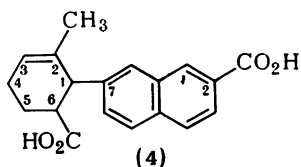
Нумерация

Во всех случаях локанты, обозначающие свободную валентность радикалов (т. е. место присоединения), должны быть по возможности наименьшими, поскольку это совместимо с любой фиксированной нумерацией системы. Они имеют приоритет над локантами кратных связей и любых заместителей. Например, в структуре (4) нафталиновое кольцо старше циклогексенового,

Таблица 6.1. Названия радикалов, образуемых из некоторых простых циклических систем

Название по IUPAC	Название по СА
Антрил	Антраценил (Anthracenyl)
Бензгидрил (или Дифенил-метил)	Дифенилметил (Diphenylmethyl)
Бензил	Фенилметил (Phenylmethyl)
Бензилиден	Фенилметилен (Phenylmethylene)
Изохинолил	Изохинолинил (Isoquinolinyl)
Ксидил	Диметилфенил (Dimethylphenyl)
Мезитил	2,4,6-Триметилфенил (2,4,6-Trimethylphenyl)
Нафтил	Нафталинил (Naphthalenyl)
α -Пиперидил	α -Пиперидинил (α -Piperidinyl)
Пиперидино	Пиперидинил-1 (1-Piperidinyl)
Пиридил	Пиридинил (P;ridinyl)
Стирил	2-Фенилэтенил (2-Phenylethenyl)
Тенил	Тиенил-2-метил (2-Thienylmethyl)
Тненил	Тиенил (Thienyl)
Толил	Метилфенил (Methylphenyl)
Тритил	Трифенилметил (Triphenylmethyl)
Фенантрил	Фенантранил (Phenanthrenyl)
Фенил	Фенил (Phenyl)
Фенилен	Фенилен (Phenylene)
Фенэтил	2-Фенилэтил (2-Phenylethyl)
Фурил	Фуранил (Furanyl)
Хинолил	Хинолинил (Quinolinyl)
Циннамил	3-Фенилпропен-2-ил (3-Phenyl-2-propenyl)

и поэтому оно является родоначальным, а второе — заместителем. Это приводит к показанной на формуле нумерации и к названию для (4) 7-(6-карбокси-2-метилциклогексен-2-ил-1)нафтойная-2 кислота (следует отметить, что направление нумерации



циклогексенового кольца отдает предпочтение двойной связи, а не карбоксильной группе, так как последняя в данном случае не является главной группой).

СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ

Свободные радикалы, образующиеся из алканов или циклических структур, получают те же названия, что и замещающие группы, например: $\cdot\text{CH}_3$ метил, $\text{C}_6\text{H}_5\cdot$ фенил. Электронодефицитная частица $\cdot\text{CH}_2$ и продукты ее замещения можно называть или метиленами, или карбенами, например: $\text{Cl}_2\text{C}\cdot$ — дихлорме-

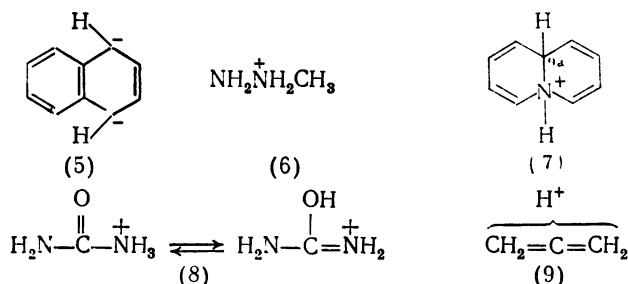
тилен, или дихлоркарбен. Карбены — групповое наименование этого класса соединений.

Окончание «-ил» применяют для свободных радикалов даже в том случае, когда групповое название оканчивается на «-и», например: $\text{CH}_3\text{O}\cdot$ метоксил (но не метокси); на «-ил» оканчиваются также названия свободных радикалов аминов, например: $\text{CH}_3\text{NH}\cdot$ метиламинил и $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N}\cdot$ пиперидинил-1 (но не пиперидино). Для специалистов можно отметить также рекомендуемое IUPAC название $\text{CH}_3\text{N:}$ метиламинилен и его аналоги, а также гидразил для $\text{NH}_2\text{NH}\cdot$. Однако для $\text{CH}_3\text{N:}$ более привычно название метилнитрен (по аналогии с карбеном), независимо от того, имеет ли место синглетное или триплетное состояние.

ИОНЫ

Названия анионов кислот образуются путем замены окончания «-вая кислота» на «-ат» (см. с. 35 сл., 135).

Анионы, образующиеся при отрыве протона (или протонов) от углерода, часто называют карбанионами. Конкретные названия карбанионов образуются путем добавления к названию исходного соединения суффикса «-ид» (или «-диид»). Например: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3^-$ бутанид-1, C_6H_5^- бензенид, дигидронафталиндиид-1,4 для структуры (5).



За исключением тех случаев, когда можно прибегнуть к окончанию «-ий», номенклатура катионов значительно сложнее. Сперва следует отметить такие простые катионы, как H_4N^+ аммоний, H_3S^+ сульфоний, а также сходные гетероциклические катионы и их производные (см. с. 42). Далее, это же окончание «-ий» может быть добавлено к тривиальному или систематическому названию соединения, которое образовало катион в результате присоединения протона, с добавлением в случае необходимости локанта. Типичными примерами могут служить: $^+\text{NH}_3\text{C}_6\text{H}_5$ анилинний, названия 1-метилгидразиний для структуры (6) (N^+ имеет локант 1) и 9aH-хинолизиний для структуры (7). Исключение составляет уроний (8).

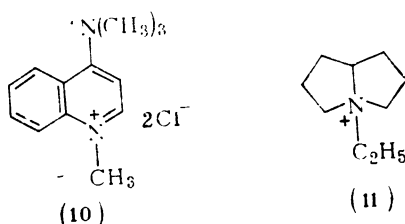
Катионы, формально рассматриваемые как результат присоединения протона к ненасыщенным соединениям, называют,

исходя из названий последних, также присоединением окончания «-ий»^(а), например: CH_3CH_2^+ этений, C_6H_7^+ бензолий и аллений для структуры (9).

Катионы, формально образуемые из свободных радикалов при потере электрона, могут называться, исходя из названий последних, например: CH_3CO^+ ацетилий, C_6H_5^+ фенилий; эту систему предпочитают в СА. Такие катионные структуры могут содержать делокализованные связи. Примером может служить катион C_6H_7^+ бензолий (дигидрофенилий); протонированная форма аллена может быть изображена структурой $[\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CH}_2]^+$ — аллений-2 (пропенилий). Другой простой способ состоит в написании после названия исходного радикала слова «катион» (отделяют дефисом), например: этил-катион, аллил-катион (последний уже упоминался выше под названием пропенилий-иона). Иногда применяемый для CH_3^+ термин «карбоний» не санкционирован правилами IUPAC и не желателен логически^(б). Возможно также присоединение протона к алкану с образованием такого необычного иона, как CH_5^+ ; в ожидании принятия решения относительно приемлимого официального правила его лучше всего обозначать как «протонированный метан». Групповое наименование «карбокатион» также не является официально принятым, но употребляется для обозначения соединений, содержащих положительно заряженный атом углерода.

Катион-радикалы получают названия с окончанием «иумил», например: $\text{C}_6\text{H}_6^+\cdot$ бензолиумил, $\text{C}_9\text{H}_7\text{N}^+\cdot$ хинолиниумил, $(\text{CH}_3)_2\text{S}^+\cdot$ диметилсульфониумил.

При использовании в префиксе характерное для катионов окончание «-ий» меняется на «-ио-», например: 1-метил-4-(триметиламмонно)хинолинийдихлорид для структуры (10).



В заменительных названиях заряженный гетероатом обозначают E_n^+ — «оксония-», «азония-» и «тионна-» вместо «окса-», «аза-» и «тия-». Это оказывается очень удобным для номенклатуры бициклов. Например, структуру (11) следует на-

^(а) В языках, пользующихся латинским алфавитом, употребляется окончание «-иум», например: ethenium, benzenium, allenium. — *Прим. переводч.*

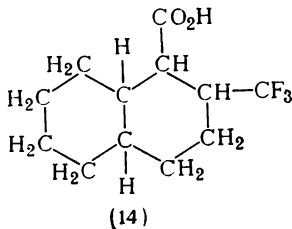
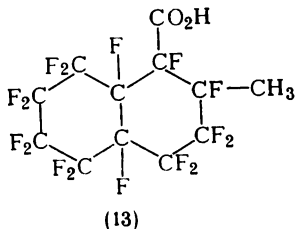
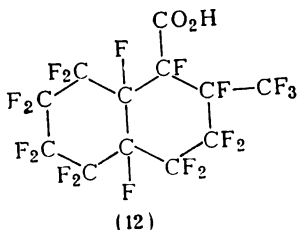
^(б) Для CH_3^+ лучше применять название карбенний, ибо *ониевые* ионы — это продукты присоединения протона, например: CH_5^+ . — *Прим. ред.*

зывать таким путем ионом 1-этил-1-азониабикло[3.3.0]октана. Для ознакомления с другими примерами следует обратиться к правилам IUPAC [1a].

ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Для названия галогенопроизводных очень удобна и широко применяется заместительная номенклатура с использованием в качестве префиксов названий «фторо-», «хлоро-», «бromo-» и «иодо-», например: 2-хлорохинолин, 2,3-дихлоропропионовая кислота или 1-бromo-6-иодогексан. Однако для очень простых соединений, таких как CH_3I , $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCl}_2$, $\text{ClC}_2\text{H}_4\text{Cl}$, нередко используют радикало-функциональные названия, например метилиодид, бензилидендихлорид (но не бензальдихлорид) и этилендихлорид соответственно. Удобство этих названий состоит в том, что они ясно подчеркивают главную, по существу единственную, химическую особенность соединения. В отдельных случаях информативна и аддитивная номенклатура, особенно когда имеется или предполагается возможность присоединения атомов галогена по двойной связи, как в названиях этилендихлорид $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, стиролдибромид $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBrCH}_2\text{Br}^{(a)}$.

Если в исходном соединении все атомы водорода замещены каким-либо одним галогеном, то полнота замещения может обозначаться префиксом «пер-». Однако следует различать названия перфтор (декагидро-2-метилнафтойная-1) кислота (12), гексадекафтордекагидро-2-метилнафтойная-1 кислота (13) и декагидро-2-(трифторметил) нафтойная-1 кислота (14).



(a) Названия такого типа могут служить источником недоразумений, и их лучше избегать. — Прим. ред.

Вероятно в силу краткости и давней традиции применения, названия типа фтороформ, хлороформ и т. д. для структур $\text{CH}(\text{Hal})_3$ продолжают использоваться и поныне, но распространение этой традиции на нитроформ для тринитрометана нежелательно. Для более сложных заместителей, содержащих галогены, приняты следующие префиксы: $-\text{IO}$ «иодозил-», $-\text{IO}_2$ «иодил-», $-\text{ClO}$ «хлорозил-», $-\text{ClO}_2$ «хлорил-», $-\text{ClO}_3$ «перхлорил-», $-\text{IX}_2$ «ди-Х-иодо-»

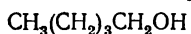
Катионы типа X_2Hal^+ называют замещенным хлоронием, бромонием и т. д.

COCl_2 можно называть фосгеном, карбонилдихлоридом (CA: carbonic dichloride), $\text{C}(\text{Hal})_4$ — тетрагалогенметаном или тетрагалогенуглеродом.

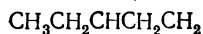
СПИРТЫ И ФЕНОЛЫ

Если OH является главной группой, то спирты и фенолы обозначают характерным суффиксом «-ол», в противном случае — префиксом «гидрокси-». Как уже отмечалось на с. 94, названия нафталиндиол-1,8 или хинолинол-8 правильнее, чем 1,8-дигидроксинафталин или 8-гидроксихинолин, хотя оба последних все еще встречаются в литературе. CA сохраняет тривиальное наименование «фенол», но для всех прочих соединений этого класса используют систематические названия, например: 1,3-benzenediol, 1-naphthalenol, 9-antracenol. Однако нельзя сказать, что отказ от тривиальных названий встречает восторг у химиков.

В алифатических спиртах группа OH , стоящая в главной цепи, обозначается суффиксом «-ол», например: пентанол-1 для соединения (15) и пентандиол-1,3 для (16). Присутствие OH -группы может определять выбор главной цепи (см. с. 91, 92).



(15)

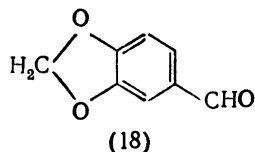
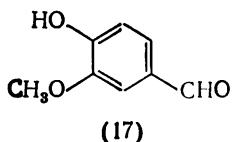


(16)

За исключением указателей CA, иногда еще используются радикало-функциональные названия для соединений этого класса, особенно для простых соединений алифатического ряда, например: метиловый спирт или бензиловый спирт. Соединение $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ проще называть *трет*-бутиловым спиртом, чем 2-метилпропанолом-2. Следует отметить, что название *трет*-бутанол некорректно, так как в нем суффикс «-ол» присоединен к несуществующему соединению: *трет*-бутану. Соединение $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ в промышленности называют изопропанолом, но с точки зрения систематики это также некорректное название.

Естественно, что в такой обширной и давно известной области, как спирты и фенолы, имеется такое множество тривиальных названий, что их привести все здесь просто невозможно. Однако некоторые из них должны быть отмечены.

Ряд алкоксибензойных кислот и алкоксибензальдегидов имеет хорошо известные тривиальные названия, например: $n\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ анисовая кислота, $n\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{CHO}$ анисовый альдегид, $3,4\text{-(CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{COOH}$ вератровая кислота, ванилин (17) и пиперональ (18).



В соответствующих спиртах AgCH_2OH радикал $\text{AgCH}_2\text{—}$ называют анисилом, вератрилом и т. д. Такие спирты правильно называть анисовый спирт, вератровый спирт. Однако такие заместители, как $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{—}$, $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{C}_6\text{H}_3\text{—}$ и т. д., также часто называют анисилом, вератрилом и т. д., что подчас ведет к ошибкам. Поэтому разумнее эти два типа радикалов называть $\text{AgCH}_2\text{—}$ алкоксибензилом и Ag— алкоксифенилом.

Название радикала $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C—}$ тритил применяют как префикс, но оно не используется в радикало-функциональных названиях. Например, $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{COH}$ называют трифенилметилловым спиртом, но не тритиловым спиртом.

Применение термина «карбинол» для названия продуктов замещения водорода в метиловом спирте CH_3OH , например дипропилкарбинол для структуры $(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{CHOH}$, полностью запрещено правилами IUPAC (так же как и производное от него название радикала — карбинил). Однако в литературе эти термины иногда все еще встречаются.

Названия алколюатов и фенолюатов образуются добавлением к названию исходного спирта суффикса «-ат» («-ят») [или суффикса «-олат» («-олят») к названию соответствующего углеводорода] и названия металла. Например: метанолят натрия CH_3ONa , фенолят натрия $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$. С другой стороны, название этих соединений может быть составлено из названия катиона и радикала с добавлением суффикса «-оксид», например: $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{ONa}$ циклогексидоксид натрия. Для производных некоторых широко распространенных гидроксисоединений (спиртов $\text{C}_1\text{—C}_4$ и фенола $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) рекомендуется использовать привычные сокращенные названия, например: $(\text{CH}_3)_3\text{COK}$ трет-бутоксид калия, $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O})_2\text{Ca}$ феноксид кальция.

ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

В несложных случаях для простых эфиров вполне применимы радикало-функциональные названия, например: диметиловый эфир, метилнафтил-1-овый эфир, нафтил-1-пропиловый эфир (обратите внимание на алфавитный порядок записи радикалов).

Название префикса для эфирного заместителя RO— образуется добавлением к названию радикала R суффикса «-окси».

Например: гептилокси, гептенилокси, однако для радикалов C_1-C_4 и фенила используется более краткая форма, когда отбрасывается суффикс «-ил» от названия радикала и он заменяется суффиксом «-окси», например: метокси или фенокси. Это относится также и к групповому названию: алкокси.

В применяемой СА заместительной номенклатуре для простой эфирной группы RO нет суффикса, и эта группа должна фигурировать только в префиксе. Даже самые простые эфиры при этом получают довольно необычные названия, например: $C_2H_5OC_2H_5$ 1-этоксигетан. Однако алкокси-префиксные названия становятся удобнее названий с использованием слова эфир, когда один из составляющих радикалов много больше другого или имеется несколько алкоксигрупп. В качестве примера приведем названия 3 β -метокси-5 α -холестан и 2,3,5-триметоксигинолин.

Названия с использованием слова *эфир* удобны не только в простых случаях и для симметричных соединений (например: дибутиловый эфир удобнее 1-бутоксигетана), но и для эфиров полиолов или фенолов, имеющих хорошо известные тривиальные названия, например: 1,3-диметиловый эфир глицерина или триметиловый эфир флороглюцина.

Префиксом для $-O-$ служит «окси-», для $-OO-$ — «диокси-» («перокси-»). Соединения ROOH называют R-гидропероксидами, соединения ROOR — R-пероксидами, где R — названия радикала.

Продукты присоединения к олефиновой связи озона издавна называют озонидами, например: $C_4H_8O_3$ бутен-2-озонид.

КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Кислоты. Общие положения

Названия органических кислот имеют окончания (суффикс) «-овая кислота» или «-карбоновая кислота». Существуют многие сотни полутривиальных названий кислот: насыщенных, ненасыщенных, ароматических, гетероциклических, гидрокси- и аминокислот, а также некоторых сульфокислот. Некоторые из этих названий возникли еще в 17-ом столетии. Далеко не полный список таких названий приведен в правилах IUPAC, здесь же основное внимание будет сосредоточено на систематической номенклатуре.

Небольшое число соединений, обладающих иными, чем $COOH$ и SO_3H , кислотными группировками, издавна также называют кислотами. Некоторые из таких названий, например пикриновая кислота, стифниновая кислота и аскорбиновая кислота, настолько прочно привились, что их не стоит менять, другие же, например крезоловая кислота (иначе — крезол) для названия технических смесей метилфенолов, из научной но-

менклатуры исключены и не должны более употребляться. С другой стороны, аминокислоты почти всегда фигурируют под тривиальными наименованиями, например: цистеин, орнитин, чем подчеркивается их более важная аминная, нежели кислотная функция. Поскольку названия производных кислот строятся на основе изменения окончаний «-овая кислота» или «-карбоновая кислота», то использование отмеченных тривиальных названий создаст определенные затруднения.

Прежде чем заняться более детально кислотами и их производными, стоит остановиться на историческом аспекте, пояснить, как номенклатура этого хорошо известного класса соединений менялась от случая к случаю, пока не превратилась в простую и ясный ряд. Английские названия, оканчивающиеся на «-ic acid» произошли от французского названия *acide acétique*, в котором *acétique* является именем прилагательным, превратившимся в английском языке в *acetic*. Если угодно, слово *acetic* можно рассматривать как «псевдорадикальное» название, а слово *acid* (кислота) — как функциональное название класса. Названия солей и сложных эфиров — ацетат натрия и этилацетат — также являются пережитками истории; еще Берцелиусом они были скопированы с издания известного хлорида натрия и этилхлорида. Названия ацильных радикалов, таких как ацетил, бензоил и циклогексанкарбонил, легко включились в современную практику, что привело к таким названиям, как ацетилхлорид и сходным названиям по радикало-функциональной номенклатуре. Название амида — N-ацетилпиперидин, включает использование слова ацетил в префиксе, в то время как названия ацетамид и ему подобные, могут быть восприняты, как указывающие на получение данного соединения из кислоты и аммиака. Наконец, название нитрил, по-видимому, происходит от «нитр-», но этиология окончания «-ил» не ясна.

Карбоновые кислоты

Все обычные и некоторые необычные кислоты, встречающиеся в жирах и маслах, равно как низшие алифатические и некоторые простые ароматические кислоты имеют полутривиальные названия. Тривиальные названия от муравьиной до валериановой (и изовалериановой) кислот используются в химии повсеместно, но после кислоты C_5 рекомендуется применять систематические названия, так как тривиальные названия кислот C_6 (капроновая), C_8 (каприловая) и C_{10} (каприновая) так сходны между собой, что легко вызывают путаницу.

Систематические названия карбоновых кислот могут быть образованы двумя путями: (1) добавлением к названию алкана, алкена, алкина и др. окончания «-овая кислота» или (2) обозначением группы $COOH$ окончанием «-карбоновая кислота».

В случае (1) углеродный атом группы CO_2H рассматривается как составная часть главной углеродной цепи, а «-овая кис-

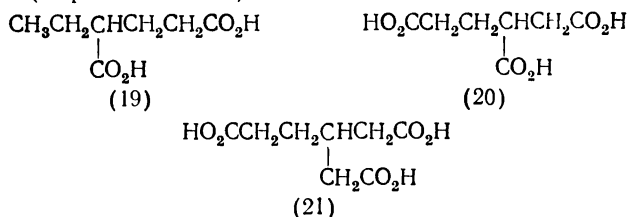
лота» означает присутствие группировки (А), но не (Б). Например, углеводород *n*-нонан $n\text{-C}_8\text{H}_{17}\text{CH}_3$ таким путем дает нона-



новую кислоту $n\text{-C}_8\text{H}_{17}\text{CO}_2\text{H}$, в которой С в группе CO_2H происходит от CH_3 -группы *n*-нонана; этот углеродный атом при нумерации получает локант 1. Для α,ω -дикарбоновых кислот к названию углеводорода добавляют окончание «-диновая кислота»; от *n*-нонана таким путем производят нонандиовую кислоту $\text{HO}_2\text{C}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$. В данном случае применения локантов не требуется.

В случае (2) окончание «-карбоновая кислота» означает замену одного атома Н на группу CO_2H , т. е. увеличение числа атомов углерода в молекуле. Так, кислота $n\text{-C}_6\text{H}_{17}\text{CO}_2\text{H}$ могла бы быть таким путем названа октанкарбоновой-1 кислотой (но так ее называть не следует). В этом примере локант 1 получает атом углерода, следующий за карбоксильной группой.

Пользуясь этими двумя способами названия кислот и учитывая описанные на с. 78, 80 и 91 правила выбора старшинства групп, соединение (19) следует назвать 2-этилпентандиовой кислотой (2-этилглутаровая кислота), а кислоту (20) логичней назвать бутантрикарбоновой-1,2,4 кислотой. Последний принцип нельзя применить к структуре (21), которую следует назвать 3-(карбоксиметил)гександиовой кислотой.



Для кислот, в которых группа CO_2H присоединена к циклической структуре, обязательно применение способа (2) или же использование полутривиального названия, например: пирролкарбоновая-1 кислота или бифенилдикарбоновая-2,2' кислота.

-овая/-ойная

Читатель знаком с большим числом названий кислот, оканчивающихся на «-овая кислота», «-ойная кислота» или «-карбоновая кислота». Эти окончания встречаются во всех тривиальных и полутривиальных названиях алифатических кислот, но не во всех их систематических эквивалентах. Среди названий кислот циклических структур нет строгой последовательности в окончаниях, например: бензойная кислота, толунловая кислота,

нафтойная кислота, фталевая кислота, коричная кислота, фурановая кислота (пироглизиновая кислота), никотиновая кислота. В указателях СА сохранены только четыре тривиальных названия кислот: муравьиная, угольная, уксусная и бензойная. Все прочие карбоновые кислоты, за исключением биологически важных аминокислот, получают систематические названия.

Прочие кислоты

Кислоты, содержащие группу $—C(O)OOH$, называют пероксикислотами. В индивидуальных названиях префикс «перокси-» помещают либо перед тривиальным названием кислоты, либо перед названием, оканчивающимся на «-овая кислота», а в случае кислот с окончанием «-карбоновая кислота» — перед этим окончанием. Например: $CH_3CH_2CH_2CO_3H$ пероксимасляная кислота, $C_6H_{11}CO_3H$ циклогексанпероксикарбоновая кислота и $o-C_6H_4(CO_3H)_2$ дипероксифталевая кислота. Исключениями являются: HCO_3H пермуравьиная кислота, CH_3CO_3H перуксусная кислота и $C_6H_5CO_3H$ пербензойная кислота. СА для пероксикислот применяет другие названия, заменяя окончание «-овая кислота» на «-пероксовая кислота» и «-карбоновая кислота» на «-карбопероксовая кислота». Например, CH_3CO_3H этанпероксовая кислота или $C_6H_{11}CO_3H$ циклогексанкарбопероксовая кислота.

Названия серосодержащих кислот составляются аналогично карбоновым кислотам с использованием для соединений RSO_3H окончания «-сульфоновая кислота», для RSO_2H окончания «-сульфиновая кислота» и для $RSOH$ окончания «-сульфеновая кислота». Окончание при этом добавляют к названию родоначального соединения, но не радикала из него, например: $C_6H_5SO_3H$ — это бензолсульфоновая кислота, но не фенилсульфоновая кислота. Названия производных серосодержащих кислот составляют так же, как и для карбоновых кислот. О фосфорсодержащих кислотах см. с. 195.

Кислотные группы в префиксах

Префиксами для обозначения кислотных групп служат: для $—CO_2H$ «карбокси-», для $—SO_3H$ «сульфо-», для $—SO_2H$ «сульфино-» и для $—SOH$ «сульфено-».

Название ацильной группы $RC(O)—$ зависит от того, какой тип номенклатуры был использован: радикало-функциональная или заместительная номенклатура, а также от того, какие правила используются. Согласно правилам IUPAC, название кислотного радикала производится от названия кислоты заменой окончания «-овая кислота» или «-ойная кислота» на суффикс «-онил» или заменой окончания «-карбоновая кислота» на суффикс «-карбонил». Для тривиальных, но обычно применяемых названий ацильных групп $C_1—C_5$ используют суффикс «-ил», а не

«-оил», кроме того, «-ил» вводится вместо суффикса «-ин» для обозначения превращения тривиальных названий аминокислот в название их ацильного радикала. Это приводит к таким названиям ацильных радикалов, как гексаноил, фталоил $o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{CO}-)_2$, циклогексанкарбонил, ацетил, аланил, и к полным названиям соединений, таким как гексаноилхлорид, ацетилкатион. Заместительные префиксы правил IUPAC имеют тот же вид, за исключением того случая, когда они образованы из окончания «-карбоновая кислота». Тогда $\text{RC}(\text{O})-$ называют в префиксе соединения, где R дает имя радикалу, а CO, как обычно, назван «карбонил». Таким образом, составлено, например, название 1-(циклогексилкарбонил)пиперидин.

Радикало-функциональные названия СА почти во всех случаях отличаются от таковых в правилах IUPAC. В указателях СА используются тривиальные названия только трех радикалов: формил, ацетил и бензоил. Ацильные группы от кислот, произведенные от названий кислот с использованием окончания «-карбоновая кислота», называют «циклоалкилкарбонил» и «арилкарбонил» (но не «циклоалканкарбонил» или «аренкарбонил», как это принято правилами IUPAC); например: флуоренилкарбонил. Все другие $\text{RC}(\text{O})-$ группы, рассматриваемые как заместители, называют как 1-оксоалкильные группы, например: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{O})-$ 1-оксопропил (ранее называли пропионил или пропаноил) и $-(\text{O})\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})-$ 1,4-диоксобутандиол-1,4 (прежде называли сукцинил или бутандиол). Такие оксоалкильные названия хорошо описывают структуру, но непривычны и могут заслонить функциональную взаимосвязь ацильного радикала с соответствующей кислотой.

Различия между радикало-функциональными и заместительными названиями кислотных радикалов касаются также и серосодержащих аналогов; в соединениях с заместителями X-SO_2- , $\text{X-SO}-$ и $\text{X-S}-$ для обозначения групп $>\text{SO}_2$ используют префикс сульфонил, для $>\text{SO}-$ сульфинил и для $>\text{S}-$ тио. Например, если $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2-$ выступает в роли заместителя, то такую группировку называют в префиксе бензолсульфонил-.

Аналогичные префиксные названия применяются и во многих других случаях. Очень важным является сложноэфирный префикс $\text{RO}_2\text{C}-$, четко называемый алкоксикарбонил, например: метоксикарбонил, бензилоксикарбонил; группу $\text{ClOC}-$ называют хлорформилом. Поскольку $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{H}$ называется карбаминной кислотой, то по правилам IUPAC остаток $\text{NH}_2\text{C}(\text{O})-$ называют карбамоилом (по СА: аминокарбонил).

Ионы

Ионы RCOO^- и аналогичные серосодержащие ионы называют заменой «-овая кислота» на суффикс «-ат» или «-оат», в зависимости от того, какое окончание было у кислоты. Примерами

здесь могут служить названия: CH_3COONa ацетат натрия, $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{K}$ бензолсульфонат калия, деканоат калия и бензолтрикарбоксилат-1,2,4 аммония.

Соли аминокислот, имеющих тривиальные наименования, лучше называть так: натриевая соль глицина, но применяется и название типа глицинат натрия, что не выглядит большой ошибкой с точки зрения современной неорганической номенклатуры.

Префиксом для иона ^-OOC — является карбоксилато.

Сложные эфиры

Сложные эфиры называют по аналогии с солями, хотя уже сто лет известно, что эта аналогия неправильна. Название радикала R в структуре $\text{RO}-\text{C}(\text{O})-$ заменяет катион в названии соли, например: метилацетат.

Префиксы для сложноэфирных групп были приведены выше. Другой тип префиксов для таких групп, как $\text{RC}(\text{O})\text{O}-$, образуется добавлением частицы «окси» к названию соответствующей ацильной группы, например: $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{O})\text{O}-$ бензоплюксили $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{C}(\text{O})\text{O}-$ циклогексилкарбонилюкси-.

Амиды

Для названия соединений RCONH_2 , RSO_2NH_2 и др. окончание, характеризующее соответствующую кислоту, заменяется на «-амид», например: ацетамид, гексанамида, пирролкарбоксамид-1 и т. д. Если атом азота замещен, что приводит к структурам $\text{R}'\text{CONHR}^2$, $\text{R}'\text{SO}_2\text{NR}_2^2$ и т. д., то подобные соединения можно называть как N-замещенные амиды, например: N-метилацетанилида, N,N-диэтилбензамид и т. д. Если группа R^2 при атоме азота сложнее, чем группа R^1 в ацильном радикале, то возможно обратное построение названия вещества. Простым примером такого случая служит название 1-ацетилпиперидина. Во многих случаях выбор между обоими названиями произволен.

Когда R^2 фенильная группа, можно использовать названия типа ацетанилида и сульфанилида.

Моноамиды простых дикарбоновых кислот можно называть с помощью окончания «-амовая кислота» или «-аниловая кислота», например: $o\text{-NH}_2\text{COC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ фталамовая кислота, $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCO}(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$ сукцинаниловая кислота. Однако СА (разумно) применяет более длинные, но и более систематические наименования для этих кислот, а именно 2-(аминокарбонил)бензойная кислота и 3-(фениламинокарбонил)пропановая кислота соответственно.

Подчас возникают или можно представить себе различные более сложные названия ацильных производных аминов. Некоторые из них обсуждаются в правилах IUPAC [1a].

Производные двухосновных кислот

В названиях производных двухосновных кислот обычно подразумевается, что в замещение вовлечены обе кислотные группы. Так, название сукцинат натрия подразумевает динатриевую соль янтарной кислоты, малононитрилом называют $\text{CH}_2(\text{CN})_2$, а фталамидом — диамид фталевой кислоты. Монометаллическая соль трактуется как кислая соль, например: гидросукцинат натрия. Аналогично называют моноэфиры. Однако для многих таких производных одну группу лучше указывать в префиксе, например: *n*-ClCOC₆H₄COOH *n*-(хлорформил)бензойная кислота.

ЛАКТОНЫ, ЛАКТАМЫ И ИХ СЕРУСОДЕРЖАЩИЕ АНАЛОГИ

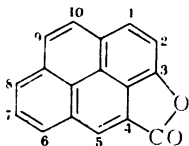
Для составления названий этих соединений имеется много возможностей, что вызывает большие затруднения. Поэтому здесь будут рассмотрены только способы, широко применяемые на практике и одобренные IUPAC.

Внутримолекулярные сложные эфиры, образующиеся в результате взаимодействия гидроксильной и карбоксильной групп гидроксикислот, сопровождающегося выделением молекулы воды с образованием циклической системы, называют лактонами.

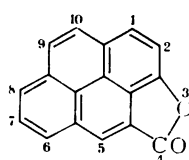
Лактоны, получаемые из моногидроксикислот помимо названий с окончанием «-лактон» можно также называть с добавлением суффикса «-олид» к названию соответствующего углевода. Так, соединение (22) может быть названо либо δ-валеро-лактоном, либо пентанолидом-5.



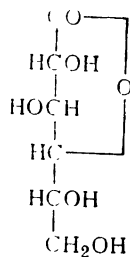
(22)



(23)



(23a)



(24)

Более сложные, особенно полициклические соединения можно называть как карболактоны; этот суффикс означает включение в циклическую систему группы $-\text{CO}-\text{O}-$. При этом локант CO-группы ставится в названии перед локантом O-атома, например соединение (23) следует называть пирен-4,3-карболактоном.

Если полигидроксикислота имеет тривиальное название, то образующийся из нее лактон может быть назван, исходя из этого названия, как в случае *D*-глюконо-1,4-лактона (24).

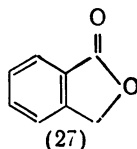
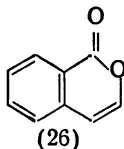
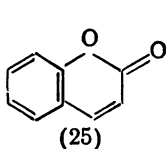
Соединения, содержащие группы $-\text{CO}-\text{NH}-$ или $-\text{C}(\text{OH})=\text{N}-$, включенные в цикл, предпочтительно называют

как гетероциклические соединения, но они могут быть названы и аналогично лактонам, с использованием суффиксов «-лактам» или «-лактим» соответственно.

Сульфонами называют внутримолекулярные эфиры, в которых вместо группы $>CO$ находится группа $>SO_2$. Они также могут называться аналогично лактонам с заменой суффикса «-карболактон» на суффикс «-сультон», присоединяемый к названию родоначального соединения. Сультамы являются SO_2 -аналогами лактамов и обозначаются суффиксом «-сультам» вместо «-лактам». Нежелательно распространять эту систему наименований на другие циклические эфиры и амиды, например циклические сульфиты не следует называть сульфинами.

Конечно, все эти соединения могут быть названы обычными для гетероциклов методами. Так, соединение (22) получит название тетрагидропиранон-2 (СА: tetrahydro-2H-ryan-2-one), а соединение (23) [перенумерованное, как показано на формуле (23a)] получит название 4H-пирено[3,4-bc]фуранон-4.

Многие лактоны имеют тривиальные названия, например: кумарин (25), изокумарин (26), фталид (27).



НИТРИЛЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ

Названия нитрилов алифатического ряда могут образовываться добавлением к названию углеводорода окончания (суффикса) «-нитрил», означающего замену трех концевых атомов водорода на группировку $\equiv N$; при этом число углеродных атомов в молекуле остается неизменным. Этот метод аналогичен названию кислот с помощью окончания «-овая кислота». Примерами могут служить n - $C_8H_{17}CN$ нонанонитрил или $NC(CH_2)_7CN$ непандинитрил.

Метод наименования кислот с использованием окончания «-карбоновая кислота» может быть трансформирован и для нитрилов с применением суффикса «-карбонитрил», как в названиях пирролкарбонитрил-1, бутантрикарбонитрил-1,2,4 [аналогично кислоте (20)].

По третьему методу, когда название кислоты оканчивается на «-ная кислота», при переходе к нитрилу это окончание изменяется на «-онитрил». Примерами служат ацетонитрил и бензонитрил.

Префиксом, обозначающим нитрильную группу, служит «циано-».

Радикало-функциональные названия, в которых нитрильная функция обозначается суффиксом «-цианид», применяют лишь в

Таблица 6.2. Цианиды и родственные группировки, применяемые при составлении функциональных названий различных классов соединений *RX* (приведены в порядке падения старшинства)

Группа X в <i>RX</i>	Суффикс функционального названия класса и родовое название класса	Префикс
—CN	цианид	циано-
—NC	изоцианид*	изоциано-
—OCN	цианат	цианато-
—NCO	изоцианат	изоцианато-
—ONC	фульминат	—
—SCN	тиоцианат	тиоцианато-
—NCS	изотиоцианат	изотиоцианато-
—SeCN	селеноцианат	селеноцианато-
—NCSe	изоселеноцианат	изоселеноцианато-

* Не следует употреблять названия (и суффиксы) изонитрил или карбиламин.

простых или специальных случаях, например: бензоилцианид C_6H_5COCN . Согласно правилам IUPAC, если соединение содержит в качестве главной группы одну из тех, которые приведены в табл. 6.2, то название составляется по радикало-функциональной номенклатуре, например: C_6H_5NCO фенилизоцианат. Если же эти группы не являются главными, то они называются в префиксе, например: $NCSC_6H_5COOH$ — тиоцианатоуксусная кислота. Однако в указателях СА, за исключением —CN, все эти группы приводятся только в префиксах, например: C_6H_5NCO изоцианатобензол*.

АЛЬДЕГИДЫ

Названия альдегидов составляются по одному из следующих методов:

(1) К названию алифатического углеводорода добавляется суффикс «-аль», означающий, что концевой атом углерода содержит группировку $-CH(=O)$ (углеродный атом от исходного углеводорода).

(2) К названию алифатического, циклического углеводорода или гетероцикла для обозначения присоединения $-CHO$ группы добавляется суффикс «-карбальдегид».

(3) Изменением в полутривиальных названиях окончаний «-овая кислота» (или «-ойная кислота») на окончание «-овый (ойный) альдегид».

* Точнее, в указателе СА, в инвертированной форме: бензол, изоцианато-. — *Прим. ред.*

Методы (1) и (2) аналогичны применяемым для кислот и используются в СА*, за исключением трех наиболее обычных представителей этого класса, для которых сохранены полутривиальные названия: формальдегид, ацетальдегид и бензальдегид. Другие часто встречающиеся названия составляют по методу (3).

Небольшое число альдегидов имеет специфические тривиальные названия (например: ванилин) или полутривиальные наименования (например: пиперональ).

Оксимы, семикарбазоны, гидразоны и другие сходные производные альдегидов получают названия, составленные из отдельного слова, характеризующего это производное, и названия соответствующего альдегида, например: семикарбазон нонаня или 2,4-динитрофенилгидразон бензальдегида. Иногда встречаются сокращения, такие как ацетальдоксим или бензальдоксим, но они представляются ненужными и не должны применяться для других альдегидов.

Некоторые соединения, содержащие как альдегидную, так и карбоксильную группу, получают английские названия типа succinaldehydic acid (ср.-амовые кислоты, с. 136), однако в русской номенклатуре подобные названия не употребляют.

Префиксом группы $-\text{CHO}$ является «формил-», который в то же время служит и названием ацильного радикала муравьиной кислоты.

КЕТОНЫ

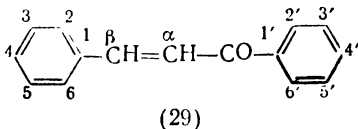
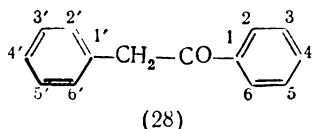
В заместительной номенклатуре кетонов группа $=\text{O}$ обозначается суффиксом «-он» или префиксом «оксо-», в зависимости от того, является ли эта группа главной или нет. Примерами могут служить $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCCH}_3$ бутанон-2 или 4-оксоциклогексанкарбоновая кислота. СА применяет иную заместительную номенклатуру. Например, такое соединение, как $\text{CH}_3\text{COC}_6\text{H}_5$, там называют: 1-фенилэтанон-1 (1-phenyl-1-ethanon), что необычно, так как незамещенная частица этанон-1 является альдегидом (это ацетальдегид). Применявшийся ранее для обозначения кетонов префикс «кето-» вышел из употребления, но сохранился в групповых наименованиях, таких, например, как кетокислоты.

В радикало-функциональной номенклатуре группа $>\text{C}=\text{O}$ в кетоне R^1COR^2 является функцией; родовым признаком служит окончание «-кетон», которому предшествуют названия радикалов R^1 и R^2 , располагаемые в алфавитном порядке. Например, $\text{CH}_3\text{COCCH}_2\text{CH}_3$ получает таким путем название метилэтилкетон.

Тривиальные и полутривиальные названия кетонов встречаются реже, чем в других классах органических соединений,

* В СА суффикс «-карбальдегид» недавно заменен на «-карбоксальдегид».

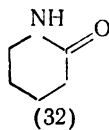
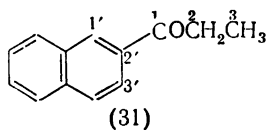
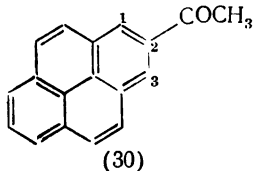
однако некоторые из них очень существенны: CH_3COCH_3 ацетон, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCOC}_6\text{H}_5$ бензил, дезоксибензонин (28), халкон (29), $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$ кетен (последнее соединение по свойствам резко отличается от обычных кетонов).



По аналогии с бензилом названы также и некоторые аналогичные дикетоны, например: $[(2\text{-C}_4\text{H}_3\text{O})\text{CO}]_2$ 2,2'-фурил (следует отметить, что фурилом называют также радикал $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}$)*. Частично восстановленный бензил $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{COC}_6\text{H}_5$ называют бензонном. Аналогично называют и его аналоги.

До сих пор все было просто, но дальше начнутся сложности.

Начать с того, что, безусловно, возможен и другой метод составления названий кетонов. $\text{RCO}-$ является ацильной группой и может называться как заместитель в соединении $\text{R}^1\text{R}^2\text{CO}$, и это часто бывает, когда R^1 существенно больше или сложнее, чем R^2 (особенно в случае циклических производных). И действительно, например, для соединения (30) название 2-ацетилпирен значительно лучше, чем ацетилпиренилкетон. Существует давно бытующий вариант такого составления названий кетонов, в котором для производных бензола и нафталина, в случае небольших ацильных радикалов, суффикс «-ил» заменяют на суффикс «-о», а для обозначения циклической структуры применяются окончания «-фенон» или «-нафтон». В качестве хорошо известных примеров можно привести $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$ ацетофенон, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_5$ бензофенон, и 2'-пропинафтон (31) (обратите внимание на штрихи у локантов цикла).

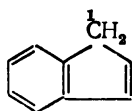


Циклические кетоны заслуживают более детального рассмотрения. Начнем с того, что группа $\text{C}=\text{O}$, стоящая рядом с атомом кислорода или азота, характеризует соответственно лактонную или лактамную группировку, и эти соединения могут получать названия, отвечающие этим классам соединений. Однако в действительности многие лактоны и почти все лактамы обычно получают названия, соответствующие обычным кетонам. Например, лактам (32) называют пиперидоном-2, в то время как лактон (22) (см. выше) часто называют δ -валеролактоном.

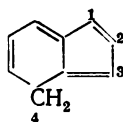
* В английском языке эти термины отличаются написанием: в первом случае furil, а во втором furyl - *Пили ред.*

В указателях СА лактам (32) фигурирует как 2-piperidinon (порусски его называют: пиперидон-2), (22) фигурирует как tetrahydro-2*H*-pyran-3-one (тетрагидро-2*H*-пиранон-3).

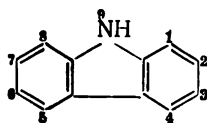
В гл. 5 уже говорилось, что символ *xH* (где *x* — локант, а *H* — «обозначенный водород») помещается перед названием циклического соединения, в котором содержится «лишний» водород, остающийся после распределения в молекуле максимально возможного числа сопряженных двойных связей. Такая ситуация возникает, например, в молекулах индена (33) и карбазола (34). Оба эти соединения столь широко известны, что 1*H* в (33) и 9*H* в (34) обычно в названиях не указываются. Однако в названиях их изомеров (33а) и (34а) положение «обозначенного водорода» — 4*H*-инден и 1*H*-карбазол соответственно, указывается обязательно; при замещении атомов водорода в CH₂-группе, например на метильные группы, такие структуры перестают быть чисто гипотетическими.



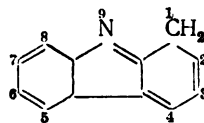
(33)



(23а)

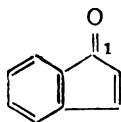


(34)

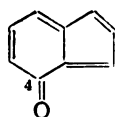


(24а)

Далее, поскольку суффикс «-он» означает замену двух атомов водорода на кислород, то кетон (35) получает название инденон-1, а кетон (36) — инденон-4. В данных случаях можно считать, что локант «обозначенного водорода» не обязателен, так как локанты стоят у СО групп, однако СА сохраняет в названиях углеводов и гетероциклов как локант «обозначенного водорода», так и локант суффикса; таким образом, в указателях СА кетон (35) называется 1*H*-инденон-1 (1*H*-inden-1-one).



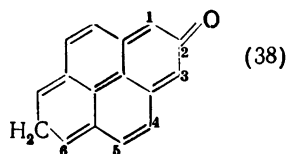
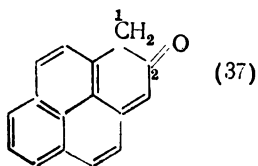
(35)



(36)

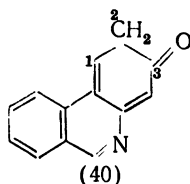
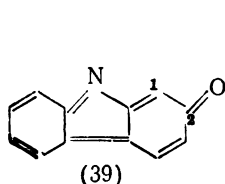
Иное затруднение возникает, когда оксогруппа вводится в родоначальную циклическую систему, не содержащую лишнего

атома водорода. Так, из пирена могут быть получены два кетона (37) и (38) и, естественно, что положение в них «обозначенного водорода» должно быть отмечено в названии. Однако поскольку этот водород возник вследствие введения в молекулу

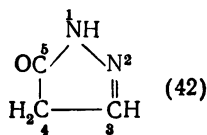
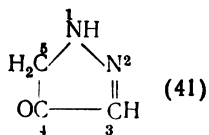


оксогруппы, а не обусловлен скелетом самого пирена, «обозначенный водород» должен быть объединен с суффиксом «-он», а не с наименованием пирена. Таким образом для кетонов (37) и (38) получаются соответственно названия пиренон-2(1*H*) и пиренон-2(7*H*).

Аналогичная ситуация часто возникает и с гетероциклическими кетонами. Кетон (39) должен быть назван как карбазолон-2(2*H*), кетон (40) это фенантридинон-3(2*H*).

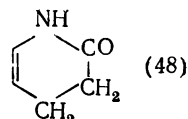
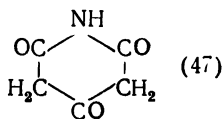
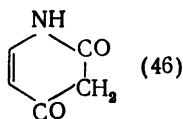
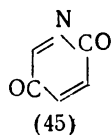
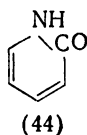
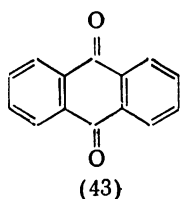


Прежде чем двигаться дальше, следует сделать небольшое отступление. Согласно правилам IUPAC (но не CA), некоторые названия кетонов могут быть сокращены. Типичными примерами могут служить следующие названия: антрон [для антрацена-9(10*H*)], а также акридон, пиридон, пиперидон, хинолон и изохинолон, образующиеся в результате пропуска частицы «ин» в середине слова. В некоторых случаях пропускается также указание на «обозначенный водород». Давно установленные структуры (41) и (42) для пиразолона-4 и пиразолона-5 соответственно не отвечают рассмотренным выше правилам, так как из каждого цикла могут быть удалены два атома водорода, однако, несмотря на это, указанные названия широко применяются в литературе. Упрощенные названия оксазолон-4, изооксазолон-4 и тиазолон-4 указывают на наличие в цикле этих соединений последовательностей CO—CH₂—O или CO—CH₂—S, и следовательно, они не содержат максимального числа сопряженных двойных связей.



Номенклатура некоторых циклических ди- и поликетонов имеет свои особенности. Издавна ароматические, полностью сопряженные дикетоны и тетракетоны получали названия добавлением к названию родоначального углеводорода или гетероцикла суффикса «-хинон» [родоначальное название иногда сокращается, как в случае антрахинона (43)]. По СА, как обычно, соединение (43) получает название антрацендион-9,10 (9,10-anthracenedione).

Более серьезные трудности у авторов могут возникнуть, например, при названии производных пиридина. Соединение (44) называют пиридон-2(1*H*), хотя обычно локант 1*H* отбрасывается. Нет указания на наличие «обозначенного водорода» и в названии соединения (45): пиридиндион-2,5. Однако соединение (46) (тоже дикетон) получает название пиридиндион-2,4(1*H*,3*H*). Соединение (47) могло бы получить название пиридинтрион-2,4,6(1*H*,3*H*,5*H*), однако учитывая тот факт, что соответствующий насыщенный азотсодержащий гетероцикл



называют пиперидином, для (47) проще название пиперидинтрион-2,4,6. Отметим заодно, что соединение (48) получает название 3,4-дигидропиридон-2(1*H*).

Эти названия иллюстрируют, почему номенклатура циклических кетонов названа «областью несчастной семантики» [2]. Аномалии очевидны: все соединения серии (44)—(46) названы как производные пиридина, хотя соединения (44) и (45) произведены от дигидропиридинов, а соединение (46) — от тетрагидропиридина; соединение (48) получило в названии префикс «дигидро», хотя оно производимо от того же самого тетрагидропиридина, что и (46). С химической точки зрения, в этой номенклатуре степень гидрирования родоначальной циклической системы не принимается в расчет. То же относится и к названию для (43), принятому в СА. Единственное, что имеет значение, это необходим ли «обозначенный водород» после введения оксогруппы и размещения в цикле максимального числа некумулированных двойных связей.

В применявшейся ранее номенклатуре химическая степень гидрирования кольца учитывалась, поэтому соединение (43) называли 9,10-дигидро-9,10-диоксоантраценом, а соединение (44)

1,2-дигидро-2-оксопиридином. Однако эта гидро-оксо-система имела существенный недостаток: она не предусматривала суффикса или функционального наименования класса для кетонной группы, которая является главной для этих циклических кетонов. Таким образом, в современной номенклатуре нет места для гидро-оксо-наименований, и несмотря на кажущиеся химические апомалии описанной выше системы, она в настоящее время должна применяться — с указанием, где это нужно, «обозначенного водорода» *H*.

Производные кетонов

Оксимы, гидразоны и другие производные кетонов получают названия аналогично соответствующим производным альдегидов (см. с. 140).

АМИНЫ

В заместительной номенклатуре для наименования аминов применяется суффикс «-амин», присоединяемый к названию углеводорода или гетероцикла, аналогично суффиксам «-ол» или «-он». Например:

Этанамин	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$
Пентаэтиламин-1,3,5	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
Пиридинамин-2	$2-(\text{H}_2\text{N})\text{C}_5\text{H}_4\text{N}$

Эти названия не столь привычны, как названия, созданные на основе гофмановской теории типов много лет назад и рассматривающие амины как продукты замещения водорода в родоначальном соединении на аммиак: этиламин, метилэтиламин, триэтиламин, фениламин (анилин), *N*-метил-бензиламин. Эта система наименований также разрешена правилами IUPAC, однако лучше забыть старое и применять как основу название углеводорода, а не радикала.

В указателях СА ныне применяется исключительно система суффиксов*, хотя название анилин все еще не изжито из обычной практики. Для вторичных и третичных аминов в качестве родоначального соединения выбирается наибольший углеводород (если такой выбор возможен), а остальные группы называются в префиксах с применением в качестве локантов курсивных букв *N*- и *N,N*-. Например:

$\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{CH}_3$	<i>N</i> -метилэтанамин
$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NHC}_6\text{H}_5$	<i>N,N</i> -диэтилбензоламин (<i>N,N</i> -диэтиламин)
$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	<i>N,N</i> -диметилметанамин

Названия соединений, содержащих атом азота в цикле, заканчиваются слогами, приведенными для них в табл. 5.6 (см,

* В частности, анилин называют benzenamine. — *Прим. ред.*

с. 108). В гетероциклах, содержащих NH-группу, цифровой локант заменяет букву *N*, например: 1-фенилимидазол.

В качестве префикса для группы H_2N — в номенклатуре приняты слог «амино-», но свободный радикал $\text{H}_2\text{N}\cdot$ называют «аминил-» (см. с. 126).

Многие амины имеют полутривиальные наименования, это особенно относится к алкалоидам, другим гетероциклическим основаниям и аминокислотам.

Ряд замещенных анилинов издавна называют с помощью суффикса «-идин», например: ксилидин, анизидин и др., но большинство этих специальных названий вышли из употребления, за исключением толуидина, бензидина (название которого трудно произвести от бензола) и, конечно, анилина.

Соли аминов

Правила названия органических соединений IUPAC [1г] явно не устанавливают общей системы для наименования солей первичных, вторичных и третичных аминов, но правила названия неорганических соединений [3] предписывают называть их как замещенные аммониевые соли, например: $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$ — диэтиламонийхлорид. Такие названия недвусмысленны и вполне понятны. Однако представляется, что лучше следовать предписаниям СА, которые образуют названия протонированных ионов первичных, вторичных и третичных аминов добавлением к слову «амин» суффикса «-ий» (см. с. 127). Это дает для соли $(\text{CH}_3\text{NH}_3)^+\text{Cl}^-$ название метанаминийхлорид, для соли $(\text{C}_5\text{H}_5\text{NH})^+\text{NO}_3^-$ — пиридиинийнитрат. Конечно, название метиламинийхлорид также приемливо. Однако для составления названий солей аминов и двухосновных кислот следует приложить некоторые усилия. Например, соль $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3)^+\text{HSO}_4^-$ называют анилийгидросульфат, а $(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3)_2^{2+}\text{SO}_4^{2-}$ — дианилийсульфат; отметим сразу же, что названия анилинсульфат и анилийсульфат могут относиться к обоим показанным солям.

Иногда все еще применяются такие названия, как гидрохлорид анилина или пикрат пиридина. Обратите внимание на то, что префикс «гидро-» включается только с названием галогенида: гидрохлорид, гидробромид или гидроиодид анилина, но пикрат или нитрат анилина. Вероятно, эта старая нерациональная практика происходит из названий кислот.

По правилам IUPAC четвертичные соли называют как аммониевые соли, например: $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+\text{Br}^-$ — тетраметиламмонийбромид, однако СА рассматривает теперь соль как производное исходного первичного амина. Таким образом, указанная выше соль получает название *N,N,N*-триметилметанаминийбромид (*N,N,N*-trimethylmethanaminium bromide), а $[\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+$ называют *N,N,N*-триметилбензоламиний-ионом (*N,N,N*-trimethylbenzeneaminium ion). Иногда четвертичные соли трактуются по старому методу как «мето»-соли, например: триэтиламинме-

тохлорид, хинолинметопикрат; эти устарелые названия не должны более употребляться, хотя их все еще иногда применяют для соединений невыясненной структуры.

СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ СЕРУ

Сульфоновые, сульфиновые и сульфеновые кислоты уже рассматривались выше (см. с. 134), однако имеется много других типов органических соединений, содержащих серу, для которых принятая номенклатура IUPAC сложна, часто малопонятна и в общем неудовлетворительна. Рассмотрим следующие факты.

Слог «тио» для обозначения серы встречается в названиях (частях названий): *тиол*, *тион*, *тиониа* и *тио* как таковой; неоднократно упоминавшиеся слоги «тия» по системе Ганча-Видмана (см. с. 118) обозначают присутствие атома серы в цикле или по заместительной номенклатуре (см. с. 76, 121) — замену атома углерода на серу.

В заместительной номенклатуре слог «тиол» является суффиксом, если $-SH$ группа присутствует в качестве главной, например: CH_3SH в метантиоле. Однако если эта группа не является главной, то для ее обозначения применяют префикс «меркапто-».

Если сера, связанная двойной связью ($C=S$), является главной группой, то для ее обозначения применяется суффикс «-тион», аналогично тому, как карбонильная группа ($C=O$) обозначается суффиксом «-он»; например: $CH_3CH_2C(=S)CH_3$ бутантион-2. Родовым названием данного класса является слово «тиокетоны», а префиксом, если группа $C=S$ не является главной, служит слог «тиоксо-».

Катион $(R_3S)^+$ получил название «сульфоний», например: $(CH_3)_3S^+Cl^-$ триметилсульфонийхлорид. В префиксе катион R_3S^+ называют «сульфонио-», в заместительной номенклатуре для него используют префикс «тионна-» (см. с. 197).

Термин «тио-» (не видоизмененный) требует более подробного рассмотрения. Он применяется в двух различных случаях: для обозначения $-S-$ как линейного компонента и для замены атома кислорода (в последнем случае это приводит к «тиокетонам» и «тиоксо-»).

Связывание двухвалентной серы $-S-$ (называемой «тио») с органической группой приводит к радикалу $RS-$, называемому «R-тио», например: CH_3S- метилтио-, точно так же, как двухвалентный радикал $>CO$ карбонил- приводит к радикалу метоксикарбонил- для $CH_3OC(O)-$. Названия типа «метилтио-» помещаются в префиксе, если серосодержащая группа присоединена к большой группе, как в случае 1-(метилтио)пирена. Конечно, для указанных названий имеется радикало-функциональная альтернатива, например использование слова «сульфид» как функционального названия класса (вспомните неорганическую химию, которая приводит к этой старой номенклатуре).

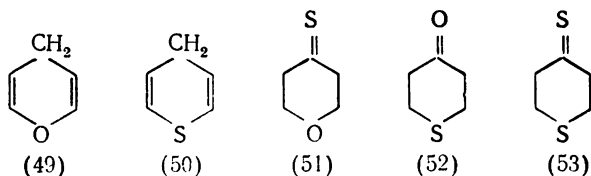
Суффиксу «-сульфид» в названии R^1SR^2 предшествуют названия радикалов, помещаемые в алфавитном порядке, например: $CH_3SCH_2CH_3$ метилэтилсульфид, $C_2H_5SC_2H_5$ диэтилсульфид. Для простых соединений такие названия широко применяются.

Соли тиолов называются тиолатами, например: CH_3CH_2SNa этантиолат натрия или, по правилам радикало-функциональной номенклатуры, этилсульфид натрия.

Казалось бы очевидным, что если группу $AlkS$ — называют «алкилтио-», то группу HS — следует называть «гидроттио-», но это отвергнуто, вместо этого используется «меркапто-», происходящее от старого названия класса соединений RSH (меркаптаны); теперь это название заменено названием тиолы.

Другой вариант использования слога «тио» для звена $-S-$ заключается в наименовании симметрично построенных соединений, таких как $S(CH_2CH_2COOH)_2$, которое проще назвать как 3,3'-тиодипропионовая кислота.

Совершенно иным, и иногда неудачным, является использование слога «тио» для обозначения замены атома кислорода серой, что имеет целью подчеркнуть аналогию между этими двумя классами соединений. Наибольшие трудности возникают, когда слог «тио» применяют для обозначения замены кислорода, связанного простыми связями с двумя группами или атомами. Например, C_6H_5SH тиофенол, звучит совершенно одинаково с названием гидроксипроизводного тиофена. Другой пример: соединение (49) это 4*H*-пиран; таким образом, при замене кислорода на серу соединение (50) получает название 4*H*-тиопиран, однако под названием тетрагидротииопиранон-4 можно подразумевать либо соединение (51), либо (52). В то время как (51) логичнее назвать тетрагидропирантион-4, соединение (52) лучше назвать по системе Ганча-Видмаиа тетрагидротиапиранон-4, и сходно с этим соединение (53) назвать тетрагидротиапирантионом-4. Можно отметить, что не исключены и другие решения, а именно: соединение (50) назвать тиапираном, что применя-



лось ранее, но отвергнуто правилами IUPAC, ибо открывает путь для замены серой других гетероатомов, например соединение (50) тогда можно было бы назвать и 4*H*-тиапиридином (замена атома азота на серу) и т. д.

Особый случай представляет соединение $HSCH_2COOH$, которое иногда называют тиогликолевой кислотой, так как она является аналогом гликолевой кислоты $HOCH_2COOH$. Сложность состоит в том, что термин «тиогликолевая кислота» принадлежит также к аналогу гликолевой кислоты, в котором на

серу заменен один из атомов кислорода карбоксильной группы (см. ниже). Разрешить эту сложность можно, лишь применяя для кислоты HSCH_2COOH название меркаптоуксусная кислота.

Имеются и другие примеры для обоих рассмотренных выше осложнений.

Приставки «тио» и «дитио» также широко применяются в названиях тиокислот как неорганических (см. с. 36), так и органических, таких как тиоуксусная кислота $\text{CH}_3\text{C}(\text{O},\text{S})\text{H}^*$ или дитиобензойная кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{CS}_2\text{H}$, в которых один или оба атома кислорода карбоксильной группы заменены на серу. Термин «дитио» однозначен, в то время как термин «монотио» неспецифичен, так как он не дает информации о том, замещен ли на серу кислород карбонильной группы или гидроксильной; уточнение этой неопределенности необходимо, так как место присоединения (локализация) атома водорода весьма существенно (хотя предположительно, он скорее находится у S, нежели у O). Если этот вопрос точно решен, то соответствующие соединения должны быть названы, скажем, так: $\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{SH}$ тиоуксусная S-кислота и $\text{CH}_3\text{C}(=\text{S})\text{OH}$ тиоуксусная O-кислота. Обычно такое различие можно провести для соответствующих сложных эфиров, и тогда их легко различать по названиям, например: S-метилтиоацетат для $\text{CH}_3\text{C}(=\text{O})\text{SMe}$ и O-метилтиоацетат для $\text{CH}_3\text{C}(=\text{S})\text{OMe}$.

Для кислот, название которых оканчивается на «-карбоновая кислота», суффиксы серусодержащих аналогов выглядят так: «-карботионовая кислота» и «-карбодитионовая кислота». Старые суффиксы, служившие для различения этих кислот: «-тиоловая кислота», «-тионовая кислота» и «-тионотиловая кислота», отвергнуты правилами IUPAC.

Наименования R-сульфонил- для радикала RSO_2- и R-сульфинил- для $\text{RSO}-$ (где R — название органического радикала) описаны выше (см. с. 135). Их надо отличать от терминов «сульфон» и «сульфоксид», означающих родовые названия соответствующих классов в радикало-функциональной номенклатуре, например: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{S}(\text{O})_2\text{CH}_3$ метилэтилсульфон.

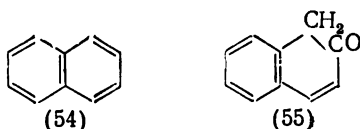
В качестве префиксов для групп RS_2- , RS_3- и т. д. применяют термины «R-дитио-», «R-трיתיо-» и т. д. (где R — название органического радикала); в радикало-функциональной номенклатуре их заменяют термины дисульфид, трисульфид и т. д., например: $\text{CH}_3\text{S}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ метилэтилдисульфид. Недавно разработана новая номенклатура для уже известных или еще не полученных соединений, содержащих цепь, состоящую из атомов серы; эта номенклатура основана на названии *сульфан* для родоначального соединения HSH . Таким образом, соединение HSSH получает название дисульфан, HSSSH — трисульфан и т. д. (см. с. 29). Группы или атомы, замещающие в сульфанах

* Заключение в скобки в данной формуле означает, что атом водорода может быть связан либо с атомом серы, либо с атомом кислорода.

атом водорода, указывают в префиксе. Так, C_6H_5SSH будет называться фенилдисульфаном, CH_3CH_2SSCl — хлорэтилтрисульфаном. Даже если заместитель обладает кислотными свойствами, он все равно указывается в префиксе, например: CH_3SSOH называют 1-гидрокси-3-метилтрисульфаном; натриевую соль CH_3SSNa называют метилтрисульфанидом натрия, а натриевую соль CH_3SSONa — 3-метил-1-оксидотрисульфанидом натрия («оксидо» означает O^-).

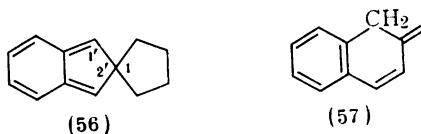
«ОБОЗНАЧЕННЫЙ ВОДОРОД». ОБОБЩЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ

Понятие «обозначенный водород» (изображаемый курсивом *H* с цифровым локантом перед ним) обсуждалось выше в двух контекстах (см. с. 104 и 142). В первом случае «обозначенный водород» фигурировал в таких названиях, как 1*H*-флуорен и 4*H*-пирен, где после введения в цикл максимально возможного числа некумулированных двойных связей оставался «лишний» атом водорода, причем возможна его различная локализация. Таким образом, местоположение этого водорода следует «показывать» локантом. Второй раз речь шла о кетонах. В данном случае кетоны формально рассматривались как полученные из циклической системы, содержащей «обозначенный водород» путем замены группы CH_2 на CO . При этом оксогруппу обычно называют введением суффикса «-он», например: 1*H*-флуоренон-1. Однако встречаются случаи, когда «обозначенный водород» возникает лишь после введения в циклическую систему кетонного кислорода. Такой случай может быть иллюстрирован переходом от нафталина (54) к нафталинону-2(1*H*) (55), где символ 2(1*H*) показывает, что 1*H* появился в результате возникновения 2-оксогруппы.

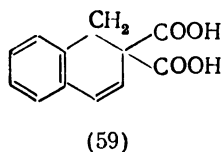
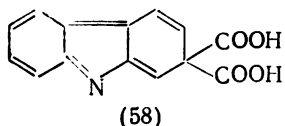


Хотя простые случаи, описанные только что и ранее, встречаются наиболее часто, усложнение и дальнейшее развитие этой процедуры будет не лишним.

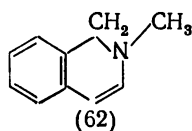
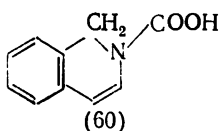
Следует отметить роль самого усложнения цикла. Так, спира́н (56) должен быть назван спиро[циклопентан-1,2'-2*H*-инден] (так как связь осуществлена с изомерным инденом). Аналогично радикал (57) назван как нафталиден-2(1*H*), где символ 2(1*H*) указывает на необходимость возникновения дополнительного 1*H* как следствие образования -илиденового радикала.



Соединение (58) аналогично (в номенклатурном смысле) простым циклическим кетонам и названо как производное карбазола, а именно 2*H*-карбазолдикарбоновой-2,2 кислотой. Общий случай, возвращающий нас к кетону (55), возникает тогда, когда *любая* главная группа

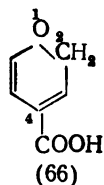
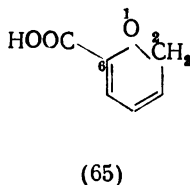
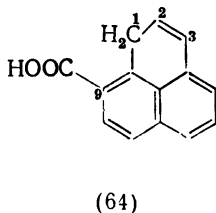
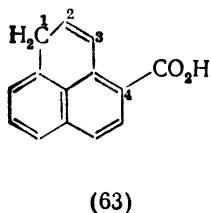


вводится в родоначалное соединение, не имеющее «обозначенного водорода» или вообще не имеющее лишнего атома водорода. Примерами здесь могут служить соединение (59) нафталиндикарбоновая-2,2-1*H*) кислота, производное изохинолина (60) — изохинолинкарбоновая-2(1*H*) кислота и соединение (61) — изохинолинкарбонитрил-8*a*(1*H*).



Вероятно, наибольшая трудность возникает в силу того, что процедура типа 2(1*H*) применяется только в тех случаях, когда присутствует главная группа, т. е. когда эта группа указывается в суффиксе. Соединение (62), не содержащее такой группы, называется 1,2-дигидро-2-метилизохинолин, что резко контрастирует с названием кислоты (60) и других, приведенных выше соединений.

В заключение можно отметить, что «обозначенный водород» имеет преимущество в получении наименьшего локанта (см. с. 86) после фиксации нумерации в цикле; даже большее, чем радикальная валентность или главная группа. Соединение (63) называют 1*H*-феналенкарбоновой-4 кислотой, а его изомер (64) — 1*H*-феналенкарбоновой-9 кислотой. Соединение (65) получает название 2*H*-пиранкарбоновая-6 кислота, а его изомер (66) это 2*H*-пиранкарбоновая-4 кислота. Таким образом, приведенные пары изомерных кислот трактуются как изомеры, производные от одного (не кислотного) родоначалного соединения,



а не как различные структурные изомеры одной и той же кислоты.

Имеются и другие проблемы, связанные с «обозначенным способом», но по-видимому, сказанного уже вполне достаточно, чтобы показать сложность этого вопроса.

ЛИТЕРАТУРА

1. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry. Definitive Rules for: Section A. Hydrocarbons, Section B. Fundamental Heterocyclic Systems; Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen, Halogen, Sulfur, Selenium and/or Tellurium, 1969. A. B 3rd Ed.; C, 2nd Ed., Butterworths, London (1971); издано также Pergamon Press, Oxford: (a) pp. 134—139; (б) pp. 186, 187, 190, 193; (в) pp. 262—267; (г) pp. 259—261.
2. Schoenfeld R. C.S.J.R.O., Melbourne, Australia.
3. IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry, 2nd Ed., Definitive Rules, 1970, Butterworths, London (1971), p. 21; издано также Pergamon Press, Oxford; also Pure Appl. Chem., 28, 21 (1971).

ГЛАВА 7

СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ

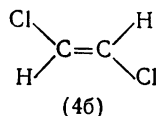
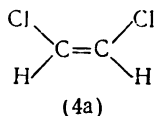
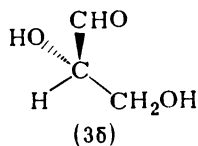
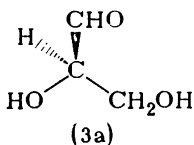
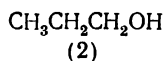
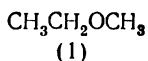
Стереохимия является разделом химии, посвященным изучению расположения в пространстве атомов, составляющих молекулу, а также их особенностей, ведущих к появлению стереоизомеров [1—4]. В этой области выдвигалось множество различных номенклатурных предложений, но значительное упрощение было достигнуто лишь недавно благодаря появлению методов установления абсолютной конфигурации [5] и публикации правила последовательности [6], что позволяет давать названия стереоизомерам в большинстве ситуаций, встречающихся в органической химии. Способы подхода к решению многих простых пространственных соотношений зафиксированы в правилах IUPAC [4], они оказались вполне приемлемыми. Однако недавняя публикация методов, использованных в сводном предметном указателе CA, внесла новые изменения, основные положения которых включены в эту главу (см. с. 165). Полную информацию об этом, а также о других аспектах стереохимической номенклатуры можно найти в цитированной литературе.

Вначале, однако, необходимо дать определения небольшому числу слов-терминов, которые, хотя и не включаются непосредственно в названия соединений, тем не менее являются частью необходимого словарного состава. Имеются различные толкования их, но мы следуем требованиям IUPAC.

Термин «структура» широко используется в правилах IUPAC для определения различных понятий, например: атомная структура, электронная структура, структура бензола и др. Термин строение («конституция») используют в правилах IUPAC для обозначения природы атомов в молекуле и последовательности их соединения.

[* В русской химической литературе термин «конституция» широко употреблялся в прежние времена (в частности, в работах Бутлерова) именно в том смысле, который придают ему правила IUPAC, однако ныне на русском языке он практически вышел из употребления. Вместо этого мы обычно говорим «структура», «строение» (химическое строение по Бутлерову), считая все эти термины синонимами. При необходимости подчеркнуть различие между структурой в общем смысле и конституцией нам придется либо возродить этот старый термин, либо отвыкнуть от отождествления структуры и химического строения.— Прим. ред.*].

«Изомерами» называют соединения, имеющие одинаковый элементный состав, но различающиеся либо характером последовательности связывания атомов, либо их расположением в пространстве. Изомеры, отличающиеся характером последовательности связывания атомов, называются структурными изомерами [например, соединения (1) и (2)]; изомеры, различающиеся лишь расположением атомов в пространстве, называются стереоизомерами [например, соединения (3а)/(3б) и (4а)/(4б)]. Прилагательное «стереогенный» применяется для обозначения



атомов или групп в молекуле, которые обеспечивают получение неидентичных соединений при перемене пространственного расположения связанных с ними двух атомов или групп. «Стереородоначная структура» — это структура, полностью или частично тривиальное название которой передает расположение всех или части стереогенных атомов.

Сtereoизомеры, которые не могут быть превращены в свои зеркальные изображения только вращением вокруг связей или путем смещения, являются оптически активными. Пары таких стереоизомеров называют «энантиомерами».

Теперь это свойство взаимонепревращаемости называется «хиральностью» (от греческого «χειρ» — рука). Соответствующим прилагательным является слово «хиральный», поэтому говорят:

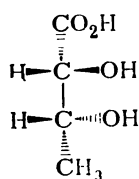
хиральные молекулы, хиральные группы. В принципе хиральность зависит от отсутствия у молекулы или у группы элементов симметрии, за исключением оси вращения второго порядка (C_2). Для последующего использования здесь нужно также отметить, что со структурной точки зрения, хиральное соединение может обладать одним (ой) или более центрами хиральности и/или осей хиральности и/или плоскостей хиральности [3, 6].

Стереоизомеры, не являющиеся энантиомерами, называют «диастереомерами», они могут быть хиральными или ахиральными, как показано на примерах (5)–(12), взятых из правила E-4.6 IUPAC. В этих формулах, как и вообще, жирная линия

или клин \blacktriangleright или \blacktriangleleft означают связь, выступающую над плоскостью бумаги, т. е. направленную в сторону наблюдателя,

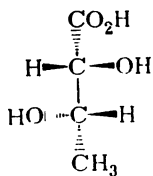
пунктирные линии \cdots или $---$ означают связь, уходящую за плоскость бумаги, т. е. удаляющуюся от наблюдателя. Обычная сплошная линия означает связь, лежащую в плоскости бумаги.

Пары диастереомеров

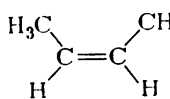


(5)

(хиральные)

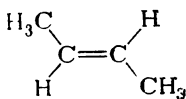


(6)

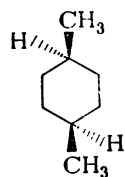


(9)

(ахиральные)

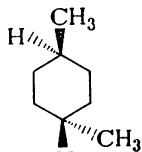


(10)

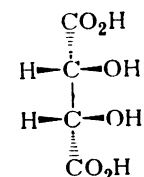


(7)

(ахиральные)

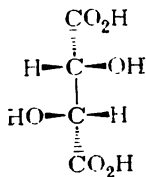


(8)



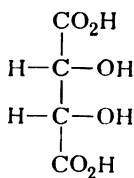
(ахиральный)

(11)



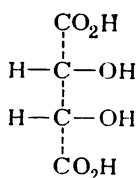
(хиральный)

(12)



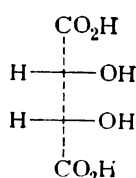
(11a)

\equiv



(11b)

\equiv



(11c)

Если направление связи неизвестно или точно не определено, то она обозначается волнистой линией \sim .

В проекционных формулах Фишера применяют специальные условности и ограничения. Хиральный атом углерода, лежащий в центре на плоскости бумаги, связан направо и налево с атомами или группами, которые рассматриваются как направленные к наблюдателю, а атомы и группы, связи к которым идут от хирального атома вверх и вниз, рассматриваются как идущие за плоскость бумаги. Главная цепь, если она имеется, располагается вертикально; атом, имеющий наименьший локант, помещается наверху. Так, соединение (11) в проекции Фишера изображается как (11a).

[* Более целесообразной формой записи проекционных формул Фишера представляются формулы (11б) и в особенности (11в). Их преимущество, во-первых, в том, что они наглядно изображают ту ориентацию заместителей относительно плоскости чертежа, о которой речь была в предыдущем абзаце. Во-вторых, именно условная (без изображения самих асимметрических атомов) форма записи (11в) наглядно свидетельствует о том, что изображена проекционная формула с нужной ориентацией заместителей, а не простая структурная формула, в которой заместители просто развернуты по сторонам безотносительно к конфигурации. Изображения проекционных формул Фишера в виде (11б) и (11в) используются и в стереохимическом разделе правил IUPAC.— *Прим. ред.**].

Соединение (11) представляет собой так называемое мезосоединение, содержащее равное число идентично связанных энантиомерных групп, поэтому оно ахирально.

Стереоизомеры, взаимопревращаемые вращением атомов или групп вокруг одинарной связи (а по мнению некоторых авторов [2], также вращением и вокруг двойных связей), называют «конформационными изомерами», иногда «ротамерами» или «конформерами». Стереоизомеры, требующие для взаимопревращения разрыва связи, называют «конфигурационными изомерами». Эти понятия в известном смысле и намеренно неопределенны, поскольку четкое различие между ними провести очень трудно.

СТЕРЕОХИМИЧЕСКАЯ НОМЕНКЛАТУРА IUPAC

Первое правило IUPAC состоит в том, что для обозначения пространственного строения к основному названию соединения, или иногда к замещающим группам, добавляют один или несколько специальных префиксов. Такое обозначение не должно изменять основного названия соединения или его нумерации. Имеется ряд исключений, когда тривиальное название стереородонадлежащего соединения приписано только одному стереоизомеру (например: фумаровая кислота) или когда часть или все полностью пространственное строение характеризуется тривиальным названием, например: 5 β -холестан или броминин. По-

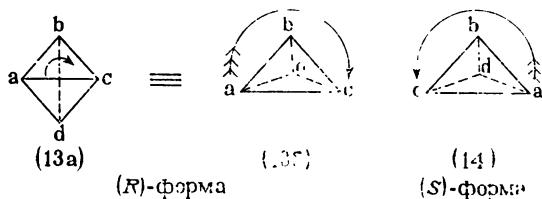
следний содержит 18 хиральных элементов; для него подсчитана возможность существования 262144 стереоизомеров (!) [8]. Эти принципы приняты также и в СА, за исключением того, что в инвертируемых указателях стерические символы помещаются в конце записи.

Так как процедура правила последовательности применима почти ко всем хиральным органическим соединениям, ее основные принципы описываются в следующем разделе.

ПРОЦЕДУРА ПРАВИЛА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ*

Основой процедуры правила последовательности является само правило последовательности, при помощи которого лиганды могут быть расположены в порядке старшинства. Установленный таким образом порядок старшинства может применяться для обозначения хиральности самых различных типов.

Начнем с простых примеров, в которых центр хиральности представляет собой атом, соединенный с четырьмя различными лигандами а, b, c, d, расположенными в вершинах тетраэдра, как это показано в формулах (13а), (13б) или (14). Условимся,



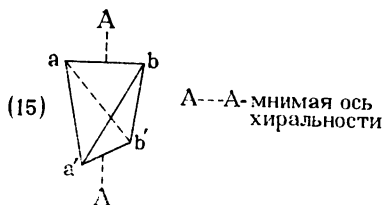
что лиганды в соответствии с правилом последовательности располагаются в порядке падающего старшинства так: $a > b > c > d$, где знак « $>$ » указывает преимущественность. Ясно, что модель (13) изображает асимметрический атом углерода, часто встречающийся в органической химии (или какую-либо другую тетраэдрическую структуру). Она может быть превращена в свой энантиомер (14) при отражении в зеркале. В этом случае процедура правила последовательности заключается в рассмотрении модели со стороны, противоположной младшему лиганду, как это показано на схемах (13) и (14). При этом падение старшинства лигандов $a-b-c$ будет идти либо вправо, по часовой стрелке, либо влево, против часовой стрелки. Правостороннюю форму (13) обозначают как R-форма (R — от латинского слова *rectus* — правый), левостороннюю форму (14) — как S-форма (S — от латинского слова *sinister* — левый).

Символы правила последовательности R и S заключают в скобки и помещают перед названием соединения, как это показано для соединений (19) и (20). Если должно быть обозначено несколько хиральных центров в молекуле, то символам R и S

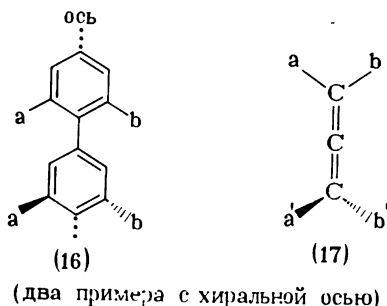
* См. [4, 6].

непосредственно предшествуют соответствующие локанты (не отделенные дефисом или промежутком), вместе с которыми *R,S*-символы заключаются в скобки и помещаются перед названием соединения, как это показано на примере соединения (30) (см. ниже), получающего название (1*R*,3*S*)-1-бromo-3-хлороциклогексана*.

Теперь представим себе, что тетраэдр схемы (13) вытянут в одном направлении, как это изображено на схеме (15). Эта модель имеет ось хиральности, ось второго порядка. В этом случае не требуется, чтобы для возникновения хиральности все четыре лиганда были различными. Хотя они могут быть все раз-

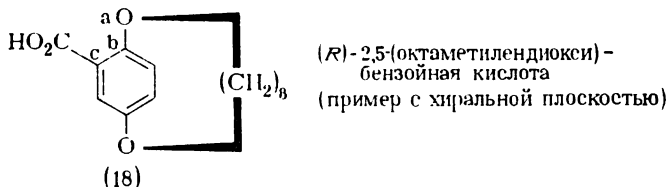


личными, но достаточно, чтобы лиганды на одном конце молекулы были разными (*a*, *b*) и чтобы вторая пара лигандов (*a'*, *b'*) на другом конце молекулы также отличалась друг от друга. В этом случае процедура правила последовательности состоит в рассмотрении модели с одного из концов. При этом следует считать, что два лиганда на ближнем конце являются более старшими, нежели два лиганда на другом конце. Предположим, что мы смотрим на модель (15) сверху, тогда имеем ряд старшинства $a > b > a' > b'$, и следовательно, здесь снова для различения можно применить символы *R* или *aR*. Поскольку этот вытянутый тетраэдр имеет свойства винта, то оказывается несущественным, с какого конца молекулы на него смотреть. Структуры (16) и (17) являются типичными примерами веществ, обладающих осью хиральности.



* Такова форма записи, принятая в английском издании правил IUPAC. Однако можно использовать и более простую форму: 1*R*-бromo-3*S*-хлороциклогексан. — *Прим. ред.*

Наконец, рассмотрим соединения, обладающие плоскостью хиральности, в частности такие, как (18). В данном случае процедура состоит в выявлении группы атомов, обозначенных как а, b, с со стороны ближайшей группы CH_2 полиметиленовой цепи. В этом случае также применяется символ R (или для отличия pR).



Разумеется, выше изложены только основные принципы, и в случае возникновения каких-либо затруднений следует обращаться к оригинальной публикации [6].

Следует отметить также, что когда известна только относительная конфигурация, то символы R и S помечаются звездочками (R^* , S^*). Альтернативно, может быть использован префикс «*rel*» (относительная). Рацематы (смесь равных количеств энантиомеров) могут быть обозначены (1) префиксами «*рац*-» или (\pm), и если необходимо, кроме того, отмеченными звездочками R, S -символами; (2) для одного хирального центра символом (RS), а для нескольких — символами (RS) и (SR) с соответствующими локантами. Центр, имеющий наименьший локант, всегда получает символ (RS). Если конфигурация частично или полностью описана тривиальным названием, то к нему может быть добавлен префикс «*ent*» как характеристика энантиомера.

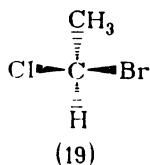
Порядок старшинства

Правило последовательности, которое предусматривает использование ряда старшинства лигандов, требует серии вспомогательных правил для определения этого старшинства.

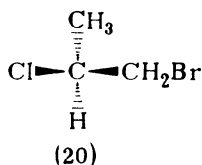
Вспомогательное правило 1 говорит о том, что больший атомный номер старше меньшего. Это относится к каждому лиганду, рассматриваемому атом за атомом в порядке их связи до тех пор, пока все лиганды не расположатся по порядку.

Не возникает никаких трудностей при рассмотрении формулы (19), где последовательность (старшинство) выражается ря-

дом: $\text{Br} > \text{Cl} > \text{C} > \text{H}$. В случае соединения (20) мы сразу видим



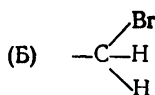
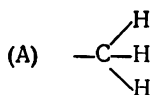
(*R*)-1-бромо-1-хлорпропан



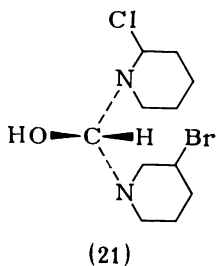
(*S*)-1-бромо-2-хлорпропан

последовательность $\text{Cl} > \text{C}, \text{C} > \text{H}$. Однако к центральному атому присоединены два атома углерода, и для того, чтобы сделать выбор между ними, следует учесть, что $\text{Br} > \text{H}$, и тогда порядок старшинства можно записать так: $\text{C}(\text{Br}, \text{H}, \text{H}) > \text{C}(\text{H}, \text{H}, \text{H})$, и общий порядок старшинства лигандов для соединения (20): $\text{Cl} > \text{CH}_2\text{Br} > \text{CH}_3 > \text{H}$.

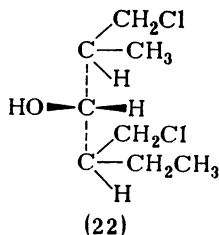
Если изобразить сравнивавшиеся выше группы как (А) и (В), то можно заметить, что речь идет о сравнении разветвленных цепей. Разветвленные цепи могут приносить и большие за-



труднения, но всегда приводят к определенному результату. Например, в соединении (21) следует переходить от центрального углерода к атомам азота и при каждом шаге по последовательности атомов сравнивать верхнюю и нижнюю часть. При сравнении последовательности $\text{N}-\text{C}(\text{Cl}, \text{H}, \text{H})$ в верхней части с $\text{N}-\text{C}(\text{H}, \text{H}, \text{H})$ в нижней части выясняется, что верхняя старше нижней, несмотря на присутствие в последней старшего галогена — брома. В соединении (22) в обеих частях имеется CH_2Cl —



(*R*)-3-бромо-1-[(2-хлорпиперидинил-1)гидроксиметил]-пиперидин

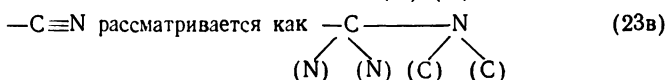
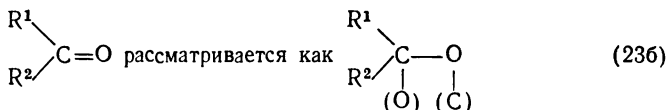
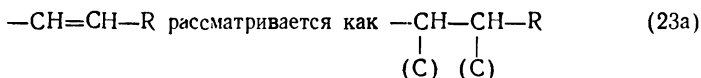


(*S*)-2-метил-1-хлоро-4-(хлорометил)гексанол-3

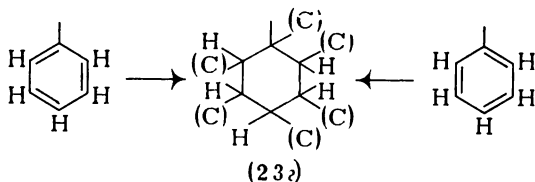
группа как старшая, тем не менее определение предпочтительности нижней части не вызывает затруднения, так как при пе-

переходе к следующему компоненту разветвленных заместителей предпочтение получает стоящая в нижнем радикале CH_3CH_2 -группа, а не CH_3 -группа верхнего радикала.

Если два атома связаны кратной связью, то оба они рассматриваются как бы дублированными. Чтобы показать, какие атомы являются дубликатами, обычно их символы записывают в скобках, как на схемах (23); это означает, что только эти атомы дублированы, т. е. что дублирование не распространяется на R-группы алкена.

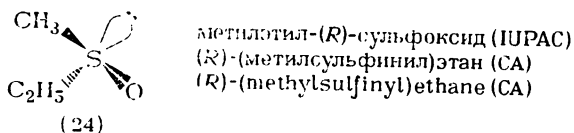


Ненасыщенные циклические системы трактуются аналогично. При этом обе структуры бензола по Кекуле образуют одну модель (23г).



трактровка двух структур бензола в
фенильной группе

Интересно также, что неподеленная пара электронов рассматривается как лиганд, имеющий атомный номер 0. Например, по правилу последовательности сульфоксиды изображаются, как показано для (24).



В оригинальных публикациях обсуждено много других ситуаций, здесь же мы рассмотрим еще лишь несколько.

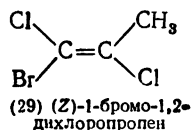
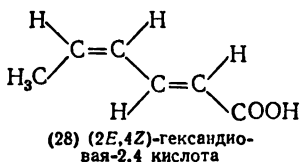
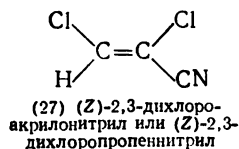
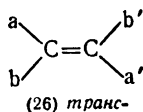
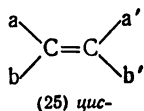
Второе вспомогательное правило состоит в том, что большее массовое число старше меньшего. Это дает возможность принимать во внимание изотопную метку, но только в том случае, когда требования первого вспомогательного правила использованы до конца, но они не дали определенного ответа.

Третье вспомогательное правило касается ситуаций, связанных с классической *цис/транс*-изомерией, которая рассматривается в следующем разделе. Здесь можно лишь указать, что изомерию двойной связи это третье вспомогательное правило формулирует как порядок старшинства $Z > E$ в тех случаях, когда это необходимо для принятия решения по правилу последовательности.

Четвертое и пятое вспомогательные правила касаются вопроса о старшинстве между хиральным и прохиральным центрами, однако их точные формулировки до сих пор еще являются предметом обсуждений.

ЦИС/ТРАНС -ИЗОМЕРИЯ

Иные проблемы возникают, если молекула является плоской или может быть условно рассмотрена как частично или полностью плоская. Простейшие случаи — присутствие одной или нескольких двойных связей. При этом задача всегда сводится к указанию, как расположены две или четыре группы на концах двойной связи, чтобы использовать хорошо известные префиксы *цис*- и *транс*-. Часто это очевидно, как в случае maleиновой или фумаровой кислот. Однако для СА в 1968 г. возник ряд довольно больших трудностей, и для этих целей потребовалось применить правило последовательности. Для замены старых префиксов *цис*- [схема (25)] и *транс*- [схема (26)] были выбраны новые префиксы: *Z* и *E* (от немецких слов *zusammen* — вместе и *entgegen* — напротив) соответственно*. Формулы (27)

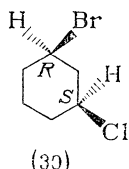


и (28) дают характерные примеры, случай же (29) может вначале показаться неожиданным.

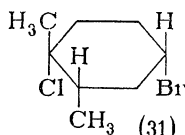
Если в моноциклической системе, которую можно представить себе плоской, имеются два центра хиральности [см., например, (30)], то можно применять либо *цис/транс*-префиксы, либо правило последовательности. Однако если число хираль-

* Лучше с самого начала не связывать в сознании читателя символ *Z* с *цис*- и символ *E* с *транс*-. Тогда и в примере (29), где получается обозначение *Z* при *транс*-расположении атомов хлора, не будет ничего неожиданного. Речь просто идет о двух независимых системах обозначений. — *Прим. ред.*

ных центров возрастает, то применение *R,S*-символов становится необычайно громоздким. В случае, когда в цикле замещено более двух положений, как, например, в соединении (31), правила IUPAC предписывают применение *цис/транс*-префиксов, сокращаемых до *c/t*. При этом для обозначения заместителя, имеющего наименьший локант, применяют префикс «*r*» (от слова *reference*), по отношению к нему остальные группы характеризуются префиксами *c*, *t*. СА не применяет эти сокращения, а



(30)
(1*R*,3*S*)-1-бromo-3-хлоро-
циклогексан



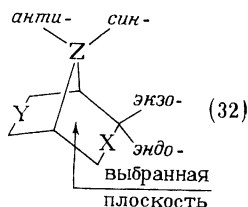
(31)
c-4-бromo-1-*r*-хлоро-
1,*c*-2-диметилциклогексан

префиксы *цис/транс* использует с определенными ограничениями (см. с. 165 сл) в тех случаях, когда применение символов *E/Z* не очень удобно.

Когда в цикле содержится много сходных заместителей, все существующие способы индикации существенно усложняются, хотя эти соединения часто встречаются в природе. Поэтому для них была разработана специальная номенклатура (см. с. 167).

ЭНДО, ЭКЗО, СИН, АНТИ

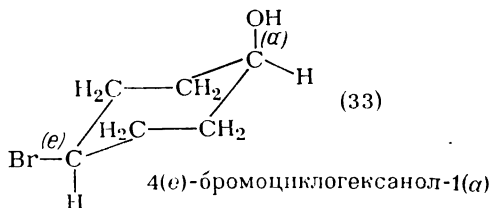
Применение этих терминов, не включенных в правила IUPAC, было систематизировано правилами СА; их применение ограничено бицикло[*X.Y.Z*]алканами, где $X \geq Y > Z$. Применение этих терминов лучше всего поясняется схемой (32), взятой из публикации СА [7]. Индексы *син/анти*- описывают расположение заместителей у мостика *Z* по отношению к группам *X*. Индексы *экзо/эндо*- показывают расположение заместителей относительно выбранной условной плоскости молекулы, включающей группы *X* и *Y*. Эти префиксы описывают только относительную конфигурацию. Об абсолютной конфигурации см. раздел о практике СА (с. 165).



Если структурная формула би- или полициклического соединения написана в плоской форме в предписанной ориентации на плоскости бумаги, то связи, направленные под плоскость бумаги, изображаются пунктиром и обозначаются греческой буквой α , а связи, поднимающиеся над плоскостью бумаги, изображаются сплошной линией и обозначаются греческой буквой β . α/β -Символы записываются непосредственно после цифровых локантов соответствующих заместителей (без отбивки от локанта или дефиса). Классическим примером могут служить стероиды, номенклатура которых коротко будет обсуждена на с. 171. Правилами IUPAC применение α/β -символов частично обобщено [10]; в недавно принятой номенклатуре СА, описываемой ниже, оно значительно расширено.

КОНФОРМАЦИИ

Хотя различные доказательства раздельного существования конформационных изомеров не получены, тем не менее, как правило, они не поддаются выделению в индивидуальном состоянии. Поэтому потребность в префиксах для различения индивидуальных конформеров невелика и лишь немногие способы узаконены для указания того, каким образом те или иные группы присоединены к шестичленным кольцам [4]. Группа, присоединенная к кольцу связью, образующей с плоскостью, в которой лежит большая часть атомов кольца, незначительный угол, получает индекс (e) — экваториальная, этот индекс помещают за локантом группы. Группа же, присоединенная к кольцу связью, образующей большой угол с плоскостью кольца, получает индекс (a) — аксиальная, как это показано в (33). Если в мононасыщенном шестичленном кольце группа присоединена к

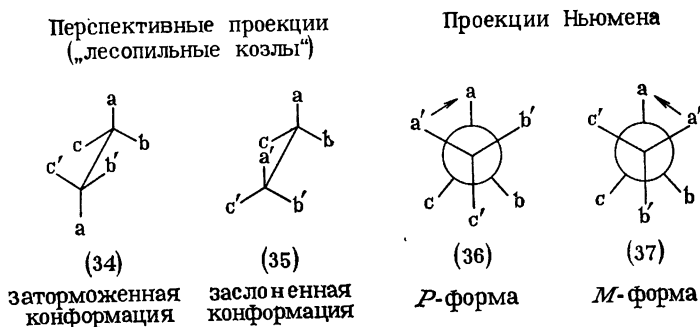


атомам углерода, соседствующим с двойной связью, то для нее применяют термины «псевдоэкваториальная» (e') или «псевдоаксиальная» (a').

К другим конформационным терминам, одобренным правилами IUPAC [4], но не включаемым непосредственно в назва-

ния соединений, относятся термины «кресло», «ванна» и «полукресло», которые описывают форму шестичленного кольца, а также обозначения двугранного угла в системе связей А—С—С—В, характеризующиеся терминами «заслоненная конформация», «заторможенная конформация» и др. В специальных областях, таких как углеводы, полимеры, белки и нуклеиновые кислоты, имеется и ряд других более или менее известных специальных обозначений.

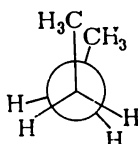
Взаимопревращения конформаций зависят от вращения вокруг одной или нескольких связей, что может быть иллюстрировано на примере вращения вокруг С—С связи в замещенном этане, как это показано на перспективных проекциях («лесопильных козлах») (34) и (35). Для обозначения таких структур



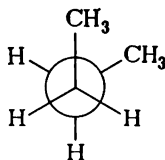
может быть применено правило последовательности для каждой триады лигандов а, b, с. В триадах с тремя разными лигандами (а, b, с) а и а' считаются старшими, в случае триады а, b, b два одинаковых отбрасываются (а считается старшим). Соответствующие проекции Ньюмена (36) и (37) показывают, что вращение а', требуемое для наложения на а, может осуществляться вращением вправо в Р-форме (Р от plus — «плюс») или вращением влево в М-форме (М от minus — «минус»). Среди причин, обусловивших выбор этих обозначений, были и соображения о том, что использование символики (+) и (—) может ассоциироваться с необходимым направлением вращения.

[* Номенклатура конформеров рассматривается в книге значительно короче, чем это сделано в правилах IUPAC. Это несколько удивляет хотя бы потому, что Р. С. Кан совместно с Прелогом и Ингольдом предложили одну из широко используемых систем для обозначения конформеров. Приведем бытующие в литературе названия и обозначения конформеров на примере бутана, отметив звездочками те, которые рекомендуются правилами IUPAC (система Кана-Ингольда-Прелога); наи-

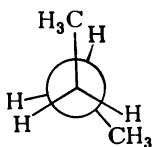
более привычные русские наименования отмечены надстрочным индексом ⁿ.



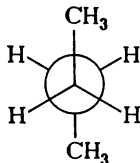
синперипланарный (sp)^{*}, φ^0 ,
цис, цисоидный⁽ⁿ⁾, эклип-
тический, полностью за-
слоненный



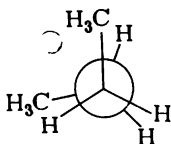
+ синклиальный (+sc)^{*}, φ^1 ,
гош^{*}, скошенный⁽ⁿ⁾, шах-
матный



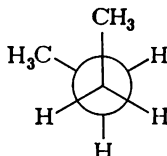
+ антиклиальный (+ac)^{*},
 φ^2 , частично заслоненный



антиперипланарный (ap)^{*}, φ^3 ,
трансоидный⁽ⁿ⁾, транс, англи



- антиклиальный (-ac)^{*}, φ^4 ,
частично заслоненный



- синклиальный (-sc)^{*}, φ^5 ,
скошенный⁽ⁿ⁾, шахматный

Единицей при условной записи двугранного угла φ служит величина 60° ; отсчет ведется по часовой стрелке от старшего ближнего заместителя к старшему дальнему.— *Прим. ред.**].

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА УКАЗАТЕЛЕЙ СА

В 1975 г. для девятого сводного указателя СА (период 1972—1976 гг.) были опубликованы [7] пересмотренные правила обозначения стереоизомеров. Они включают 16 правил и 30 примеров, направленных на то, чтобы стереоизомеры, и особенно энантимеры, оказались включенными в общую, последовательную систему сводных указателей и для того, чтобы установить определенный порядок применения каждого стереосимвола. Эти правила включают большинство обычных ситуаций, однако здесь могут быть освещены лишь наиболее существенные аспекты. За подробностями рекомендуем обратиться к оригинальной публикации [7].

В указателях СА стереохимические символы помещаются после не-стереохимического названия или после стереородона-

чального названия, но они сопровождаются дефисами, указывающими, что эти символы, написанные курсивом, должны в неинвертированной форме названия предшествовать остальной части английского названия соединения, как это обычно и принято.

Для следующих случаев новые правила сохраняют описанную выше прежнюю практику:

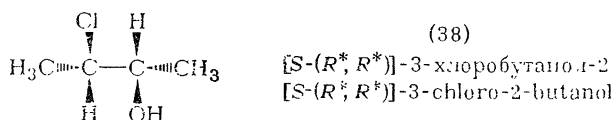
(1) старшинство лигандов, устанавливаемое правилом последовательности;

(2) применение символов *R/S* для указания хиральности, если в молекуле имеется только один тетраэдрический центр с известной абсолютной хиральностью;

(3) символы *E/Z* для обозначения геометрической изомерии у двойной связи.

Однако для большинства случаев применена новая процедура: относительная конфигурация обозначается одним или несколькими символами *R*/S**, α/β , *цис/транс* или *эндо/экзо*, которые применяются, будучи заключенными в скобки, как это описано в данной главе ранее. Абсолютная конфигурация, если она известна, обозначается символами *R* или *S* для центра, имеющего наименьший локант, или (иногда) для центра, выбранного на основании правила последовательности. Если необходимо, этому символу может предшествовать его локант. Символы абсолютной конфигурации должны предшествовать символам относительной конфигурации и отделяться от них дефисами, а все вместе должны помещаться в квадратные скобки, например: $[IR-(1\alpha,3\alpha,5\beta)]$ -. Следующие примеры взяты или адаптированы из публикации СА [7].

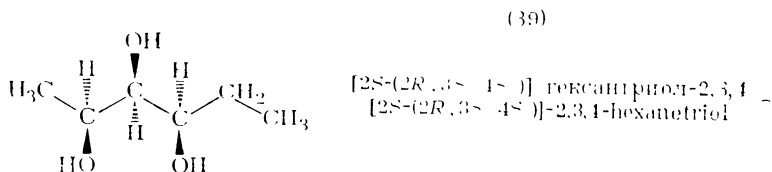
Если в цепи имеется только два центра хиральности, для которых известна лишь относительная конфигурация, как в случае соединения (38), то она изображается как *R*,R** для цент-



ров с одинаковой хиральностью, либо как *R*,S** для центров с противоположной хиральностью. Затем, если абсолютная хиральность известна, это указывается с помощью символов *R* или *S*, определенных, если это необходимо, для хирального центра, предпочтительного по правилу последовательности.

Если в цепи содержится более двух хиральных центров, то могут быть применены сходные приемы, однако символы должны следовать за локантами и вместе с ними заключаться в скобки, как это показано в названии соединения (39). Относительная хиральность центра с наименьшим локантом помечается символом *R**, и по отношению к нему выбираются обозначения остальных. Если абсолютная хиральность известна, тогда

центр, имеющий наименьший локант, помечается символом *R* или *S* в соответствии с его действительной хиральностью, как это показано для (39).

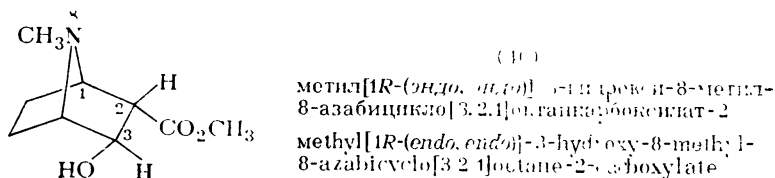


В полном названии соединения (39) на первый взгляд кажется, что оба знака *S* и *R** не могут относиться к одному и тому же центру 2. Однако в названии энантиомера вещества (39) описание его конфигурации должно выглядеть так: $[2R-(2R,3S,4S^*)]$, и таким образом, кажущаяся аномалия исчезает.

[* Это трудное для понимания место требует дополнительных пояснений. Символы со звездочкой выражают *только относительную* конфигурацию трех хиральных центров друг относительно друга, причем центру с наименьшим локантом (т. е. в примере это 2) *произвольно* приписывается символ *R**; тогда обозначения $3S^*$, $4S^*$ означают лишь то, что их хиральность противоположна хиральности центра C-2. Стоящий же вначале символ $2S$ (без звездочки!) выражает *абсолютную* конфигурацию этого центра. Это означает, что *в действительности* центры C-3 и C-4 имеют конфигурацию *R*.

Какие соображения заставили СА принять столь запутанную систему обозначений, остается неясным — Прим. ред.*].

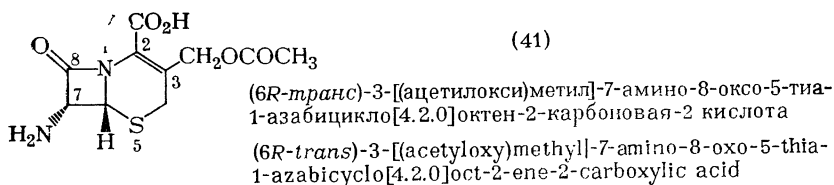
Применение в правилах СА обозначений *экзо*, *эндо*, *син* и *анти* вольно наглядно объясняется приведенным названием для соединения (40), в котором для *эндо*- и *экзо*-локанты не требуются. Однако следует заметить, что эта система становится



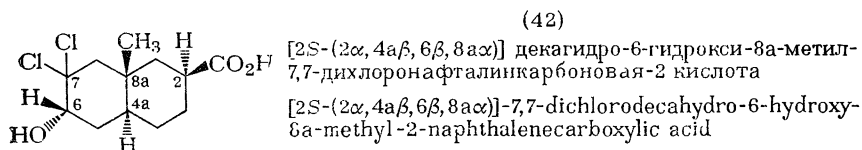
непригодной в случае, когда подобная бициклическая система содержит дополнительно приконденсированный к ней цикл. В подобных случаях правила СА предусматривают применение обозначений α и β , как описано ниже, или помещают информацию в указателе под дескриптором «стереоизомер».

Если в восьмичленном или меньшем цикле или в циклической системе, состоящей из таких циклов, имеется только два хиральных центра, то для указания их относительного положе-

ния применяются термины *цис* и *транс*, как это показано для названия соединения (41).



Однако если в восьмичленном или меньшем цикле или в циклической системе, содержащей такие циклы, имеется более чем два центра хиральности, то для описания относительной стереохимии применяются символы α и β , а символы *R* и *S* с локантом для хирального центра с наименьшим номером, как обычно, обеспечивают описание абсолютной стереохимии.



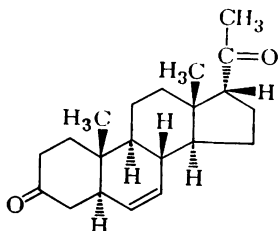
Шаг за шагом проработаем типичный случай составления систематического названия соединения, имеющего строение, изображенное формулой (42), на которой показана его абсолютная конфигурация. Вначале следует обозначить соответствующую стереохимию каждого стереогенного центра, чтобы заключить их в скобки. Мы замечаем, что группа 8 α -CH₃ находится с той же стороны от «плоскости» молекулы, что и группа CO₂H, в то время как 4 α -H и группа OH находятся на противоположной стороне. Наименьший локант имеет стереогенный центр C-2, и следовательно, группа 2-CO₂H обозначается как α . Тогда относительными обозначениями для всех центров молекулы будут (2 α , 4 $\alpha\beta$, 6 β , 8 $\alpha\alpha$). Наконец, чтобы превратить это относительное описание в абсолютное, мы отмечаем, что абсолютная конфигурация стереогенного центра с наименьшим локантом *S*, так что общее обозначение абсолютной конфигурации будет: [2*S*-(2 α , 4 $\alpha\beta$, 6 β , 8 $\alpha\alpha$)]. Здесь снова встречается та же ситуация, что и в случае (39), а именно то, что выражение в скобках точно обратное тому, которое показано на формуле, однако опять это случайность, объяснение которой мы получили бы при составлении названия для энантиомера соединения (42).

[* Текст снова не очень ясен и требует дополнений. Главное, что следует четко усвоить: α - и β -стороны не заданы раз и навсегда, т. е. привычное для стероидов (α — за плоскостью чертежа, β — перед плоскостью) не является общим правилом. α -Сторона та, на которой лежит «опорный» заместитель, — в данном случае CO₂H-группа, расположенная *перед* плоскостью

чертежа. Соответственно обозначение α получает и CH_3 -группа при С-8а, также расположенная перед плоскостью чертежа. Водород при С-4а и ОН-группа при С-6, находящиеся за плоскостью чертежа, получают обозначение β . Таким образом, α, β -обозначения здесь выражают положение заместителей относительно CO_2H -группы, т. е. *относительную* конфигурацию [как и символы R^*, S^* в примере (39)]. Обозначение же $2S$ выражает *абсолютную* конфигурацию хирального центра, несущего CO_2H -группу.

Приходится снова удивляться излишней тяжеловесности принятой в СА системы.— *Прим. ред**.]

Для обозначения хиральности дополнительных центров, не охваченных названием циклического стереородонального соединения, также часто применяют индексы α и β . Подобные родональные вещества имеют обычно известную абсолютную стереохимию. Так, в примере (43) (взятом из публикации СА) обозначения $5\alpha, 17\alpha$, стоящие в скобках, относятся к абсолютной стереохимии. Это не может быть изменено, так как явля-



(43)

(5 α , 17 α)-прегнен-6-дион-3,20

(5 α , 17 α)-pregn-6-ene-3,20-dione

ется традицией огромной литературы по химии стероидов, существующей уже многие десятилетия. Поэтому очень важно понимать, что в общем применение символов α/β , как в случае названия соединения (42), обозначает лишь *относительную* стереохимию. Далее, равно существенно напомнить, что применение символов α и β к родональному соединению требует написания формулы соединения на бумаге в определенной ориентации относительно наблюдателя. Если это не соблюдено, то α и β могут поменяться местами. В указателях СА это установлено условными правилами, которые не всегда легко понятны химикам-экспериментаторам.

Символы R^* и S^* иногда применяются также для описания более сложных ситуаций, но для этих и других сложных вопросов следует обращаться к оригинальной публикации [7].

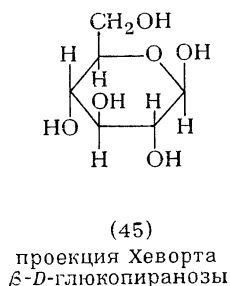
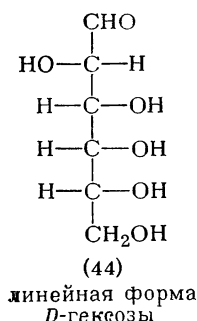
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ

Так как методика правила последовательности применяется без учета формальной классификации соединений, их биогенетической взаимосвязи или механической интерпретации, то получаемые результаты легко могут оказаться почти непригодными, особенно в случаях родственных соединений, формулы ко-

торых явно аналогичны, но получают различные стереохимические обозначения. Поэтому для очень многих важнейших областей были разработаны более подходящие специальные системы номенклатуры, ныне применяемые повсеместно.

Углеводы

Старейшей из таких особых систем обозначения стереохимии является применение заглавных латинских букв *D* и *L* в химии углеводов, в зависимости от того, как в классической проекционной формуле Фишера ориентирован заместитель при максимально нумерованном асимметрическом атоме углерода — вправо или влево. В общем виде это показано на линейной формуле *D*-гексозы (44).



Поскольку соединение (44) может быть сведено к *D*-глицериновому альдегиду, абсолютная конфигурация которого точно установлена, то это определяет и точную абсолютную конфигурацию данного соединения [5]. Этот метод обозначения конфигурации общепринят для всей области химии углеводов и их производных [11].

Полная номенклатура моносахаридов иллюстрируется на примере β -*D*-глюкопиранозы (45). Слово «-пираноза» обозначает шестичленный цикл (пиран), слог «оза» обозначает сахар: «глюко-» характеризует относительную конфигурацию при C-2, C-3, C-4 и C-5; β — указывает на конфигурацию при аномерном атоме C-1; *D* — однозначно говорит об энантиомерной форме всей молекулы.

Символы *R/S* применяются для обозначения хиральных элементов, не включенных в основную углеводную структуру, например для обозначения конфигурации *O,O'*-алкилиденовых групп $\text{RCH}<$, присоединенных к стереически не эквивалентным атомам кислорода.

Аминокислоты

Ранние работы в области аминокислот и белков начаты примерно одновременно с работами в области углеводов. Конфигурация аминокислот основывается на таковой для *L*-серина (46) ($R=CH_2OH$). Однако в связи с тем, что все природные аминокислоты являются α -аминосоединениями, символы *D/L* в данном случае неизбежно относятся к асимметрическому атому, имеющему наименьший локант, в противоположность тому, как это принято в номенклатуре углеводов (основанной на приписании этих символов асимметрическому атому, имеющему наибольший локант). В настоящее время доказано, что абсолютная конфигурация *L*-серина отвечает символу *S*, как и для большинства других природных аминокислот. Специалисты де-

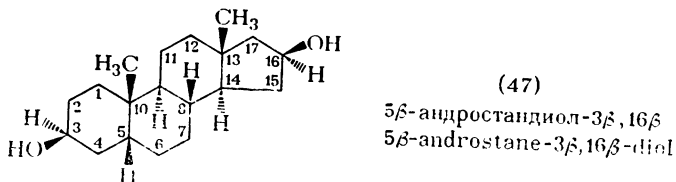


тально разобрались в стереохимии полипептидов и белков, разработав сложную номенклатуру, с которой можно познакомиться в специальной литературе [12].

Стероиды

Стероиды представляют собой следующую обширную область химии природных соединений, для которой весьма существенна специальная номенклатура [13]. Принципы этой номенклатуры, по-видимому, применимы и к некоторым другим раз-
делам органической химии.

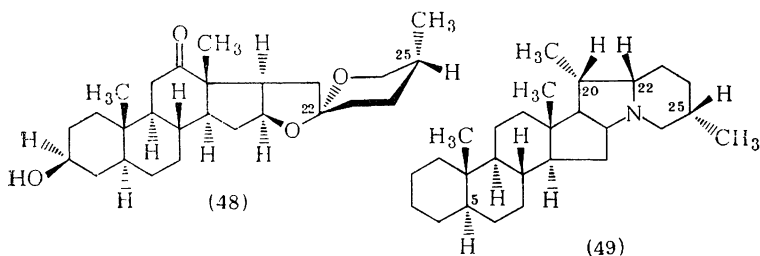
Циклопентанофенантроновый скелет, который является обычным почти для всех стероидных соединений, рассматривают как плоский и ориентируют так, как это показано для соединения (47).



Группы и атомы, присоединенные к этой полициклической системе, помечаются греческими буквами α или β в зависимости от того, ориентированы ли они под плоскость листа (α) или над плоскостью листа (β). В данном случае это α/β -обозначение говорит об абсолютной конфигурации, потому что, отметим это еще раз, условная стереохимия, разработанная в первоначальных исследованиях в этой важной области химии, случайно

оказалась «абсолютно» правильной. Эти принципы могут быть проиллюстрированы простым примером. В наименовании 5 β -андростандиол-3 β ,16 β для соединения (47) слово «андростан» обозначает родоначалное соединение — полностью гидрированное цикlopентанoфенантреновое ядро с двумя метильными группами (в положениях 10 и 13) в качестве единственных заместителей со стереохимией, показанной в положениях 8, 9, 13 и 14. Конфигурация 5 β показана отдельно, так как имеется много производных, в которых атом водорода при С-5 либо отсутствует, либо ориентирован противоположно (5 α -). Конец названия — диол-3 β ,16 β — характеризует дополнительные заместители.

В обширной области химии стероидов имеется большое разнообразие структур, в том числе содержащих в качестве заместителей длинные алифатические цепи, присоединенные к тетрациклическому ядру, или дополнительно присоединенные циклические системы. Последние в ряде случаев являются спироприсоединенными, так что новое кольцо уже не лежит в одной плоскости с тетрациклической системой. Для обозначения хиральности в этих цепях или спироприсоединенных компонентах используют символику *R/S*. Очень многие такие соединения наделены стереородоначальными названиями, причем фиксирующими стереохимию символами служат как α/β , так и *R/S*. Одним из таких соединений является гекогенин (48), формула (49) принадлежит одному из распространенных представителей алкалоидов — (22*S*)-5 α -соланидину. В основе обоих этих соединений лежит стероидный скелет и его символика (для обоих соединений в соответствии с инструкцией к указателям СА все стереогенные центры, кроме С-5 и С-22, охватываются стереородоначальными названиями).



Как и во всех классах органических соединений, пространственные особенности, подразумеваемые в родоначальном соединении, могут быть модифицированы соответствующими указаниями в префиксе. Например, 5 α ,10 α -андростан имеет метильную группу в положении 10 с ориентацией α ; символ ξ в префиксе 5 α ,10 ξ -андростана показывает, что ориентация метильной группы в положении 10 в этом случае не установлена. 25*S*-Гекогенин имеет по сравнению с указанной в формуле (49) про-

тивоположную ориентацию метильной группы в положении 25.

Наконец, в номенклатуре стероидов применяется и весь набор вспомогательных символов, таких как R^*/S^* , *отн*, *энт*, *рац*, (\pm) (см. на с. 158).

Циклиты

Циклиты (циклитолы), т. е. циклоалканы, содержащие по одной гидроксильной группе при каждом из трех или более углеродных атомов в цикле, представляются родственными углеводам в силу большого числа содержащихся в них гидроксильных групп. Однако на самом деле их особенности приводят к необходимости применения специальной нумерации и специальной трактовки стереохимической номенклатуры. Ряд ранних методов, равно как и символы R/S , оказались здесь непригодными для общего применения, вследствие чего IUPAC применил новую систему, которая представляется удовлетворительной [14].

Обычно проекционные формулы циклитов представляют так, как показано в (50), с циклогексановым кольцом, расположенным боком, и гидроксильными группами, изображаемыми линиями, перпендикулярными к боковым («лежащим») сторонам. Такое изображение облегчает подразделение гидроксильных групп на две серии: одну серию, направленную вверх от плоскости кольца, и другую — вниз [на формуле (50) вверх направлены три гидроксильные группы, а вниз — одна]. Наименьшие локанты присваиваются атомам одной из этих серий в соответствии с правилами, разработанными IUPAC/IUB, к которым и следует обратиться для выяснения деталей. Условно нумерация начинается от верхней стороны кольца, что может потребовать такой перерисовки формулы, чтобы большинство ОН-групп было наверху. Затем относительная конфигурация описывается серией цифр, например в случае схемы (50) это выглядит так: 1,2,4/3. Однако СА предпочитает описывать такие конфигурации (за исключением инозита, о котором см. ниже) с помощью применяемой для стероидов системы α/β -символов (см. с. 171).

Для описания абсолютной конфигурации формулы могут быть написаны и с циклогексановым кольцом, расположенным



(50)



(51a)

1*D*-1,2,4/3 циклогексантетраол



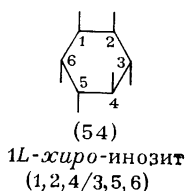
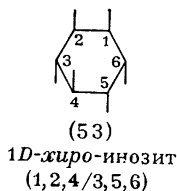
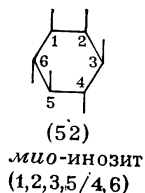
(51b)

1*L* 1,2,4/3-циклогексантетраол

вертикально, как в (51a) и (51b). Тогда если НО-группа при С-1 направлена вправо, как в (51a), применяют префикс *D*,

если влево, как на схеме (51б), то префикс *L*. Отметим также, что если кольцо изображено боком [как в (50)], то последовательность нумерации будет против часовой стрелки у *D*-соединения и по часовой стрелке — у *L*-соединения.

Для девяти циклогексангексаолов как правилами IUPAC/IUB, так и СА, сохранено специальное наименование «инозит». Эти соединения различаются префиксами, написанными курсивом и отделенными дефисом; например, соединение (52) это *мио*-инозит. Из этих девяти изомеров лишь два являются хиральными. Это (53) и (54), являющиеся энантиомерами.



ми, которые ранее назывались просто *D*- и *L*-инозитами, а теперь — *D*- и *L-хиро*-инозитами.

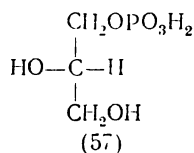
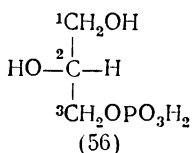
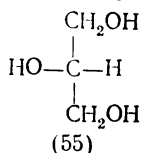
Липиды

Термин липиды охватывает простые и сложные эфиры глицерина, часто являющиеся лишь небольшими компонентами больших и сложных молекул. Липиды привлекают к себе пристальное внимание как биохимиков, так и химиков-органиков. Поэтому нет ничего неожиданного в том, что специалисты IUPAC/IUB сочли необходимым опубликовать результаты обстоятельного обсуждения вопроса о номенклатуре этого класса соединений [15]. Придуманная ранее специальная номенклатура для стереохимии липидов представляется не отвечающей требованиям биохимиков, так же как и не пригодной для разнообразия близко родственных производных. Четыре системы номенклатуры, в том числе и система *R/S*, были отвергнуты, и лишь разработанная Хиршманном [16] новая система была принята IUPAC/IUB. Она известна как «*sn*»-система (стереоспецифическая нумерация — stereospecific numbering) и представляется отвечающей требованиям для случаев миграции или взаимнообмена *O*-заместителей, вызываемых ферментами*.

В соответствии с «*sn*»-системой глицерин должен изображаться в виде проекции Фишера, как это сделано на формуле (55), с центральной ОН-группой, проектируемой во всех случа-

* Благодаря прохиральности две группы CH_2OH глицерина энзиматически различимы. Применимость к этой области процедуры правила последовательности еще обсуждается.

ях влево, включая все производные. Затем атомы углерода молекулы глицерина нумеруются сверху вниз (1,2,3). Следствия такой нумерации можно проиллюстрировать на примере широко распространенной *L*- α -глицерофосфорной кислоты (56), полное название которой *sn*-глицеро-3-(дигидрофосфат) или *sn*-глицеро-3-фосфорная кислота. Затем отметим, что соединение



(57), являющееся *sn*-глицеро-1-(дигидрофосфатом) или *sn*-глицеро-1-фосфорной кислотой, не идентично соединению (56), а является его энантиомером, так как они не накладываются одно на другое и могут быть взаимопревращены лишь перемной мест лигандов. Других указаний, касающихся этих соотношений и противоречащих основным принципам, принятым для указателей СА, не дается.

Металлорганические соединения

О стереохимии в этой области см. с. 54 и приведенные там ссылки.

Закключение

Совершенно иной подход к стереохимии разработан Прелогом [8]. Этот подход основан на комбинации двумерных и трехмерных «симплексов». Несмотря на фундаментальное значение этих исследований для интерпретации стереохимических проблем, они пока не включены в систематическую номенклатуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Для короткого ознакомления см. *Ellet L. L and Basolo F.*, Elements of Stereochemistry, John Wiley and Sons, New York—London—Sydney - Tokyo (1969).
2. Краткое введение см.: *Mislow K.* Introduction to Stereochemistry, W. A. Benjamin, 2nd Ed., Reading, Mass. (1978).
3. *Jaffe H. and Orchin M.*
4. Обсуждение с точки зрения кристаллографии и теории групп: *Symmetry in Chemistry*, John Wiley and Sons, Inc., New York — London — Sydney (1965).
5. IUPAC Commission on Nomenclature of Organic Chemistry, Rules for the Nomenclature of Organic Chemistry. Section E Stereochemistry, 1974, Pergamon Press, Oxford — New York — Paris — Frankfurt; *Pure Appl. Chem.*, **45**, 11 (1976).
6. *Bijvoet J. M., Peerdeman A. F. and van Bommel A. I.* *Nature*, **168**, 271 (1951); of. *Bijvoet J. M.* *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet. Amsterdam*, **52**, 313 (1949).
7. *Cahn R. S., Ingold, Sir C. and Prelog V.* *Angew. Chem. Internat. Ed.*, **5**,

- 385, (1966), сокращенное изложение см. сс. 4, дополнения или *Cahn R. S.* *J. Chem. Educ.*, **41**, 116, 503 (1964).
7. *Blackwood J. E. and Giles P. M. Jr.* Chemical Abstracts Stereochemical Nomenclature of Organic Substances in the Ninth Collective Period (1972—1976), *J. Chem. Inform. Computer Sci.*, **15**, 67 (1975); Index Guide to vol. 76 (1972) or Ninth Collective Index, Vols. 76—85 (1972—1976), Index Guide, para 203.
 8. *Prelog V.*, Nobel Lecture Chirality in Chemistry, The Nobel Foundation, Stockholm, 1976, Reprinted in *J. Mol. Catalysis*, **1**, 159—172 (1975/76).
 9. *Blackwood J. E., Gladys C. L., Loening K. L., Petrarca A. E. and Rush J. E.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **90**, 509 (1968); *Blackwood J. E., Gladys C. L., Petrarca A. E., Powell W. H. and Rush J. E.* *J. Chem. Docum.*, **8**, 30 (1968).
 10. Iupac Commission on Nomenclature of organic chemistry, Nomenclature of Organic Chemistry: Section F: Natural Products and Related Compounds (Provisional), IUPAC Information Bull., Appendix № 53 (1976).
 11. Iupac/IUB, Carbohydrate Nomenclature-1 (Tentative Rules) (1969), *Biochem. J.*, **125**, 673 (1971); *Biochemistry* **10**, 3983 (1971).
 12. IUPAC/IUB, Nomenclature of α -Amino Acids; *Biochemistry*, **14**, 445 (1975); *Eur. J. Biochem.*, **53**, 1 (1975).
 13. IUPAC/Iub, Nomenclature of Steroids (Rules 1971); *Pure Appl. Chem.*, **31**, 283 (1972).
 14. IUPAC/Iub, Nomenclature of Cyclitols (Recommendations 1973), *Pure Appl. Chem.*, **37**, 283 (1974).
 15. IUPAC/Iub, The Nomenclature of Lipids (Recommendations 1976); *Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem.*, **358**, 617 (1977); *Mol. Cell. Biochem.*, **17**, 157 (1977).
 16. *Hirschmann H.* *J. Biol. Chem.*, **235**, 2762 (1960).

ГЛАВА 8

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ НОМЕНКЛАТУРЫ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

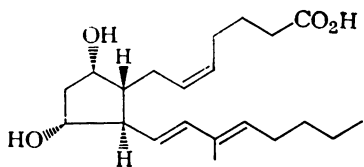
Область химии природных соединений стара и огромна. Мы ограничиваем этот термин областью органической химии, но применяем его в широком смысле к соединениям, извлекаемым из растений, животных или микроорганизмов.

Недавние общие рекомендации IUPAC [1] в основном подтвердили практику, используемую химиками. Обычно новому природному соединению дается тривиальное название, которое, если его строение уже установлено, характеризует его, как представителя определенного структурного типа, и подчас сохраняется, если его систематическое наименование очень длинно и нескладно. Обычно при выборе тривиального названия оно производится от названия природного источника, например: никотин — от *Nicotiana tabacum*, муравьиная кислота (formic acid) — от муравьев (*Formica*).

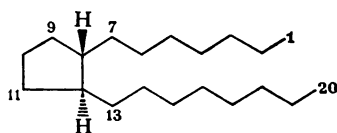
В этих примерах функция соединения верно отражена окончаниями слов; если химическая функция нового соединения еще не известна, то его название не должно иметь окончания, имеющего структурное значение. В практику вошло уже так много различных окончаний, что IUPAC счел желательным для но-

вых тривиальных названий рекомендовать не вызывающие путаницы, но странные и неэстетичные суффиксы «-ун», «-уне», «-ур», («-ург!»). Будут ли они использоваться взамен давно применяемого суффикса «-ин» (инсулин, пенициллин, инулин и др.), покажет будущее.

Компромисс между структурно неинформативными, основанными на биологических соображениях, короткими названиями и систематическими, но длинными и сложными названиями, был достигнут с помощью полусистематических названий, основанных на обозначении родоначальных структур. Они рекомендованы IUPAC и названы в СА стереородоначальными структурами класса В. Обычно они выводятся для семейств природных соединений путем удаления всех функциональных групп с сохранением лишь углеводородных радикалов, создающих хиральные центры скелета; такие структуры рассматриваются как полностью гидрированные. Таким образом, простагландины, один из представителей которых представлен структурой (1), рассматриваются как производные простана, в названии которого подразумевается и конфигурация, изображенная на схеме (2) и передаваемая систематическим названием*. Модификацию в родоначальной структуре обозначают обычным образом с помощью префиксов и суффиксов, а их положения — локантами. Следует особо подчеркнуть, что стереородоначальное название включает абсолютную конфигурацию всех присутствующих в нем хиральных центров.



(1)
(5Z, 9α, 11α, 13E, 15E)-9,11-дигидрокси-15-метилпростатриен-5, 13, 15-овая-1 кислота



(2)
простан
(1S-транс)-1-гептил-2-октилциклопентан

Для природных соединений известного строения, но не являющихся членами большого класса, СА трактует тривиальное название одного из наиболее распространенных соединений как стереородоначальное класса С. Такое название включает в себя как указание абсолютной конфигурации, так и указание функции. Оно может быть модифицировано обычным образом, даже с помощью префиксов для старших функциональных групп, т. е. обычно цитирующихся в суффиксах. Некоторыми,

* На схеме (2) дана принятая для простана условная нумерация. В систематическом названии алкилциклоалканов цикл должен нумероваться, начиная с С-атома, соединенного с гептильным (первым по алфавиту) радикалом. — *Прим. ред.*

произвольно выбранными из указателей СА примерами стереородоначальных соединений класса С (о строении которых, если это интересно, можно справиться в литературе) являются: рифамицин, коринан и винкалейкобластин.

Приводимые в последующих разделах этой главы предварительные правила и рекомендации IUPAC/IUB, с дополнениями вплоть до 1978 г., можно найти в публикации [2].

Углеводы

Родоначальные названия и стереохимия

Для сопоставления названий с формулами простых углеводов (моносахаридов) легче всего пользоваться проекционными формулами Фишера, в которых карбонильный атом углерода находится наверху (или в верхней части), хотя достаточно наглядны также и формулы Хеворта. По правилам IUPAC/IUB для моносахаридов от C_3 до C_6 (по правилам СА [4a] — для C_5 и C_6) разрешено применять тривиальные (стереородоначальные) названия (например: арабиноза, рибоза, галактоза, глюкоза, манноза, фруктоза), однако для них и для многих других могут быть составлены и систематические наименования. Последние состоят из:

(1) одного или нескольких префиксов, описывающих конфигурацию;

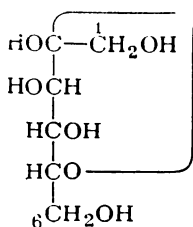
(2) цифрового слога (или слогов), определяющих число атомов углерода в цепи и

(3) суффиксов «-оза» (для альдоз) и «-улоза» (для кетоз).

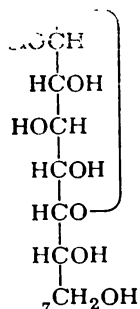
Каждый префикс соединения состоит из написанного курсивом наименования альдозы без окончания «-за» (*эритро-*, *рибо-*, *глюко-*, *манно-* и т. д.), который описывает относительную конфигурацию четырех или меньшего числа хиральных атомов углерода в цепи. Ему предшествует буква *D* или *L*, характеризующая абсолютную конфигурацию хирального атома углерода, обозначенного наибольшим локантом, как это было описано на с. 170.

Таким образом получают названия, такие как *D*-арабиногексулоза-2 (для *D*-фруктозы) и *D*-глицеро-*D*-глюко-гептоза (обратите внимание на то, что иногда бывают необходимы два конфигурационных префикса). Затем для хирального атома углерода, обозначенного наибольшим локантом, префиксом *D* или *L* уточняется абсолютная конфигурация, а для глюкозидного атома углерода (то есть связанного с двумя атомами кислорода) конфигурация выражается префиксами α или β , как в обычной α -*D*-глюкозе. Специальные обозначения применяются для диальдоз («-одиальдоза»), альдокетоз («-озулоза») и дикетоз («-одиулоза»). Ациклические формы сахаров обозначают префиксами «альдегидо-» или «кето-», а размер цикла в циклических формах — суффиксами «-фураноза» или «-пираноза».

Примерами полных систематических названий углеводов служат названия, приведенные под формулами (3) и (4).



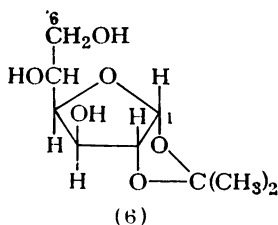
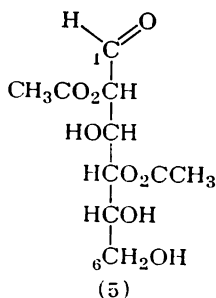
(3)
β-D-фруктофураноза
(*арабино-гексулофураноза-2*)



(4)
β-D-глицеро-D-глюко-
гептопираноза

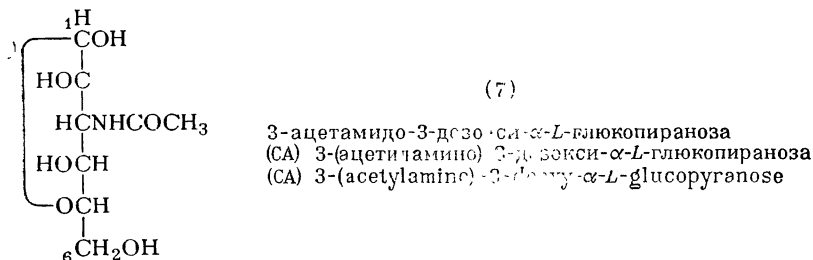
Замещенные формы

Замещение водорода в гидроксильной группе или замещение карбонильного кислорода обозначается как обычно в органической номенклатуре, например: 3-*O*-метил-*D*-глюкоза или 3-*O*-метильный эфир *D*-глюкозы; 2,4-ди-*O*-ацетил-альдегидо-*D*-манноза или 2,4-диацетат альдегидо-*D*-маннозы (5); 1,2-*O*-изопропилиден-*α-D*-глюкофураноза (6), по правилам IUPAC/IUB. [По правилам CA: двухвалентный радикал изопропилиден называют (1-метилэтилиденом)]. Алкил- или арилзамещение по



гликозидной гидроксильной группе приводит к образованию гликозидов: этим смешанным ацеталем присваивается наименование «алкил- (или арил) -озид», как в случае метил-*β-D*-глюкозида. Аналогично, 1-С-углеводные радикалы называют гликозил-радикалами, например: *α-D*-маннозил. Соответствующие 1-*O*-радикалы называются гликозилокси. Эти названия соответствуют различию между R-(алкил) и RO-(алкокси)-радикалами. Замена гидроксильной группы (за исключением таковой при C-1) на водород описывается цифровым локантом и префиксом «дезоксид-». Если в дальнейшем этот атом водорода,

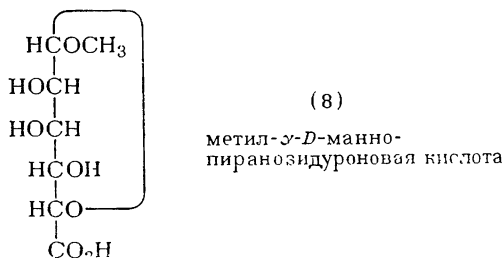
в свою очередь, замещается на другую группу, добавляется соответствующий префикс заместителя и повторяется тот же цифровой локант, как это показано на примере соединения (7).



Префикс «ангидро-» применяется для обозначения отщепления воды от двух гидроксильных групп, например 2,3-ангидро-4-О-метил-α-D-маннопираноза.

Продукты восстановления и окисления

Соответствующие альдозам гидрированные спирты называют заменой в названии альдозы окончания «-оза» на окончание «-ит», например: D-маннит*. При окислении сахара HOCH₂...CHO до кислоты HOCH₂...CO₂H окончание «-оза» заменяется на «-оновая кислота», а если HOCH₂...CHO превращается в HO₂C...CHO, то на «-уроновая кислота»; если HOCH₂...CHO превращается в HO₂C...CO₂H, — то на «-аровая кислота». Например: D-глюконовая кислота, L-глюкоаровая кислота и метил-α-D-маннопиранозидуоновая кислота (8).



Олигосахариды (низкомолекулярные полимеры)

Обычные дисахариды называют их старыми тривиальными названиями: сахароза, мальтоза, лактоза и др. Однако легко можно построить и их систематические названия (что и ис-

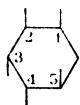
* В английской номенклатуре для этого класса соединений используют окончание «-itol», например: D-mannitol. — Прим. ред.

пользуется в указателях СА), такие как гликозилгликозиды (не сокращенно) или гликозилгликозы (сокращенно). Например, для сахарозы получаем название: β -D-фруктофуранозил- α -D-глюкопиранозид. В трисахаридах положения участвующих в связи двух гликозильных групп обозначают двумя локантами; одна или две стрелки показывают последовательность соединения, как, например: ...озил(1 \rightarrow 4)...(1 \rightarrow 4)... оза.

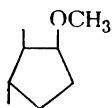
ЦИКЛИТЫ

Номенклатура циклитов [46, 5] имеет некоторые специфические особенности, которые выше обсуждались в связи с их стереохимией (см. с. 173). В указателях СА название инозит применяют как стереородоначальное и потому циклогексанпентолы, например (9), называют дезоксиинозитами.

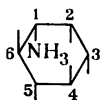
Заместители у кислорода обозначают префиксами, как это показано в названии соединения (10). Соединение (11) иллюстрирует замещение ОН-группы на аминогруппу, подобно тому, как это делается для углеводов.



- (9) 1D-циклогексанпентол-1,2,5/3,4 (IUPAC/IUB)
2-дезоксид-*D*-алло-инозит (СА, после перенумерации, как в инозите)
2-deoxy-*D*-allo-inositol (CA)



- (10) 1D-1-(метил) цикlopentантриол 1,2/3 (IUPAC/IUB)
[1S-(1 α , 2 β , 3 β)]-3-метоксициклопентандиол-1,2 (СА)
[1S-(1 α , 2 β , 3 β)]-3-methoxy-1,2-cyclopentandiol (CA)

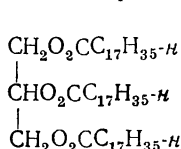


- (11) 1D-1-амино-1-дезоксид-мио-инозит
1-амино-1-дезоксид-*D*-мио-инозит (СА)
1-amino-1-deoxy-*D*-myo-inositol (CA)

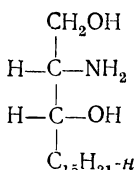
ЛИПИДЫ

Недавние рекомендации по названию липидов [6] не дали определения этому термину, и фактически ограничились, как это сделано и здесь, лишь жирами и родственными им производными глицерина. Наиболее обычные липиды — сложные эфиры жирных кислот и глицерина — лучше всего называть аналогично сложным эфирам углеводов [3], а именно называя ацильную группу (или группы) в префиксах к родоначальному названию — глицерину. Например, (12) получает название тристеарилглицерин или тристеарат глицерина (старые названия триглицерид и тристеарин должны быть отброшены). Особый представитель липидов — (2*S*,3*R*)-2-аминооктадекандиол-1,2

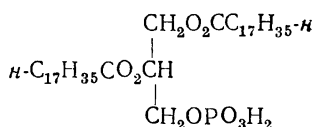
(13), имеет название сфинганин; родственные соединения называют как его производные.



(12)

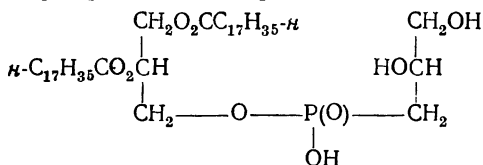


(13)



(14)

Липиды, являющиеся сложными эфирами фосфорной кислоты, а именно фосфолипиды [7], называют систематическими названиями, например: соединение (14) — 1,2-дистеароил-*sn*-глицеро-3-фосфат (о значении стереохимического префикса «*sn*» см. с. 174). Если фосфорная кислота этерифицирует две молекулы глицерина, то в названии образующегося соединения это отражается вставкой «-фосфо-», как в названии (15): 1,2-дистеарил-*sn*-глицеро-3-фосфо-3-*sn*-глицерин.



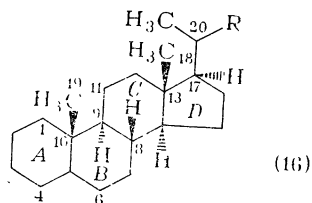
(15)

Поскольку для многих индивидуальных липидов систематические названия не даны, часто используют родовые (характерные для данного типа) названия, мало связанные со структурой. Упомянем здесь фосфатидиновые кислоты, плазменные кислоты, сфинголипиды и церамиды; для написания их структуры и названия их производных следует обратиться к соответствующим руководствам и правилам.

СТЕРОИДЫ

Родоначальные структуры и стереохимия

Стероиды являются производными циклопентано[*a*]фенантрена, имеющими скелет, нумерацию и стереохимию, показанные на формуле (16).



Эта ориентация циклической системы является предпочтительной по соображениям, изложенным на с. 100. Для удобства отдельные кольца обозначают латинскими буквами от *A* до *D*. Стереохимия, показанная в формуле (47) гл. 7, наиболее распространена среди стероидов. Правила IUPAC/IUB разрешают для обозначения специфической ориентации заместителя при C-20 использовать префиксы α и β , но предпочтительнее в данном случае пользоваться системой *R/S*, как и для положений с большим номером. Как правилами IUPAC/IUB, так и СА, для стереородоначальных соединений используются следующие полусистематические названия [4в].

Гонан	отсутствие боковых цепей при C-17, C-18 и C-19
Эстран	имеется метильная группа C-18, но других заместителей нет
Андростан	имеются метильные группы C-18 и C-19, нет боковой цепи при C-17
Препнан	$R=H$ (17 β)
Холан.	$R=CH_2CH_2CH_3$ (17 β , 20 <i>R</i>)
Холестан.	$R=CH_2CH_2CH_2CH(CH_3)_2$ (17 β , 20 <i>R</i>)
Эргостан:	$R=CH_2CH_2CH(CH_3)CH(CH_3)_2$ (17 β , 20 <i>R</i> , 24 <i>S</i>)
Стигмастан	$R=CH_2CH_2CH(C_2H_5)CH(CH_3)_2$ (17 β , 20 <i>R</i> , 24 <i>S</i>)

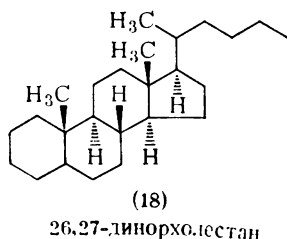
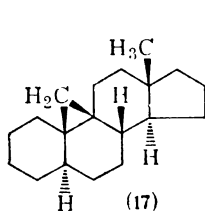
Эти названия отражают (включают в себя) стереохимическую специфику соединений, однако конфигурация при C-5 обозначается дополнительно (5 α или 5 β), если она известна.

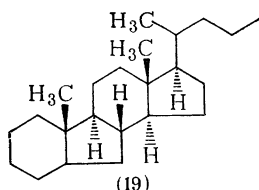
Модификации

Ненасыщенность и замещения описываются обычным образом, как это принято в номенклатуре органических соединений.

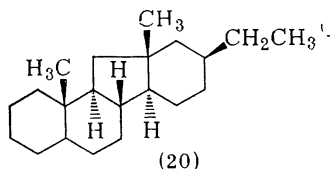
В названиях стероидов часто встречаются специальные структурные префиксы, которые могут быть распространены и на другие природные соединения. Эти префиксы охарактеризованы здесь лишь вкратце; для полноты освещения вопроса мы отсылаем читателя к правилам IUPAC/IUB и СА.

— «Цикло-» означает образование дополнительного кольца, непосредственно связанного с атомами углерода родоначальной структуры, например как в (17).

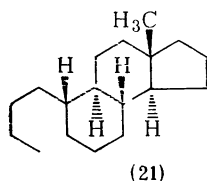




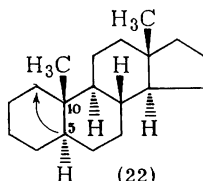
B-норхолан



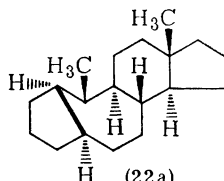
D-(17а)-гомо-*C*-норпрегнан



4,5-секоэстран



5α-андростан



5(10→1)абео-1α(*H*),5α-андростан

— «Нор-» свидетельствует об удалении ациклического атома углерода или о сокращении числа членов в одном из колец родоначальной системы, как это показано для соединений (18) и (19).

— «Гомо-» является противоположностью префикса «нор-» и означает расширение какого-либо цикла родоначальной системы; естественно, должно быть указано, какого именно. Префиксы «гомо-» и «нор-» могут быть использованы одновременно в наименовании одного и того же соединения, как это показано на примере названия (20).

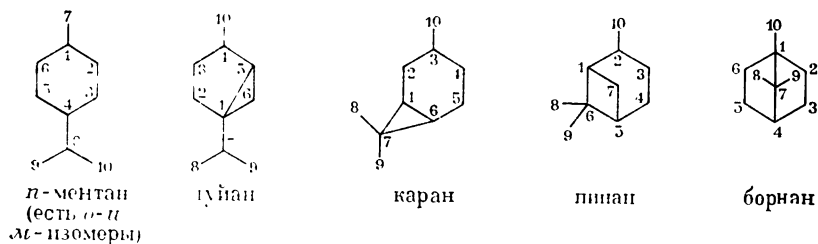
— «Секо-» (от латинского *secus* — разрезанный) указывает на разрыв одной связи кольца, с добавлением по одному атому водорода в обоих концах обрыва, как показано на примере (21).

Реже применяются префиксы «фридо-», указывающий на смещение угловой метильной группы, и «А-нео-», свидетельствующий о сужении кольца *A* и других изменениях; малоизвестный префикс «абео-» (от латинского — уходить) также означает миграцию связи. Правила IUPAC/IUB рекомендуют предпочтительное использование префикса «абео-» перед префиксами «фридо» и «А-нео-», именно поэтому представлен пример (22) — (22а).

ТЕРПЕНЫ

Ациклические терпены ($C_{10}H_{16}$) получают систематические названия, в то время как для родоначальных циклических монотерпенов правила IUPAC [9] признают полусистематические названия. Структурам приписана фиксированная нумерация, приведенная в табл. 8.1; указанные в таблице названия не характеризуют стереохимические особенности, которые, однако,

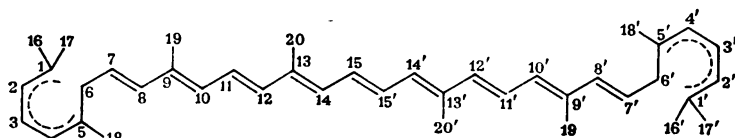
Таблица 8.1. Родоначальные названия монотерпенов, принятые правилами IUPAC, и нумерация в них



легко могут быть описаны с помощью системы *R/S*. Современные правила IUPAC [1] ограничили, как не очень удачное, применение префикса «нор-», ранее принятого для обозначения родоначальных названий полностью деметилированных производных ряда циклических терпенов типа: норкаран, норпинан и норборнан.

Понятно, что родоначальные названия при наличии заместителей могут быть модифицированы с помощью обычных префиксов, например: 7-хлоро-*m*-ментан, или как в названии радикала (пример): пинанил-3. Для сесквитерпенов ($C_{15}H_{24}$), дитерпенов и тритерпенов аналогичные названия правилами IUPAC не приняты, хотя многие из них находят практическое применение. В указателях СА для моно-, сескви- и дитерпенов даются полностью систематические названия, т. е. родоначальные названия здесь не признаются, тем не менее там вынуждены применять стереородоначальные названия для тетрациклических терпенов и некоторых других сложных стереохимических случаев.

Каротиноидные углеводороды (каротины) и их кислородсодержащие производные (ксантофиллы и др.) можно рассматривать [4а, 10] как производные ликопина (23). Терминальные участки от С-1 до С-9 и от С-1' до С-9' могут быть ациклическими или пяти-, шестичленными циклическими структурами. Для их различия используются малые буквы греческого алфавита (α , β и т. д.). При смещении на одно положение всех двойных и одинарных связей сопряженной системы применяют пре-



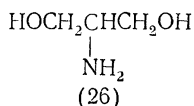
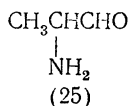
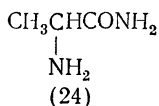
(23)

фикс «ретро-» с двумя локантами. Кроме этого новшества для обозначения заместителей и других модификаций, равно как и стереохимии, применяют обычные аффиксы, как и для других классов органических соединений, в особенности стероидов. Хотя тривиальные названия каротиноидов не запрещены, они не должны применяться без одновременного приведения названия, основанного на родоначальном ликопине.

АМИНОКИСЛОТЫ И ПЕПТИДЫ

Аминокислоты

Двадцать важнейших в биогенетическом отношении α -аминокислот имеют тривиальные названия, такие, как издавна применяемые глицин или цистин; все эти названия признаны правилами IUPAC/IUB [11]. В указателях СА [4е] применяют 30 таких стереородоначальных названий. Эти стереородоначальные названия в СА не разрешено видоизменять, а именно при описании простых солей, сложных эфиров и амидов применяют систематические названия, например: (24) это 2-аминопропанамид. Правила же IUPAC/IUB для таких производных рекомендуют применение обычных суффиксов, например: аланинамид натрия. Согласно правилам IUPAC/IUB, даже соответствующие 20-ти аминокислотам аминокальдегиды $RCH(NH_2)CHO$ и аминокислоты $RCH(NH_2)CH_2OH$ могут называться с применением соответствующих суффиксов «-аль» и «-ол», например:



аланиналь (25) и сериол (26). Однако для большинства химиков удобнее в подобных случаях применять достаточно простые систематические названия.

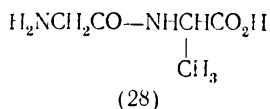
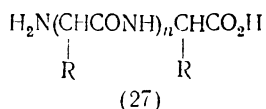
Конфигурация α -аминокислот легче всего выражается с помощью системы *R/S*. У большинства природных аминокислот α -C-атом имеет *S*-конфигурацию. В более старой системе, в качестве стандарта применявшей серин, конфигурация обозначалась буквами *D* и *L* (см. с. 171).

Пептиды

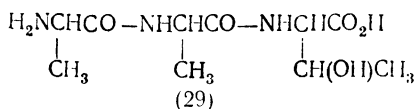
Пептиды являются полимерами типа (27); в дипептидах $n=1$, в трипептидах $n=2$ и т. д. Название пептидов составляется по принципу рассмотрения их как производных аминокислоты с остающейся (незамещенной) карбоксильной группой с использованием названий одной или нескольких ацильных групп в префиксах, как это показано в названиях (28) и (29) (в приведенных формулах конфигурация не показана.) Понятно, что

белки, для которых аминокислотная последовательность не установлена, имеют только тривиальные наименования.

Названия гомополимеров (гомоолигомеров) аминокислот могут также составляться с указанием перед наименованием мономера умножающих префиксов, таких как ди-, три- или в общем случае — поли-(олиго-), например: тетраглицин. Применя-



илицил-S-аланин



(S)-аланил-(S)-аланил-
-(S)-треонин

ется и более общая, лучше описывающая структуру пептида система, основанная на простом повторении звеньев (см. с. 202), однако она приводит к более сложным названиям.

Сокращенные обозначения

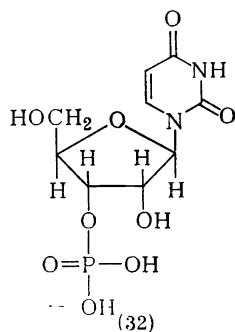
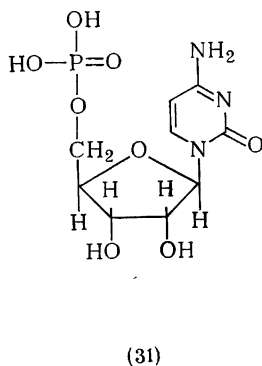
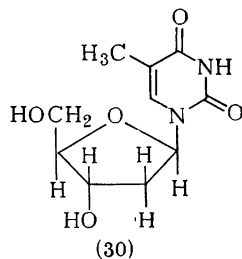
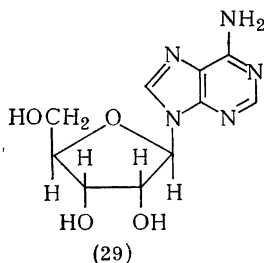
Правилами IUPAC/IUB [12] приняты английские трехбуквенные сокращения тривиальных названий аминокислот, начинающиеся с прописной буквы Gly, Ala, Tyr и т. д. (применяемые либо для всей молекулы аминокислоты, либо для ее радикала); особенно часто такие сокращения применяются для описания аминокислотной последовательности в пептидах и белках. Разрешена также [13] и однобуквенная система сокращений, но она применяется гораздо реже. Имеются также правила номенклатуры, касающиеся часто применяемых сокращений для синтетических пептидов [14], для синтетических модификаций природных пептидов [15], пептидных гормонов [16] и белков, содержащих железо и серу [17].

Ферменты

Названия ферментов (энзимов), особого класса белковых катализаторов, долгое время производились от имени субстратов, на которые они воздействуют, с небольшой модификацией окончания «-аза», или иногда характеризовались словами, описывающими их функцию. Поскольку подобная система громоздка и подчас двусмысленна, лучше применять рекомендованную IUPAC/IUB [18] цифровую классификацию, например каталаза имеет шифр E. C. 1.11.1.6 (Enzyme Commission — Ферментная Комиссия). Имеются специальные правила [19] для названий смешанных форм ферментов, включая изоэнзимы.

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ, НУКЛЕОЗИДЫ И НУКЛЕОТИДЫ

Имеются два хорошо известных типа нуклеиновых кислот: рибонуклеиновые кислоты (РНК) и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК). Они являются полимерами, построенными из углеводно-фосфатных звеньев (соединенных в цепи остатков фосфорной кислоты и рибозы или дезоксирибозы), с присоединенными в определенные положения углеводного звена гетероциклическими основаниями (точнее, их остатками). Наиболее распространенными гетероциклическими основаниями, входящими в состав нуклеиновых кислот, являются аденин, гуанин, ксантин, гипоксантин, тимин, цитозин и урацил. Эти названия приняты IUPAC/IUB, однако в указателях СА применяются лишь систематические пурин-пиримидиновые названия. Гликозилированные основания называют нуклеозидами, и их названия чаще всего строят из названий компонентов; при этом название основания модифицируется окончаниями «-озин» или «-идин», как в случае аденозина (29) и тимидина (30).



Фосфорные эфиры нуклеозидов называют нуклеотидами; для нуклеозидного остатка обычно требуется локант, например: цитидин-5'-фосфат (31). Наиболее широко распространенные нуклеотиды называют также, модифицируя название нуклеозида с добавлением окончания «-иловая кислота», например: 3'-уридиловая кислота (32).

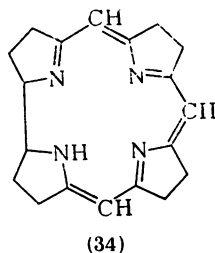
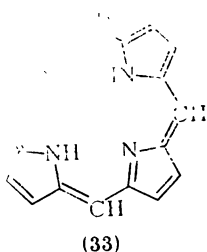
Для всех этих соединений правилами IUPAC/IUB [20] рекомендовано использование сокращенных обозначений и символов.

АЛКАЛОИДЫ

Номенклатура алкалоидов правилами IUPAC/IUB не систематизирована. Некоторые очень простые по структуре алкалоиды в указателях СА [4e] называют систематически, например никотин помещается в указателях под названием (S)-3-(1-метилпирролидинил-2)пиридина [(S)-3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)pyridine]. Названия сорока стереородоначальных соединений класса В (см. с. 177) применялись в указателях СА за 1972—1976 гг. и 1977—1982 гг.; аналогично использовались и названия многих стереородоначальных соединений класса С. Специальные структурные и конфигурационные префиксы [нор-, гомо-, секо-, ретро- и энантио- (или энт-)] применяются в своем обычном значении, за исключением отщепления метильной группы от атома азота, которое обозначается «деметил-» («дезметил-»), а не «нор-».

ПОРФИРИНЫ

Порфирины содержат тетрапиррольный макроцикл, показанный на формуле (33); коррины имеют сходную структуру, но лишённую одного мостикового атома углерода, как показано на формуле (34). Порфирины известны давно, в виде геминов (ге-



моглобины)* и хлоринов (хлорофиллы). Представителем корринов является витамин В₁₂ (см. ниже). В указателях СА порфирины рассматриваются как производные 21H,23H-порфина, а коррины (специфическое название по IUPAC/IUB) в СА рассматривают как кобамиды и их производные. Правилами IUPAC/IUB для корриноидов разрешено использование некоторых сокращений [21].

* В английском языке встречаются различные написания и произношения этих слов, как-то haemins, haemoglobin, haem, heme.

ВИТАМИНЫ

Структурно витамины относятся к самым различным классам органических соединений. Их биологическая активность, пожалуй, лучше всего ассоциируется со старыми буквенными обозначениями: говорят, например, А-витаминная активность. Индивидуальные представители ряда называют в СА [4ж], как показано ниже: приведены также рекомендации IUPAC/IUB, если таковые имеются. Поскольку новые принципы номенклатуры витаминов не разработаны, структуры витаминов здесь не приводятся. Они легко могут быть найдены в указателях СА.

- А: как СА, так и IUPAC/IUB рекомендуют названия ретинол, ретиналь, ретиновая кислота и т. д.
- В₁: называют систематически, но не тиамин
- В₂: называют как рибофлавин и его производные
- В₃, В₅: называют систематически
- В₆: называют систематически; правила IUPAC/IUB допускают полусистематические названия, основанные на корне «пиридокс-»: пиридоксин, пиридоксаль, пиридоксамид и др.
- В₁₂: как СА, так и IUPAC/IUB [21] для конкретного соединения применяют название витамин В₁₂, но его производные описывают как вытекающие из кобериновой кислоты и т. д.
- С: как СА, так и IUPAC/IUB [22] применяют название витамин С, а производные называют на основе аскорбиновой кислоты
- Д: в указателях СА используют систематическое название, составленное по принципу названий стероидов; IUPAC/IUB [22] разрешают пользоваться названием кальциферол
- Е: в указателях СА называют систематически, IUPAC/IUB [24] применяют стереородоначальное название токол, а также старое название токоферол, в котором конфигурацию описывают дополнительно по системе R/S
- К: в указателях СА называют систематически. По IUPAC/IUB [25] для индивидуальных соединений и их групп можно применять специальные названия с суффиксом «-кинон», например: убихинон или филлохинон. В последнем случае для обозначения числа изопреновых звеньев, присоединенных к хиноповому ядру, применяется цифровой суффикс

ЛИТЕРАТУРА

1. Nomenclature of Organic Chemistry: Section F: Natural Products and Related Compounds (Provisional), IUPAC Information Bull., Appendix № 53 (1976).
2. Compendium of Biochemical Nomenclature and Related Documents (IUB), 3rd Ed., The Biochemical Society, P. O. Box 32, Colchester CO2 8HP, Essex (1978).
3. IUPAC/IUB Carbohydrate Nomenclature 1 (Tentative Rules 1969; Biochem J. 125, 675 (1971); Biochemistry, 10, 3983 (1971)).
4. Chemical Abstracts Vol. 76 Index Guide (1972) or Ninth Collective Index, Vols. 76—85 (1972—1976). Index Guide (a) para. 208 (б) para. 209 (в) para. 211 (г) para. 212 (д) para. 206 (е) para. 204 (ж) para. 22.

5. IUPAC/IUB, Nomenclature of Cyclitols (Recommendations 1973), *Pure Appl. Chem.* **37**, 283 (1974); *Biochem. J.*, **153**, 23 (1976).
6. IUPAC/IUB, The Nomenclature of Lipids (Recommendations 1976), Hoppe — Seylers *Z. Physiol. Chem.*, **358**, 617 (1977), *Mol. Cell. Biochem.*, **17**, 157 (1977).
7. IUPAC/IUB, Nomenclature of Phosphorus-Containing Compounds of Biological Importance (Recommendations 1976), *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **74**, 2222 (1977).
8. IUPAC/IUB, Nomenclature of Steroids (Rules 1971), *Pure Appl. Chem.*, **31**, 283 (1972).
9. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry. Definitive Rules for Section A. Hydrocarbons. Section B. Fundamental Heterocyclic Systems. Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen, Halogen, Sulfur, Selenium and/or Tellurium, 1969, A. B 3rd Ed., C 2nd Ed., Butterworths, London (1971) издано также (Pergamon Press, Oxford), p. 49.
10. IUPAC/IUB, Nomenclature of Carotenoids (Rules Approved) 1974, *Pure Appl. Chem.* **41**, 405 (1975); *Eur. J. Biochem.*, **25**, 397 (1972); **57**, 317 (1975).
11. IUPAC and IUPAC/IUB, Nomenclature of α -Amino Acids (Recommendations, 1974), *Biochemistry*, **14**, 445 (1975); *Eur. J. Biochem.*, **53**, 1 (1975).
12. IUPAC/IUB, Symbols for Amino-Acid Derivatives and Peptides, Recommendations (1971), *Pure Appl. Chem.*, **40**, 315 (1974); *J. Biol. Chem.*, **247**, 977 (1972).
13. IUPAC/IUB, A One-Letter Notation for Amino Acid Sequences (Definitive Rules); *Pure Appl. Chem.* **31**, 639 (1972).
14. IUPAC/IUB, Abbreviated Nomenclature of Synthetic Polypeptides (Polymerized Amino Acids); *Pure Appl. Chem.*, **33**, 437 (1973).
15. IUPAC/IUB, Definitive Rules for Naming Synthetic Modifications of Natural Peptides; *Pure Appl. Chem.*, **31**, 647 (1972).
16. Nomenclature of Peptide Hormones; IUPAC Information Bull., Appendix № 48 (1975).
17. Nomenclature of Iron-Sulfur Proteins; IUPAC Information Bull., Appendix № 32 (1973).
18. IUPAC/IUB, Enzyme Nomenclature (Recommendations 1972), Elsevier, Amsterdam, London, and New York, 1973; Supplement 1, *Biochim., Biophys. Acta*, **429**, 1 (1976).
19. Multiple Forms of Enzymes; Iupac Information Bull., Appendix № 68.
20. IUPAC/IUB, Abbreviations and Symbols for Nucleic Acids, Polynucleotides, and their Constituents (Rules Approved 1974); *Pure Appl. Chem.* **40**, 277 (1974) *Eur. J. Biochem.*, **15**, 203 (1970).
21. IUPAC/IUB, Nomenclature of Corrinoids (Rules Approved 1975); *Pure Appl. Chem.* **48**, 495 (1976).
22. IUPAC/IUB, Trivial Names of Miscellaneous Compounds of Importance in Biochemistry, *Biochim. Biophys. Acta*, **107**, 1 (1965), *J. Biol. Chem.*, **241**, 2987 (1966).
23. IUPAC/IUB, Definitive Nomenclature for Vitamins B-6 and Related Compounds; *Pure Appl. Chem.*, **33**, 445 (1973).
24. IUPAC/IUB, Nomenclature of Tocopherols and Related Compounds, Recommendations (1973), *Arch. Biochem. Biophys.*, **165**, 6 (1974); *Eur. J. Biochem.* **46**, 217 (1974).
25. IUPAC/IUB, Nomenclature of Quinones with Isoprenoid Side-chains; *Pure Appl. Chem.* **38**, 439 (1974); *Biochem. J.*, **147**, 15 (1975).

РАЗНЫЕ ОБЛАСТИ НОМЕНКЛАТУРЫ

ЭЛЕМЕНТОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ*

Представленные до сих пор номенклатурные правила не охватывают соединений, в которых органические остатки связаны С-атомами с атомами иными, чем углерод, водород, азот, галогены и халькогены. Некоторые соединения, содержащие связи с иными элементами, уже упоминались при обсуждении π -комплексов (см. с. 49).

В этой области соприкасаются неорганическая и органическая химия, причем представители обеих областей химии стремились сохранить свои собственные системы номенклатуры, которые в неорганической химии основаны на описании строения, а в органической — на характере функции (если таковая имеется). Это привело к допущению большого числа альтернативных названий в разделе D правил IUPAC по органической номенклатуре. Правила создавались обеими комиссиями и содержат больше деталей, чем возможно здесь обсудить. В последующем тексте мы будем касаться также и номенклатурной практики Chemical Abstracts.

Названия координационных соединений

Как отмечалось на с. 33 и иллюстрировано позднее, широко используется расширенное представление о координации. В элементарноорганических соединениях центром координации, естественно, является соответствующий элемент (необычные соединения с двумя атомами металла или другого элемента мы рассматривать не будем). Эти вещества получают названия следующего типа:

Тетраэтилсвинец $(C_2H_5)_4Pb$

Оксотрифенилфосфор $(C_6H_5)_3PO$

Триметил(пиридин)бор $(C_5H_5N)B(CH_3)_3$

Гидроксид(фенил)ртуть C_6H_5HgOH

Трипропил(2-формилэтил)германий $(n-C_3H_7)_3GeCH_2CH_2CHO$

Полимерные вещества часто называют так, будто они мономерны, например: $(CH_3Li)_n$ метиллитий. Названия по координационному типу широко используются в СА, в частности для шестикоординационных соединений олова. Обычно такие названия не применяют для элементов, гидриды которых перечислены в табл. 9.1.

* Авторы используют термин «металлорганические соединения» и сразу делают в тексте оговорку, что он не очень хорош, так как бор, кремний, фосфор не похожи на металлы. В переводе использован широко применяемый в отечественной литературе термин «элементарноорганические соединения». — *Прим. ред.*

Таблица 9.1. Названия родоначальных гидридов

Арсин AsH_3	Плюмбан PbH_4
Арсоран AsH_5	Силан SiH_4
Висмутин BiH_3	Стапнан SnH_4
Боран BH_3	Стибни SbH_3
Герман GeH_4	Сульфан SH_2
Фосфин PH_3	(используется лишь в названиях типа
Фосфоран PH_5	дисульфан и др., см. с. 149)

Заместительные названия

В гл. 4 указывалось, что для построения заместительного названия необходимо выбрать родоначальное соединение и указать замещение водорода в нем; один из заместителей (главную функцию) называют в суффиксе, остальные — в префиксах. В элементарноорганических соединениях в качестве родоначального соединения часто можно принять либо гидрид элемента, либо органическое соединение. Это приводит к существенно различающимся названиям. В СА органическую часть считают родоначальной, если она содержит любую функциональную группу, называемую в суффиксе.

Простейшие гидриды, рассматриваемые правилами IUPAC в качестве родоначальных, представлены в табл. 9.1. На основе их имен возникают такие названия, как трифенилфосфин $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}$, тетраметилсилан $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$, триметилкоарсоран $(\text{CH}_3)_3\text{AsO}$, триметокси(метоксикарбонилметил)герман (1). В СА последнее соединение называют метил(триметоксигермил)ацетатом.

Суффиксы и префиксы, используемые в органической номенклатуре для функциональных групп, сохраняют свое значение и в тех случаях, когда эти группы связаны с кремнием. Согласно IUPAC можно использовать разные формы, например: гидрокситриметилсилан или триметилсиланол для $(\text{CH}_3)_3\text{SiOH}$. В СА для соединений кремния используют только названия второго типа.

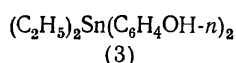
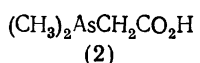
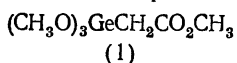
Для других элементов функциональные суффиксы следует использовать с осторожностью. Так, $(\text{CH}_3)_2\text{POH}$ следует называть диметилфосфинистой кислотой (dimethylphosphinous acid, с. 195), однако для $\text{R}_2\text{PCO}_2\text{H}$ приемлемым названием будет диалкилфосфинкарбоновая кислота.

Заместители у атома бора по IUPAC называют только в виде префиксов, например: аминодиметилборан $(\text{CH}_3)_2\text{BNH}_2$, дигидрокси(метил)боран $\text{CH}_3\text{B}(\text{OH})_2$, гидроксидиметилборан $(\text{CH}_3)_2\text{BOH}$. В СА эти соединения называют соответственно диметилборанамин, метилбороновая кислота, диметилбороновая кислота. Даже $(\text{HO})_3\text{B}$, по IUPAC, можно называть тригидроксибораном, однако столь же приемлемо и более привычное название борная (или ортоборная) кислота.

Арсино —AsH₂
 Арсиндил >AsH
 Арсоранил —AsH₄
 Висмутино —BiH₂
 Борил —BH₂
 Борандилл >BH
 Гермил —GeH₃
 Фосфино —PH₂

Фосфиндилл >PH
 Фосфоранил —PH₄
 Плюмбил —PbH₄
 Силил —SiH₃
 Силандилл >SiH₂
 Станил —SnH₃
 Стибино —SbH₂

Если элементарорганические радикалы являются заместителями в родоначальных органических соединениях, их обычно не считают функциями, и поэтому называют в префиксе. В табл. 9.2 приведены некоторые префиксные обозначения, отвечающие гидридам табл. 9.1.



В современной практике СА префиксные обозначения те же, что и приведенные в табл. 9.2, за исключением двухвалентных радикалов: >AsH арсиниден; >BH борилен; >PH фосфиниден; >SiH₂ силилен.

Для всех других элементов (кроме C, H, O, галогенов, халькогенов и азота) названия радикалов образуют из названий элементов и окончания (суффикса), «ио», например: таллио. В необходимых случаях им предшествуют названия неорганических и органических лигандов, например в обозначениях таких групп, как —Al(C₂H₅)₂ диэтилалюминий, —HgCl хлормеркурио, —BeH гидридобериллио*. Названия с суффиксами «ио» используют также вместо приведенных в табл. 9.2, в особенности для многовалентных радикалов. Так возникают названия типа (диметиларсинио)уксусная кислота или (диметиларсенио)уксусная кислота для структуры (2) и 4,4'-(диэтилстанио)дифенол для (3). Одновалентные металлы, связанные с углеродом, также называют с частицей «ио», например: LiCH₂CH₂CH₂CH₃ 1-литои-бутан**.

Положение с заместительными префиксами «дейтерио» и «тритио» неопределенно: они приняты в правилах IUPAC для неорганических соединений [2a], однако не упоминаются в более новых правилах для органических соединений [3].

Элементарорганические анионы, не имеющие связанных с металлами атомов кислорода, серы или азота, называют подобно радикалам, но окончание «ио» заменяют на «ат», например: LiCu(CH₃)₂ диметилкупрат лития; [(C₆H₅)₃Pb][—] трифенил-

* В отечественной практике подобные названия обычно строят из компонентов без каких-либо специальных окончаний: в приведенных примерах — диэтилалюминий, хлормеркур и т. п. — *Прим. ред.*

** В отечественной практике используют также названия 1-литийбутан или бутиллитий. — *Прим. ред.*

Таблица 9.3. Названия родоначальных оксокислот фосфора и мышьяка

Формула	Русское название	Английское название
H_2POH	Фосфинистая кислота	Phosphinous acid
H_2AsOH	Арсинистая кислота	Arsinous acid
$\text{HP}(\text{OH})_2$	Фосфонистая кислота*	Phosphonous acid
$\text{HAs}(\text{OH})_2$	Арсонистая кислота	Arsonous acid
$\text{H}_2\text{P}(\text{O})\text{OH}$	Фосфиновая кислота	Phosphinic acid
$\text{H}_2\text{As}(\text{O})\text{OH}$	Арсиновая кислота	Arsinic acid
$\text{HP}(\text{O})(\text{OH})_2$	Фосфоновая кислота	Phosphonic acid
$\text{HAs}(\text{O})(\text{OH})_2$	Арсоновая кислота	Arsonic acid

* В отечественной практике используют также название фосфорноватистая кислота. — *Прим. ред.*

плюмбат. Степень окисления металла при необходимости может быть указана по системе Штока либо выражена в виде заряда аниона по системе Эвенса-Бассета (см. с. 32), например: $[(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{P}]^-$ тетрафенилфосфат(III) или тетрафенилфосфат(1—) (при этом обычное обозначение «фосфат» является сокращением рекомендуемого правилами «фосфат»), $[(\text{CH}_3)_2\text{SiF}_4]^{2-}$ диметилтетрафторсиликат(2—). Давно существующее окончание «ид» для карбанионов (например: NaCH_3 метанид натрия) принято в правилах IUPAC в разделе C [5], но не в разделе D [1]. В последнем из этих разделов имеются, однако, такие названия, как диэтилфосфид калия для $\text{KP}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$. Название ацетирид натрия для $\text{NaC}\equiv\text{CH}$ используется IUPAC и CA; приемлемым является также название этилнатрий.

Радикало-функциональные названия

Названия элементарноорганических соединений, содержащих анионные компоненты, можно строить, кроме упомянутых способов, также из названий органической группы (групп) и анионного компонента (компонентов), например: метилоловохлорид-дигидрид, фенилмагнийбромид*. Поскольку соединения типа $\text{R}_x\text{M}(\text{O})_y(\text{OH})_z$ (при $\text{M}=\text{Ge}, \text{Sn}, \text{Pb}, \text{Sb}, \text{Te}$) полимерны и амфотерны, для них подобные названия следовало бы употреблять чаще, чем старые. Так, $\text{C}_6\text{H}_5\text{Sb}(\text{O})(\text{OH})_2$ следует называть фенилстибиндигидроксиоксид (см. с. 46), а не бензолстибионовая кислота. Аналогично надо называть элементарноорганические

* В английском варианте первое название распадается на три слова, второе — на два. — *Прим. ред.*

катионы — название соответствующего лиганда ставят перед названием металла и указывают числа Штока или Эвенса-Баскета, например: $[(C_2H_5)_3Sn]^+$ триэтилолово(IV) или триэтилолово(1+). Иногда можно применить «ониевую» систему (см. с. 42 и 126), например: $[(HOCH_2)_4P]^+Cl^-$ тетраakis(гидроксиметил)фосфонийхлорид.

Соединения типа $R_xM(O)_y(OH)_z$ при $M=P$ или As , их аналоги и производные имеют специальные названия, основанные на родоначальных кислотах (табл. 9.3, см. также с. 36). Заместитель водорода, стоящего у атома фосфора или мышьяка, на органические группы обозначают префиксами, как обычно, например: $[(C_6H_5)_2P=O]-Na^+$ дифенилфосфинит натрия. Замена $-OH$, $=O$ или обоих указывается с помощью вставки (инфикса) перед последним слогом названия кислоты. Полный список таких инфиксов имеется в правилах, здесь же приведем лишь примеры их формы: «хлорид» или «хлоридо», «амид» или «амидо», «тио» и т. д. Таким образом образуются названия типа:

$CH_2=CH-P(OCH_3)Cl$ метилвинилфосфонохлоридит
 $1-C_{10}H_7As(O)(NH_2)OH$ нафтил-1-арсонамидовая кислота

Если же при P или As нет групп $-OH$, $-OR$ или $-O-$ металл, то соединение называют хлоридом кислоты, амидом кислоты и т. п., например*:

$C_2H_5AsCl_2$ ethylarsenous dichloride
 $[(CH_3)_2CH]_2PNHCH_3$ diisopropylphosphinous methanamide

Другие названия для этих и подобных им радикалов, отвечающие кислотам табл. 9.3, можно найти в тексте правил IUPAC [1].

Названия, основанные на «а»-обозначениях

«а»-Обозначения производят от названий элементов, придавая им окончание «а»: важнейшие из таких названий приводились в табл. 5.5. Ими обозначают атомы, входящие в состав колец или цепей.

Одно из применений такой практики — постановка одного или нескольких «а»-обозначений в виде префиксов к названиям органических соединений для того, чтобы показать замену атомов углерода (заменительная номенклатура, см. с. 76, 121). Как уже отмечалось, эта система редко требуется для ациклических соединений, однако она часто с пользой применяется для цик-

* В отечественной номенклатуре аналогичные названия не привились. — *Прим. ред.*

лов, например, названия соединений (4) — (6). В СА эту систему применяют реже [из приведенных примеров только для (5)].



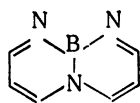
борацкло-
пентан

(4)



силабензол

(5)



1,4a,8 триаза-8a-бора-
нафталин (название по
типу конденсированных
циклов сложнее)

(6)

Однако хорошие результаты дает и использование расширенной системы Ганча-Видмана (см. с. 116), и в СА ее предпочитают при названии циклических элементоорганических соединений типа (7) и (8)



1H-аурол

(7)

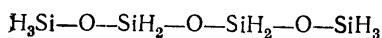


1,3-азафосфин

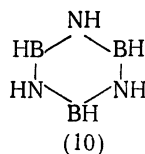
(8)

В заключение рассмотрим цепи и циклы с регулярным расположением неуглеродных атомов. Цепи, состоящие из одних только таких атомов («гомогенные цепи»), называют, указывая умножающий префикс, «а»-обозначение и прибавляя окончание «ан», например: $\text{SiH}_3\text{SiH}_2\text{SiH}_3$ трисилан (см. с. 30). Только в таких названиях используют обозначения «сульфа» для серы, «села» для селена, «телла» для теллура (как пояснено на с. 30), однако в СА этих обозначений не применяют. Для элементов с переменной валентностью следует указать, какова она. Для этой цели пользуются понятием числа связей (connecting number), определяя его, как сумму сигма-связей, пи-связей и единиц заряда (положительного или отрицательного) на атоме. Число связей при необходимости указывают в виде надстрочного индекса при символе λ , например: $\text{S}\lambda^6$ означает серу с числом связей 6, как в сульфат-ионе. «Нормальными» числами связей, которые нет необходимости указывать, являются 1 для галогенов, 2 для халькогенов и металлов второй группы Периодической системы, 3 для элементов семейства бора и азота, 4 для углерода, кремния, германия, олова и свинца. Таким образом, NH_2NHNH_2 триазан, гипотетический $\text{PH}_4\text{PH}_3\text{PH}_4$ три- λ^5 -фосфан. В структурах с чередующимися атомами, имеющих по концам идентичные атомы, указывают оба типа атомов, как тетрасилоксан для структуры (9) или циклотриборазан для

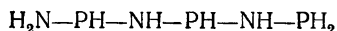
структуры (10) [в СА для (10) используют тривиальное название боразин, borazine].



(9)



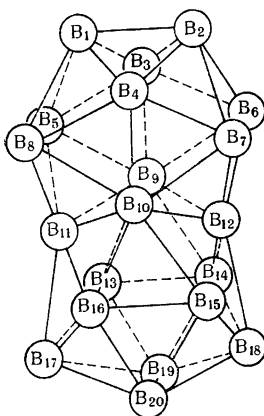
(10)



(11)

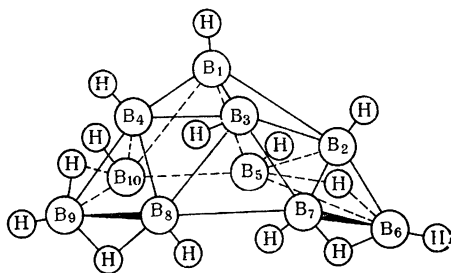
Если цепи строятся из повторяющихся фрагментов, то в названии используют префикс «катена», например: *катена-три(фосфазан)* для (11). Разветвленные цепи, кратные связи, циклы, радикалы описывают так же, как в органической номенклатуре.

В быстро растущей области полиборанов возникли свои проблемы, так что специалисты рассматривают изменения к правилам, принятым в 1971 г. Наличие мостиковых H-атомов и изменчивость числа связей бора делает возможным существование необычных гидридов, поэтому в названиях должно быть отражено как число атомов бора, так и водорода. Таковы, например, пентаборан(9) состава B_5H_9 и пентаборан(11) состава B_5H_{11} . Полибораны с замкнутыми трехмерными структурами обозначают префиксом *клозо-*, а таковые с почти замкнутыми — префиксом *нидо-* (от латинского *nidus* — гнездо), как показано в формулах (12) и (13), где дана и нумерация.



$\text{B}_{20}\text{H}_{16}$ *клозо*-икосаборан (16)

(12)

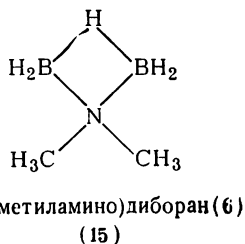
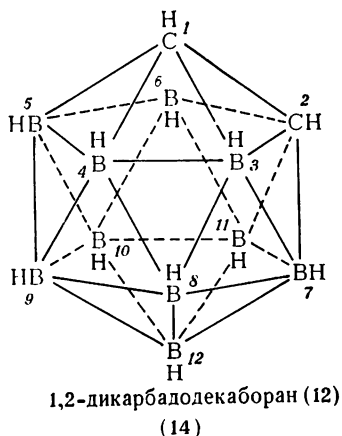


$\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ *нидо*-декаборан (14)

(13)

Иногда один или несколько атомов бора в полиборановом скелете замещены на другие атомы, как в структуре (14), одной из изомерных форм дикарба-*клозо*-додекаборана (12) (в СА используют то же название без префикса «*клозо-*»). Если про-

изошло замещение мостикового водорода, как в структуре (15), то к замещающей группе добавляют префикс μ , как символ мостика, а в необходимых случаях и локанты атомов, соединяемых мостиком.



Заключение

При составлении названия конкретного элементоорганического соединения полезны следующие обобщения сказанного выше:

1) За исключением соединений мышьяка, висмута, бора, германия, фосфора, свинца, кремния, олова, сурьмы и серы(II), допустимы названия, составленные по координационному типу.

2) Простые производные указанных в п. 1) «исключительных» элементов обычно получают названия на основе соответствующих гидридов.

3) При наличии функциональной группы, которая может быть названа в суффиксе, органическая часть всегда служит родоначальной во всех названиях по СА, а металлоорганическая (элементоорганическая) рассматривается как заместитель. Это, однако, не обязательно в практике IUPAC.

4) Для оксокислот фосфора и мышьяка действуют специальные правила.

5) Для того чтобы отразить присутствие элементоорганического фрагмента в префиксе, названию элемента придают окончание (суффикс) «ио»*. Исключение составляют элементы, перечисленные в п. 1); для них префиксные обозначения производят от названий гидридов.

6) Элементоорганические анионы часто получают названия с окончанием «ат», но в некоторых случаях используют и состоящие из нескольких слов радикало-функциональные названия.

* См. первое примечание редактора к с. 194.

7) Элементорганические катионы обычно называют по радикало-функциональному типу.

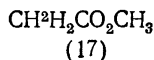
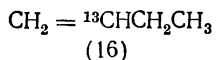
8) Циклические соединения с гетероатомом в кольце или, что реже, соединения с гетероатомом в цепи, называют по «окса-аза»-системе, а в случае циклов также по системе Ганча-Видмана. Для цепей с повторяющимися идентичными фрагментами используют специальную номенклатуру, основанную на «а»-обозначениях.

ИЗОТОПНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Изотопно-модифицированными называют соединения, в которых изотопный состав нуклидов отличается от имеющегося в природе. При написании формул и названий таких соединений изотоп (нуклид), присутствующий в избытке, обозначают символом атома с массовым числом в левом верхнем индексе этого символа, например ^{14}C (см. с. 23). Для изотопов водорода в соединениях, не модифицированных иными изотопами, приемлемы также символы D и T; в СА вместо них используют *d* и *t*.

Следует различать [3] два типа изотопно-модифицированных соединений: изотопно замещенные, в которых практически все молекулы имеют определенный нуклид в определенном положении, и изотопно-меченные, которые являются смесью изотопно немодифицированных с одним или несколькими изотопно замещенными аналогами, причем обычно немодифицированные преобладают в этой смеси. На практике, в меченых соединениях обычно присутствуют радиоактивные нуклиды, а изотопно-замещенных — стабильные нуклиды.

Согласно IUPAC название для изотопно-замещенного органического соединения образуют, ставя символ нуклида (при необходимости с локантом) перед всем названием или перед его изотопно-замещенной частью. Как это вообще принято при замещении, при необходимости указывается число замещенных атомов. Это дает названия типа (2- ^{-13}C)бутен-1 для (16) и метил ($^2\text{H}_2$)ацетат для (17).

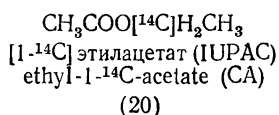
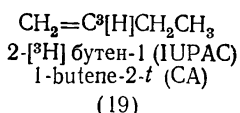
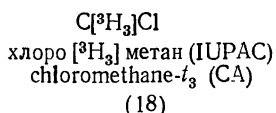


В СА не различают изотопно-замещенные и изотопно-модифицированные соединения и используют курсивные суффиксы (ко всему соединению или его части) для указания положения и природы модифицирующих нуклидов. Два приведенных соединения (16) и (17) получают названия 1-butene-2- ^{13}C , methylacetate-($^2\text{H}_2$).

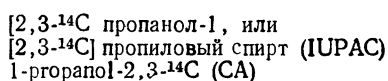
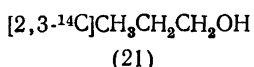
Система, близкая к принятой в СА, но предписывающая заключать курсивные суффиксы в квадратные скобки, кратко описана в правилах IUPAC для неорганических соединений [26]; она приводит к таким названиям, как трихлорид [^{32}P] фосфора для $^{32}\text{PCl}_3$. Следует надеяться, что эта система будет

оставлена в пользу способа IUPAC, применяемого в органической химии, или способа СА.

В случае меченых соединений символ нуклида заключают в квадратные скобки (вместо круглых, используемых для изотопно замещенных соединений). Для специфически меченных соединений, таких как (18)—(20), когда число нуклидов и их положение известно, названия и формулы напоминают таковые для изотопно замещенных соединений. Аналогично поступают с соединениями, специфически меченными многократно одинаковыми или разными нуклидами.



Селективно меченными называют соединения, у которых известны положения, но не число нуклидов. Формулы в этих случаях записывают без умножающих цифр, помещая обозначения нуклидов, как обычно, в начале, например (21). В названиях неселективно меченных соединений используют квадратные скобки, но без локантов и множителей, например: [^{14}C]аланин. Если мечены все положения селективно меченного соединения, в название вводят букву G, например: [G- ^3H]пиридин. Если известно, что все положения мечены с одинаковым соотношением изотопов, то используют букву U в аналогичной записи, например: [U- ^{14}C]аланин.

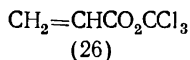
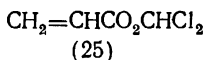
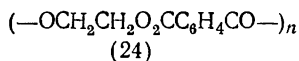
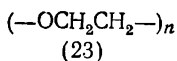
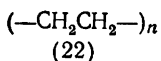


Согласно правилам IUPAC, в изотопно-модифицированных соединениях сохраняется нумерация, принятая для соответствующих немодифицированных аналогов, например в (^2H)CH₂CH₂I, 1-иодо-2-(^2H)этана, нумерация начинается с С-атома, связанного с иодом. Конечно, в соединении CH₃[^{14}C]H₂CH₂CH₃ меченый С-атом имеет локант 2, а не 3. Однако в практике СА модифицированный нуклид старше всех других префиксных заместителей, поэтому (^2H)CH₂CH₂I называют в СА 2-iodoethane-1d. Иногда модифицированный нуклид занимает нумерованное положение; в этом случае роль локанта выполняет курсивный префикс; примером может служить название для C₆H₅CHONC (= ^{18}O)C₆H₅ — [карбонил- ^{18}O]бензоин или бензоин-карбонил- ^{18}O .

ПОЛИМЕРЫ

Как и во многих других областях химической номенклатуры, для полимеров используют наименования двух типов. В названиях, основанных на строении, указывают повторяющиеся атомы или группы; более старые названия, основанные на происхождении или способе получения полимера, образуют из префикса «поли» и названия мономера. Иногда последняя система условна, поскольку, например, поли(виниловый спирт) в действительности не получают полимеризацией винилового спирта.

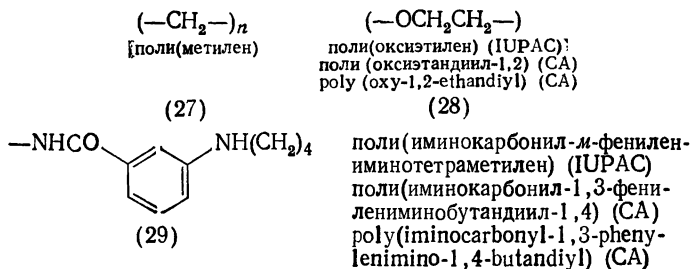
Несмотря на большую целесообразность структурных названий, которые с 1972 г. приняты в СА, мы сначала рассмотрим более старые названия. Они широко используются, в особенности в технологии и биохимии, а также признаются правилами IUPAC [6]. Допустимые сокращения таких названий также перечислены в издании IUPAC [7]. Так, (22) это полиэтилен, ПЭ; (23) полиэтиленоксид, ПЭО; (24) это поли(этилентерефталат). Обратите внимание на использование скобок, которые необходимы для того, чтобы различить, например, поли(хлорометил-акрилат), являющийся полимеризованным хлорометилакрилатом, и полихлорометилакрилат, который может иметь структуру (25), (26) или быть их смесью; в этом случае пригодно также название полихлоро(метилакрилат). Сополимеры (в отличие от гомополимеров) называют, вставляя частицу «со» между названиями мономеров, например: поли(акрилонитрил-со-стирол).



Линейные полимеры с координационной структурой обозначают префиксом *катена* (см. с. 53).

Строение линейных органических полимеров обычно указывают, описывая минимальное повторяющееся звено. Эта система в настоящее время применяется в СА [8], а также допускается IUPAC [6], однако в последнем случае упомянутые звенья называют «структурно повторяющимися единицами». Такая единица может быть простой двухвалентной группой (типа приведенных на с. 95) или комбинацией их. В этих случаях название группировки, взятое в квадратные скобки, ставится за префиксом «поли». В случае несимметричного повторяющегося звена, поскольку возможно его написание и наименование в двух направлениях, необходимо, чтобы правила определяли начало и направление перечисления. Такое требование делает правила сложными, и мы не имеем возможности их здесь подробно об-

суждать. В качестве иллюстрации приведены лишь примеры (27)—(29).



Рекомендации IUPAC [6] распространяют генетические названия на линейные полимеры. Полимеры, содержащие лишь небольшое число повторяющихся звеньев, называют олигомерами. Полимер, построенный из небольших одинаково повторяющихся в своей последовательности звеньев, называют регулярным; значительно отличающиеся (особенные) участки полимера называют блоками. Регулярные полимеры могут быть тактическими, изотактическими или синдиотактическими (часто стереорегулярными), однако для определения этих терминов, указывающих конфигурацию, следует обратиться к тексту правил. Существуют специальные правила [9] для описания конформации пептидных цепей.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ НОМЕНКЛАТУРА

По-видимому, наиболее полезной публикацией в этой области является [10]; она содержит, в частности, систему единиц СИ, а также приложение по развитию работ данной области. Опубликованы и другие материалы, касающиеся коллоидной и поверхностной химии [11, 12], электрохимии [13]. Официальные рекомендации в других областях охвачены публикациями [13—25].

Таблица 9.4. Префиксы и символы для десятичных кратных единиц

Множитель	Префикс	Символ		Множитель	Префикс	Символ	
		русс.	лат.			русс.	лат.
10 ⁻¹	деци	д	d	10 ¹	дека	да	da
10 ⁻²	санти	с	c	10 ²	гекто	г	h
10 ⁻³	милли	м	m	10 ³	кило	к	k
10 ⁻⁶	микро	мк	μ	10 ⁶	мега	М	M
10 ⁻⁹	нано	н	n	10 ⁹	гига	Г	G
10 ⁻¹²	пико	п	p	10 ¹²	тера	Т	T
10 ⁻¹⁵	фемто	ф	f				
10 ⁻¹⁸	атто	а	a				

АНАЛИТИЧЕСКАЯ НОМЕНКЛАТУРА

Имеется целый ряд кратких публикаций IUPAC, посвященных аналитической номенклатуре. Содержание этих публикаций видно по заголовкам [26—50]. Они собраны и в едином томе [51]. В табл. 9.4 приведены префиксы, используемые для построения десятичных кратных единиц.

Имеются две серии рекомендаций [52, 53] относительно количеств и единиц, используемых в медицинских клинических анализах.

ЛИТЕРАТУРА

Для экономии места, затрачиваемого на литературные ссылки, условимся, что все последующие ссылки, где не указан автор, являются материалами, подготовленными одной или несколькими комиссиями IUPAC. Сокращение Appendix использовано для IUPAC Information Bulletin, Appendices on Provisional Nomenclature, Symbols, Terminology, and Conventions.

Публикации IUPAC можно получить в издательстве «Pergamon Press», Oxford.

1. Nomenclature of Organic Chemistry: Section D; Appendix № 31 (1973).
2. IUPAC Nomenclature of Inorganic Chemistry, 2nd Ed., Definitive Rules 1970, Butterworths, London (1971); (a) p. 10; (6) p. 12.
3. Nomenclature of Organic Chemistry: Section H. Isotopically Modified Compounds; Appendix № 62 (1977).
4. Chemical Abstracts, Vol. 76, Index Guide (1972) или Ninth Collective Index Vols. 76—85 (1972—1976), Index Guide, paragraph 220 (1977).
5. IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry. Definitive Rules for: Section A. Hydrocarbons; Section B. Fundamental Heterocyclic Systems; Section C. Characteristic Groups Containing Carbon, Hydrogen, Oxygen, Nitrogen, Halogen, Sulfur, Selenium and/or Tellurium, 1969. A, B, 3rd Ed.; C 2nd Ed., Butterworths, London (1971).
6. Pure Appl. Chem., 48, 375 (1976).
7. Pure Appl. Chem., 40, 475 (1974).
8. Chemical Abstracts, Vol. 76 Index Guide, (1972) или of Ninth Collective Index, Vols. 76—85 (1972—1976), Index Guide, paragraph 222 (1977).
9. Pure Appl. Chem., 40, 291 (1974).
10. Manual of Symbols and Terminology for Physicochemical Quantities and Units, 1973, Ed., Butterworths, London, 1975; издано также Pergamon Press, Oxford.
11. Pure Appl. Chem., 31, 577 (1972).
12. Pure Appl. Chem., 46, 71 (1976).
13. Pure Appl. Chem., 37, 499 (1974); Pure Appl. Chem., 45, 131, (1976).
14. Рекомендации по публикации термодинамических данных. — Pure Appl. Chem., 29, 395 (1972).
15. Терминология ПМР-спектроскопии — Pure Appl. Chem., 29, 625 (1972); Терминология спектроскопии ЯМР, других помимо ПМР — Pure Appl. Chem., 45, 217 (1976).
16. Терминология Раман-спектроскопии — Pure Appl. Chem., 36, 275 (1973).
17. Номенклатура при использовании эффекта Мессбауэра — Pure Appl. Chem., 45, 211 (1976).
18. Терминология электронной спектроскопии — Pure Appl. Chem., 45, 221 (1976).
19. Терминология ИК-спектроскопии — Pure Appl. Chem., 50, 231 (1978).
20. Терминология масс-спектроскопии — Appendix № 51 (1976); cf. Pure Appl. Chem., 37, 569 (1974).
21. Дефиниции и символы молекулярных силовых констант — Appendix № 56 (1976).

22. Терминология синтетических и природных цеолитов — Appendix № 41 (1975).
23. Выражение результатов квантовой химии — *Pure Appl. Chem.*, 50, 75 (1978).
24. Терминология при работе с различными критическими концентрациями — Appendix № 52 (1976).
25. Терминология при исследовании реологических свойств — Appendix № 57 (1976).
26. Терминология рН-метрии — *Pure Appl. Chem.*, 1, 163 (1960).
27. Терминология в микрохимическом анализе — *Pure Appl. Chem.*, 1, 169 (1960).
28. Терминология в прецизионном балансе — *Pure Appl. Chem.*, 1, 171 (1960).
29. Терминология титриметрического анализа — *Pure Appl. Chem.*, 18, 427 (1969).
30. Терминология в химическом анализе — *Pure Appl. Chem.*, 18, 437 (1969).
31. Терминология для равновесий в растворах — *Pure Appl. Chem.*, 18, 457 (1969).
32. Терминология при распределении жидкость—жидкость — *Pure Appl. Chem.*, 21, 109 (1970).
33. Терминология при автоматическом анализе — *Pure Appl. Chem.*, 21, 527 (1970).
34. Рекомендации по номенклатуре ионного обмена — *Pure Appl. Chem.*, 29, 617 (1972).
35. Номенклатура, символы, единицы и их использование в спектральном анализе — I. Общая атомная эмиссионная спектроскопия. — *Pure Appl. Chem.*, 30, 651 (1972); — II. Интерпретация данных (правила 1975 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 45, 99 (1976); — III. Пламенная спектроскопия и родственные методы (правила 1975 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 45, 105 (1976); — IV. X-Ray Emission Spectroscopy; Appendix № 54 (1976).
36. Терминология в термическом анализе — *Pure Appl. Chem.*, 37, 439 (1974).
37. Терминология в хроматографии — *Pure Appl. Chem.*, 37, 445 (1974).
38. Терминология при осаждении из водных растворов (правила 1973 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 37, 463 (1974).
39. Терминология масс-спектрометрии (правила 1973 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 37, 469 (1974); cf. Appendix № 51 (1976).
40. Терминология электроаналитической техники (правила 1975 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 45, 81 (1976).
41. Обработка электрохимических данных (правила 1975 г.) — *Pure Appl. Chem.*, 45, 131 (1976).
42. Терминология ион-селективных электродов — *Pure Appl. Chem.*, 48, 127 (1976).
43. Терминология переносов из раствора в раствор — Appendix № 34 (1974).
44. Использование терминов «эквивалент» и «нормальность» — Appendix № 36 (1974).
45. Терминология молекулярной абсорбционной спектрофотометрии в растворах (200—800 нм) — *Pure Appl. Chem.*, 50, 237 (1978).
46. Терминология в анализе — Appendix № 18 (1972).
47. Номенклатура ядерной химии — Appendix № 25 (1972).
48. Список тривиальных названий и синонимов веществ, используемых в аналитической химии — *Pure Appl. Chem.*, 45, 125 (1976).
49. Статус константы Фарадея как аналитического стандарта — *Pure Appl. Chem.*, 45, 125 (1976).
50. Терминология методов осаждения в гравиметрическом анализе — Appendix № 69 (1977).
51. *Irving H. M. N. H., Freiser H., West T. S. IUPAC Compendium of Analytical Nomenclature, The Orange Book, Pergamon Press, Oxford (1978).*
52. *Pure Appl. Chem.*, 37, 517 (1974).
53. *Pure Appl. Chem.*, 37, 547 (1974).

**Важнейшие отличия современной номенклатуры в указателях
Chemical Abstracts от правил IUPAC***

Цель этого приложения — дать читателю возможность легко установить, чем отличаются современные названия в указателях СА в интересующей его области от названий по правилам IUPAC. Эти отличия двух типов: выбор между существующими в правилах IUPAC альтернативами, или введение новых названий, не предусмотренных IUPAC. Материал этого приложения относится к номенклатуре, ныне используемой в указателях СА. Следует иметь в виду, что соответствующая номенклатура не является обязательной для других публикаций Chemical Abstracts Service или правил IUPAC. Более подробное описание можно найти на страницах, на которые даются отсылки *Азотсодержащие катионы* — Используют окончания -ий («ium»), с. 42, 146.

Алкалоиды — Широко используют стереородоначальные названия, однако простейшие соединения называют систематически, с. 189.

Алканы — Называют систематически; префиксы *изо*, *нео*, *втор* и *трет* не применяют, с. 97, 123, 124.

Алкильные радикалы — Называют систематически; префиксы *изо*, *нео*, *втор*, *трет* не применяют, с. 123, 124.

Аллил — Вместо него используют пропенил-2, с. 123, 124.

Альдегиды — Называют с помощью суффиксов «аль» или карб-оксальдегид». Сохранены названия: формальдегид, ацетальдегид, бензальдегид, с. 139.

Амидин — Заменено на имидамид, с. 82.

Амидино — Заменено на аминоиминокарбонил, с. 82.

Аминоиминокарбонил — Введено вместо амидино, с. 82.

Аминокарбонил — Введено вместо карбамоил, с. 82.

Аминокислоты — Используют 30 тривиальных стереородоначальных названий. Производные называют систематически, с. 186.

Амины — Названия с окончаниями «амин» образуют по систематическим правилам, например: этанамин, с. 145.

Ацильные радикалы — Сохранены названия: формил, ацетил, бензоил и карбонил; все другие ацильные радикалы называют 1-оксоалкильными, 1,*n*-диоксоалкильными, X-карбонильными (где X — циклический радикал, например: флуоренил), 1,*n*-диоксоалкандиол-1,*n* и т. д., с. 134, 135.

* Авторы составили это приложение по «Index Guide 1972—1976». В настоящее время опубликованы «Index Guide» за 1977—1981 гг. и на 1982—1986 гг., в которых номенклатура не претерпела изменений. При переводе данного раздела опущены различия, касающиеся только формы записи названий (одно или несколько слов, разделительные знаки) на английском языке. — *Прим. ред.*

Аммониевые соли, четвертичные — Называют как производные «старшего» амина, с. 146.

Бензола производные — Исключены почти все тривиальные названия простых замещенных бензолов, с. 98.

Бис, трис и т. д. — с. 66, 67.

Бицикло[X.Y.Z]алканы ($X \geq Y > Z$) — Описание стереоизомерии, 162, 167.

Боковые цепи в циклах — Преимущество дают циклическому компоненту, независимо от того, какова боковая цепь, с. 111.

Буквенные локанты — обозначения *o*-, *m*-, *p*- исключены, с. 66.

Винил — Заменено на этенил, с. 123.

Витамины — Витамины B₆, D, E и K называют систематически, с. 190.

Втор — Более не используют в алифатическом ряду, с. 97, 123.

Галогенкарбонил(Галокарбонил) — Введено вместо галогенформил (галоформил), с. 82.

Гетероциклы — Многие тривиальные названия заменены на систематические, с. 112. «Обозначенный водород» (если он имеется) включается в название всех гетероциклов, с. 112—116.

Гетероциклы, частично гидрогенизованные — Тривиальные названия заменены систематическими, с. 112, 117.

Гидро — Всегда рассматривают как отделяемый префикс, с. 85.

Гипероксид — Заменено на супероксид, с. 33.

Гласные — Опускание, с. 68.

Заряд иона. — См. Эвенса-Бассетта способ.

Изо — Более не используют как префикс в алифатическом ряду, с. 97, 123 (см. также Алканы).

Изотопно-модифицированные соединения — Суффиксы *d*- и *t*- для ²H и ³H, с. 200, 201.

Иленовые радикалы — В названиях алифатических или алициклических радикалов не применяют окончания «илен», кроме метилена ($-\text{CH}_2-$ или $\text{CH}_2=$) и фенилена, с. 124.

Имидамид — Введено вместо амидин, с. 82.

Иона заряд — См. Эвенса-Бассетта способ.

Карбальдегид — Изменено на карбоксальдегид, с. 82.

Карбамоил — Заменено на аминокарбонил, с. 82.

Карбоксальдегид — Введено вместо карбальдегид, 82.

Карбоксамидин — Заменено на карбоксимидамид, 82.

Карбоновые кислоты — Тривиальные названия сохранены только для муравьиной (formic), уксусной (acetic), бензойной (benzoic), угольной (carbonic) кислот и обычных аминокислот; все остальные называют систематически, с. 133, 134.

Карбоциклы частично гидрогенизованные — Используют систематические, не тривиальные названия, с. 117.

Катионов названия с окончанием -ий (-iit) — Используют тогда, когда катион рассматривают как образовавшийся в результате присоединения протона к ненасыщенному соединению или путем отнятия электрона от свободного радикала, с. 126, 127.

- Кетоны циклические** — Используют систематические названия, с. 141—144. В циклических соединениях — показывают обозначенный водород (если он имеется), с. 142.
- Конъюнктивная номенклатура** — Небольшие изменения, с. 89, 90.
- Металлорганические соединения** — См. Элементорганические соединения.
- Ненасыщенность** — Имеет меньшее значение при выборе главной цепи, чем длина цепи, с. 79, 91, 93, 123.
- Нео** — Более не используют как префикс в алифатическом ряду, например вместо неопентан называют 2,2-диметилпропан, с. 97 (см. также Алканы).
- Нитрилы и родственные группы** — Суффикс «-нитрил» сохранен, но родственные группы (например: —OCN) называют только в префиксе, с. 138, 139.
- Нуклеиновые кислоты** — Обычные основания называют как производные пурина и пиримидина.
- Обозначенный водород (H)** — Обобщение концепции, с. 150—152. Если такой водород имеется, его всегда указывают в названии, даже для самых обычных циклических соединений и их радикалов, с. 104, 112 сл.
- Использование в названиях циклических кетонов, с. 142.
- Пероксикислоты** — Теперь называют «пероксодовые» (peroxoic) или «карбопероксодовые» (carboperoxoic) кислоты, с. 134.
- Пи(π)-комплексы** — Используют символ «эта» (η) в различных модификациях, с. 49.
- Полимеры** — Предпочтительнее названия, основанные на строении, с. 202, 203.
- Порфирины** — Называют как производные 21H,23H-порфина, с. 189.
- Префиксы отделяемые** — Современные представления, с. 85.
- Пурины и пиримидины** — Используют систематические, а не тривиальные названия, с. 188.
- Радикалы двухвалентные** — Обозначения (суффиксы) «илен» и «илиден» заменены на «-дил» и «-триил» и т. д., за исключением метилена для —CH₂ или CH₂= и фенилена, с. 124.
- Радикалы из циклических соединений** — Названия строят без сокращений и с обозначенным водородом (если он имеется) с. 124, 125.
- Скобки круглые** — Используют в сложных названиях, с. 67 и для «симметричных» названий, с. 95.
- Сокращения** — Названия химических соединений и их радикалов не сокращают, с. 124, 125, 141 сл.
- Спирты** — Используют заместительные, а не радикало-функциональные названия, например: метанол, но не метиловый спирт, с. 129.
- Стереои́зомерия** — Общий подход в СА, 152, 162 сл., 165 сл. Абсолютная хиральность, с. 165 сл. Бицикло[X.Y.Z]алканы, с. 162, 167.

- Цис/транс*-, использование в СА, с. 161, 166.
- R,S*-, использование, с. 161 сл., 169.
- α,β -Система, расширенное применение, с. 166 сл., 173.
- Стереородоначальные структуры* — Определение классов, с. 172, 178.
- Сульфамовые кислоты и сульфамиды* — Сохранены в СА, с. 43.
- Сульфоксиды* — Называют с помощью X-сульфинил-префиксов, с. 149.
- Супероксид* — Употребляют вместо гипероксид, с. 33.
- Терпены* — Моно-, сескви- и дитерпены называют систематически, однако для тетрациклических и стереохимически сложных представителей используют стереородоначальные названия, с. 184.
- Трет* — Более не используют в алифатическом ряду, с. 97, 123.
- Углеводы* — Тривиальные названия используют только для моносахаридов C_5-C_6 , с. 178.
- Обычным дисахаридам дают систематические названия, с. 180.
- Умножающие префиксы* — Используют для выделения сложных названий (с. 66) и названий с числовыми приставками, с. 95.
- Фенолы* — Не используют тривиальных названий, за исключением самого фенола (C_6H_5OH), с. 129.
- Фосген* — Называют дихлорид карбонила (carbonic dichloride), с. 129.
- Хиноны* — Называют как дионы, с. 144.
- Цепи длина* — Важнее ненасыщенности при выборе главной цепи, с. 123.
- Циклиты и аналоги* — Способ обозначения стереохимии замещенных циклоалканов меняется в зависимости от числа замещенных положений, с. 173, 181.
- Циклические кетоны* — см. Кетоны циклические.
- Циклических соединений радикалы* — см. Радикалы из циклических соединений.
- Эвенса-Бассетта способ* — Принят для указания заряда иона, с. 32; примеры см. с. 47—49.
- Элементорганические соединения* — Не применяют префикс *клозо* для указания структуры некоторых каркасных соединений, с. 198.
- Координационные названия применяют широко, но не повсеместно, с. 192.
- Для циклических элементорганических соединений названия по системе Ганча-Видмана предпочтительнее заменительных, с. 197.
- В заместительных названиях элементорганических соединений родоначальной частью служит органический остаток, если он содержит группу, называемую в суффиксе, с. 193.
- В названиях борорганических и кремнийорганических соеди-

нений функции обозначают суффиксами, с. 193, 194.

Префиксы — сульфа, села, телла не используют в названиях циклов и цепей, с. 197.

Элементы — Об англо-американских расхождениях в названиях, см. с. 21 сл.

Эпитио — Рассматривают как неотделяемый префикс, 85.

Эпокси — Рассматривают как неотделяемый префикс, 85.

Этенил — Введено вместо «винил», 123.

Эфиры простые — Называют всегда по заместительной номенклатуре, используя префиксы «R-окси» или «Ag-окси»; все радикало-функциональные названия исключены, например: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ этоксиэтан, с. 130, 131.

Chemical Abstracts, система указателей. — Общие сведения, с. 16 сл., 61.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А. НОМЕНКЛАТУРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

- Аддукты 57 сл.
Азид 21
Азид-ион 33
Азидоводород 29
Азидоводородная кислота 29
Азот 25
 диоксид 27
Азотистая кислота 36
Азотная кислота 36
Азотноватистая кислота 36
Аква 35, 47
Актиниды 22
Актиний 24
Актиноиды 22
-алюминат 40
Алюминий 24
Америций 24
Амид-ион 33
Амиды 43 сл.
Аммиак 30
Аммин 35, 47
-ан 29
Анионы 41
 псевдобинарные 33
Антимонат 21
Антимонид 21
антипризмо- 59
Аргент- 24
-аргентат 40
Аргон 24
Арс- 24
Арсен- 24
Арсин 30
асим- 54
Астат 24
-ат 34
-ато 47
Аур- 24
-аурат 40
Ацетилацетон 52
Ацетилацетонато- 52
Ацетиленид-ион 33
- Барий 24
Бериллий 24
-бериллий 51
Берклий 24
Бигуанид 52
Бикарбонат 45
Бинарные соединения 27—32
2,2'-Бипиридил 52
Бис- 27, 58
Бисульфат 45
Благородные газы 22
Бор 24
-бор 54
- Бораны 29 сл.
-борат 40, 49, 50
Бром 24
-бромат 40
Бромная кислота 37
Бромноватая кислота 37
Бромноватистая кислота 37
Бромо- 39
Бромоводород 29
Бутадион-2,3-диоксим 52
- Ванадий 25
Ванадил-катион 42
Зисмут 24
Зисмутин 30
Вода 30
Водород 24, 30
 анион 41
 изотопы 22 сл.
 катион 41, 43
Вольфрам 25
Вольфрамат 21
- Гадолиний 24
Галид 28
Галлий 24
Галогены 22
 водородные соединения 29
Гафний 24
гексапризмо- 59
гексаэдро- 59
Гелий 24
Германий 24
Гетерополианионы 56 сл.
Гидр- 24
Гидразид-ион 33
Гидразин 30
Гидразиний, катионы 32, 42
Гидридо- 39, 41
Гидриды 29 сл.
Гидро- 39, 41, 44
Гидроген- 24
Гидродифторид-ион 33
Гидрокарбонат-ион 45
Гидроксид-ион 33
Гидроксиды 46
Гидроксил 42
Гидроксиламид-ион 33
Гидроксо- 39
Гидроксосоли 46
Гидропероксо- 39
Гидросульфит-ион 45
-гидрофосфат 44
Гипо- 38
Гольмий 24
гран- 59

- Дейтерий 22
 Дейтерио- 23
 Дейтеро- 23
 Дназота тетраоксид 27
 1,2-Диаминпропан 52
 Диметилглиоксим 52
 Диметилглиоксимато- 52
 2,2'-Дипиридил 52
 Дисерная кислота 36
 Диспрозий 24
 Дисульфаты 56
 Дисульфид(2-)-ион 33
 Дисульфидо- 39
 Дисульфурил 42
 Дитионовая кислота 36, 38
 Дитиофосфорная кислота 38
 Дифосфорная кислота 36
 Дихромовая кислота 37
 Диэтилентриамин 52
додекаэдро- 54, 59
- Европий 24
- Железо 24
 -железо 49, 50
- Золото 24
- ид 28
 Изополианионы 56
 Изотиоцианато- 47
 Изотопы, обозначение 23
 -ий 42
икосаэдро- 59
 Имид-ион 33
 Индий 24
 Интерметаллические соединения 27 сл.
 Иод 24
 Иодил 43
 Иодноватая кислота 37
 Иодноватистая кислота 37
 Иодо- 39
 Иодоводород 29
 Ион-радикалы 41
 Ионы 26, 41—44
 Иридий 24
 Иттербий 25
 Иттрий 25
- Кадмий 24
 Калий 24
 Калифорний 24
 Кальций 24
 Карб- 24
 Карбамид 52
 Карбон- 24
 Карбонаты 37
 Карбонил 42
катена- 26, 53, 59
 Катионы 41 сл.
 азотсодержащие 42
квадро- 54, 59
- Кислород 25
 Кислоты 35—41
 названия систематические 38 сл.
 — традиционные 35 сл.
- Кластеры 54
 Клатраты 57 сл.
клозо- 59
 Кобальт 24
 -кобальт 48, 49, 50, 55
 -кобальтат 50
 Комплексные соединения 33—35,
 46—55
 без внешней сферы 27
 изомерия 54 сл.
 классические 46—48, 50
 Комплексы 33 сл., 46 сл.
 двухъядерные 53
 многоядерные 34, 53
 с мостиковыми лигандами 51
 названия 34, 46 сл.
 обозначение абсолютной конфигу-
 рации 55
 одноядерные 34
 формулы 49
 с цепным строением 53 сл.
 π-Комплексы 48 сл.
 Координационное число 33 сл.
 Координационные соединения 33
 Кремний 25
 Криптон 24
 Кристаллические фазы переменного
 состава 58
 -ксенонат 40
 Ксенон 25
 Купр- 21, 24
 -купрат 53
 Курчатовий 24
 Кюри 24
- Лантан 24
 Лантаниды 22
 Лантанонды 22
 Лигандность 34
 Лиганды 33 сл.
 геометрическое расположение в
 комплексах 54 сл.
 мостиковые 34
 названия 39, 47 сл.
 полидентатные 34
 сокращенные обозначения 52
 хелатообразующие 34
- Литий 24
 Лоуренсий 24
 Лютеций 24
- Магний 24
 Манган- 24
 Марганец 24
 -марганец 53
 Марганцовые кислоты 37, 40
 Медь 24
 -медь 50

Менделевый 24
 Меркапто- 39
 Меркур- 24
 Мета- 37
 Метаиодная кислота 37
 Металлоиды 22
 Металлы 22
 Метантнolato- 47
 Метилтно- 39, 47
 Метокси- 39
 Метоксо- 39, 47
 Молекулярные соединения 57 сл.
 -молибдат 54
 Молибдаты 56
 Молибден 25
 -молибден 49
 Моно- 27, 58
 Мочевина 52
 Мышьяк 24
 Мышьяковая кислота 36
 Мышьяковистая кислота 36

 Надпероксид-ион 33
 Названия веществ 15 сл., 27
 Натрий 25
 Неметаллы 22
 практический ряд 28
 Неодим 25
 Неон 25
 Нептуний 25
 Нептунил 42
 Нестехиометрические кристаллы 58
 нидо- 59
 Никель 25
 -никель 27, 50
 Никкол- 25
 Никколат 21
 Нильсборий 25
 Ниобий 25
 Нитр- 25
 Нитрагы 37
 Нитригы 37
 Нитрозил
 катион 41 сл.
 радикал 42
 Нитроил
 катион 41
 радикал 42
 Нитрония катион 42
 Нобелий 25

 Озонид-ион 33
 Окс- 25
 Кислород- 25
 Оксиды 29
 двойные 46
 Оксо- 39
 Оксоний-катион 42, 43
 Оксополи 46
 октаэдро- 54, 59
 Олово 25
 -оний 42

Орто- 37
 Ортоборная кислота 36
 Ортоиодная кислота 37
 Ортокремнивая кислота 36
 Ортотеллуриновая кислота 37
 Ортофосфорная кислота 36
 ос- 54, 59
 Осмий 25
 -осмий 53, 54

 Палладий 25
 -палладий 53
 Пендандион-2,4 52
 пентапризмо- 59
 Пер- 38
 Переходные элементы 22
 Периодическая система элементов 22
 группы элементов 26
 Пероксид- 38 сл.
 Пероксид-ион 33
 Пероксиды 29
 Пероксо- 38 сл.
 Пероксоазотная кислота 36, 38
 Пероксодисерная кислота 36
 Пероксодифосфорная кислота 36, 38
 Пероксомоносерная кислота 36
 Пероксомонофосфорная кислота 36
 Перхлорил 42
 Пиридин 52
 Платина 25
 -платина 48, 51, 55
 -платинат 50
 Плутоний 25
 Плутонил 42
 Плюмб- 25
 Полиметаборная кислота 36
 Полиметакремниевая кислота 36
 Полиметафосфорная кислота 36
 Политионовые кислоты 37
 Полоний 25
 Празеодим 25
 Приставки
 для обозначения строения 59 сл.
 умножающие 58
 числовые 58
 Продукты присоединения 57 сл.
 Прометий 25
 Пропиленидиамин 52
 Протактиний 25
 Протий 22
 Псевдобинарные соединения 32 сл.

 Радий 25
 Радикалы 41—44
 Радиоактивность элементов, обозначение 23 сл.
 Радон 25
 -ренат 53
 Ренийевые кислоты 37, 40
 Рений 25
 -рений 48
 Родий 25

Ртуть 24
Рубидий 25
Рутений 25
-рутений 50, 55

Самарий 25
Свинец 25
Селаны 30
Селен 25
Селенил 42
Селенистая кислота 37
Селено- 38
Селеновая кислота 37
Селеноводород 30
Селенил 42
Сера 25
Серебро 24
Серная кислота 36
Сернистая кислота 36
Сероводород 30
Силаны 30
Силик- 25
Силиц- 25
сим- 59
Скандий 25
Скобки в формулах комплексов 47
Соли

двойные 45 сл.
кислые 44 сл.
названия систематические 38 сл.
— традиционные 35 сл.
средние 35—41
основные 46

Сольваты 57 сл.
Станн- 25
Станнан 29
Степень окисления 30 сл.
Стиб- 21, 25
Стибин 30
Стронций 25
Сульф- 25
Сульфаны 30, 32
Сульфаты 37
Сульфид-ионы 32 сл.
Сульфинил 42
Сульфонил 42
Сульфурил 42
Сурьма 25

Таллий 25
Тантал 25
Тартрато- 47
Телланы 30
Теллур 25
Теллури- 38
Теллуриоводород 30
Тербий 25
Тетракис- 27, 58
тетраздро- 54, 59
Технециевая кислота 37
Технеций 25
Тио- 25, 38, 39

Тиокислоты 38
Тионил 42
Тиосерная кислота 36, 38
Тиофосфорил 43
Тиофосфорная кислота 38
Тиоцианато- 47
Тиоцианаты 38
Титан 25
Торий 25
транс- 54, 59
треугольно- 53, 54, 59
2,2', 2''-(Триамино)триэтиламин 52
Тринодид(1—)-ион 33
трипризмо- 59
Трис- 27, 58
Тритий 22
Тритио- 23
Тритиоугольная кислота 38
Триэтилентетраамин 52
Тулий 25

Углерод 24
Угольная кислота 36
Уран 25
Уранил 42

Халькогеноводороды 30
Халькогены 22
Химические элементы
аллотропные формы 26
групповые названия 22
группы в Периодической системе
26
названия 24 сл.
символы 21 сл.
степени окисления в соединениях
30 сл.

Хлор 24
Хлорид 42
Хлористая кислота 37
Хлорная кислота 37
Хлорноватая кислота 37
Хлорноватистая кислота 37
Хлоро- 39
Хлороводород 29
Хлороводородная кислота 28
Хлорозил 42
Хлорсульфоновая кислота 40
Хром 24
-хром 50, 51
Хромил 42, 43
Хромовая кислота 37

1,10-Фенантролин 52
о-Фениленбис(диметилтарсин) 52
Фермий 24
Ферр- 21, 24
-феррат 40
Формулы веществ 27
молекулярные 26
последовательность указания эле-
ментов 28 сл.

Формулы веществ
 эмпирические 27
 -фосфат 40
 Фосфаты 56
 Фосфин 30
 Фосфоновая кислота 45
 Фосфор 25
 Фосфорил 42
 Франций 24
 Фтор 24
 Фторо- 39
 Фтороводород 29

Цезий 24
 Центральный атом 34
 Церий 24
 Цианид-ион 33
 Циано- 39
 Циановая кислота 36
цикло- 26, 53, 60

Циклооктадиен 49
 Циклооктатетраен 49
 Цинк 25
 -цинк 53
 Цирконий 25
цис- 54, 60

Штока способ 31

Щавелевая кислота 52
 Щелочноземельные элементы 22
 Щелочные элементы 22

Эвенса — Бассета способ 32
 Эйнштейн 24
 Эрбий 24
 1,2-Этиленбис(дифенилфосфин) 52
 Этилендиамин 52
 Этилендиаминтетрауксусная кислота 52

Б. НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Аза- 118
 Азидо- 81
 Азиды 83
 Азониа- 127
 Азулен 101
 Акридин 115
 Аланиналь 186
 Алифатические соединения 91 сл.
 Алкалоиды 189, 206
 Алканы 97 сл., 206
 Алкилидины 124
 Алкильные группы 70
 Алкоголяты 130
 Алкокси- 131
 Алкоксибензил 130
 Алкоксикарбонил 135
 Алкоксифенил 130
 Аллений-2 127
 Аллил 123, 206
 -аль 82, 139, 206
 Альдегиды 139 сл., 206
 Альдозы 178
 Альдокетозы 178
 -амид 82, 136
 Амидин 206, 207
 -амидин 82
 Амидино- 82, 206
 Амиды 136
 -амин 82, 145
 Аминил 146
 Амино- 82, 146
 Аминоаминокарбонил 206
 Амиокарбонил 135, 206, 207
 Аминокислоты 132, 171, 186, 206
 соли 136
 Амины 145—147, 206
 соли 146 сл.
 Аммониевые соли 146

Аммониевые соли
 четвертичные 146 сл., 207
 -амовая кислота 136
 Ангидро- 77
 Анилин 146
 N,N-диэтил- 145
 Анилиний 126
 -анилиновая кислота 136
 Анионы 126
 элементорганические 194 сл., 199
 Анисил 130
 Анисовая кислота 130
 Анисовый альдегид 130
 Анисовый спирт 130
анти- 162
 Антимон- 118
 Антра- 107
 Антра[2,1-*d*]тиазол 120
 Аптрахинон 144
 Антрацен 101
 Антрацендион-9,10 144
 Антраценил 125
 Антрил 125
 Антрон 143
 Арена 98
 Арилы 124
 Арильные группы 70
 Ароматические мостиковые углеводородные системы 109 сл.
 Ароматические углеводороды 105—108
 Арса- 118
 Арсен- 118
 Арсенан 118
 Арсин 193
 Арсинидил 194
 Арсиниден 194
 Арсинистая кислота 195

Арсино- 194
 Арсиновая кислота 195
 Арсонистая кислота 195
 Арсоновая кислота 195
 Арсоран 193
 триметилкокс- 193
 Арсоранил 194
 -ат 126, 130
 -ато 47
 Ацеантрен 104
 Ацеантрилен 102
 Аценафтен 104
 Аценафтилен 104
 Аценафто- 107
 Ацены 105
 Ацетальдегид 140, 206
 Ацетил 135
 Ацетимит 127
 Ацетон 141
 Ацетофенон 141
 Ацефенантрен 104
 Ацефенантрилен 102
 Ациклические углеводороды 97 сл.
 Ацильная группа 134 сл.

Баррелен 111
 Бензальдегид 140, 206
 Бенз[а]антрацен 107
 1*H*-Бенз[*d*, *e*]антрацен 107
 Бензгидрид 125
 Бензенид 126
 Бензидин 146
 Бензил 125, 141
 Бензилиден 125
 Бензилидендихлорид 128
 Бензо- 107
 Бензоил 135
 Бензоилокси- 135
 Бензоилцианид 139
 Бензоин 141
 Бензойная кислота 134, 207
 2-(аминокарбонил)- 136
 дитио- 149
 n- (хлорформил)- 137
 Бенз-1,2-оксатин 121
 Бенз-2,1-оксатин 121
 Бензол 70
 дегидро- 98
 изоцианато- 139
 производные 98, 207
 Бензоламин, *N,N*-диэтил- 145
 Бензолий 127
 Бензолиумил 127
 Бензолсульфоновая кислота 134
 Бензопиран 113
 Бензо[*b*]тиофен 113
 Бензофенон 141
 Бензоциклооктен 107
 Би- 99
 Бинафталин 99
 Бинафтил 99
 Би-соединения 99

Бифенил 99
 Бифенилдикарбоновая-4,4' кислота 99
 Бифенилен 101
 Бициклические соединения 108 сл.
 Бицикло- 109
 Бицикло[2,2,1]гептадиен-2,5 108
 Бицикло[3,2,1]октан 108
 Бицикло[2,2,2]октатриен-2,5,7 111
 Бора- 118
 Бора органические соединения 193
 Боран 193
 Борандиил 194
 Борил 194
 Борилен 194
 Бромиды 83
 Бром- 81, 128
 Бромония замещенные 129
 Бутанид-1 126
 Бутанол-2 140
 Бутантион-2 147
 Бутантрикарбоновая-1,2,4 кислота 133
 Бутен-2-диил-1,4 124
 Бутен-2-илен 124
 втор-Бутил 123
 трет-Бутил 123
 трет-Бутиловый спирт 129
 трет-Бутоксид 130

δ-Валеролактон 137
 Ванилин 130
 Вератрил 130
 Вератровая кислота 130
 Вератровый спирт 130
 Винил 123, 207, 210
 Виолантрен 105
 Висмута- 118
 Висмутин 193
 Висмутино- 194
 Витамины 190, 207
 втор- 97, 206
 Галогенкарбонил 207
 Галогенопроизводные органических соединений 128 сл.
 Галокарбонил- 82, 207
 Галоформил- 82, 207
 Ганча — Видмана система 68, 116—119
 Гександиновая кислота, 3-(карбокси-метил)- 133
 Гексафен 103
 Гексацен 103
 D-Гексоза 170
 Гептален 101
 Гептан 123
 радикалы 123
 Гептафен 103
 Гептацен 103
 Герма- 118
 Герман 193
 Гермил 194
 Гетероатомы 118

- Гетероциклические соединения 94,
112—122, 207
Гидразиний, 1-метил- 126
Гидразоны 140, 145
Гидро- 107, 207
Гидрокси- 82, 129
Гидроперокси- 82
Гидропероксиды 83, 131
Гипероксид 207, 209
Гликозиды 179
Гликолевая кислота 148
Глутаровая кислота, 2-этил 133
глюко- 178
D-Глюконо-1,4-лактон 137
β-D-Глюкопираноза 170
Гомо-184
- Де- 77
Дез- 77
Дезоксибензоин 141
Дефис в номенклатуре 59, 65 сл.,
70 сл.
Ди- 67, 84, 99
Диазо- 81
Диалкилфосфинкарбоновая кислота
193
Диальдозы 178
Диастереомеры 154
Диацетоксиодо- 81
Дигалогеноиодо- 81
Дигидроксиодо- 81
Дигидронафталиндин-1,4 126
3,4-Дигидропиридон-2(1H) 144
Дигидрофенилий 127
9,10-Дигидро-9,10-этанокантрацен 109
Дидегидро- 77
-дид 126
-дил 124, 208
Дикарбоновые кислоты, моноамиды
136
Дикетозы 178
Диметилсульфонумил 127
Диметилфосфинистая кислота 183
-диовая кислота 133
Диокси- 82, 131
1,4-Диоксобутандиол-1,4 135
Дипероксифталевая кислота 134
Дисахариды 180, 209
Диспиро[5,1,7,2]гептадекан 110
Дитио- 149
Дифенилметил 125
Дихлоркарбен 126
Диэтилсульфид 148
- ен 77, 97
- ид 120
-идин 146
Изо- 97, 206, 207
Изобензофуран 113
Изовиолантрен 105
Изоиндол 114
Изоиндолин 117
Изоксазол 116
Изокумарин 138
цис/транс-Изомерия 161 сл.
Изомеры 153
конфигурационные 155
конформационные 155, 163—165
структурные 153
Изопропанол 129
Изопропенил 124
Изопропил 123
Изоселеноцианат 139
Изоселеноцианато- 139
Изотиазол 116
Изотиоцианат 139
Изотиоцианато- 139
Изотопно-модифицированные соедине-
ния 200 сл., 207
Изохинолил 125
Изохинолин 114
Изохинолинил 125
Изохинолинкарбоновая-2(1H) кисло-
та 151
Изохроман 117
Изоцианат 139
Изоцианато- 139
Изоцианид(ы) 83, 139
Изоциано- 139
-ий 126, 206, 207
-ил 124, 126, 134 сл.
-илен 124, 208
-илиден 124, 208
Имидазо- 120
Имидазол 113
Имидазолидин 117
Имидамид 206, 207
-имин 82
Имино- 82
-ин 77, 97
1H-Индазол 114
Индан 104
асим-Индацен 101
сим-Индацен 101
Инден 101, 142
Индено[1,2-а]инден 107
Инденон-1 142
Инденон-4 142
Индол 114
Индолизин 114
Индолин 117
Инозит 174, 181
Иодиды 83
Иодизил- 81, 129
Иодо- 81, 128
Иодил- 81, 129
Ионы 135 сл.
-нумил 127
- Кана-Ингольда — Прелога система
164
Карбазол 115, 142

2*H*-Карбазолдикарбоновая-2,2 кисло-
 та 151
 Карбазолон-2(2*H*) 143
 -карбальдегид 82, 139, 207
 Карбаминовая кислота 135
 Карбамоил- 82, 135, 207
 Карбанионы 126
 Карбений 127
 Карбены 125 сл.
 -карбодитионовая кислота 149
 Карбокатионы 127
 -карбоксальдегид 82, 140, 206, 207
 -карбоксаид 82
 -карбоксаидин 82
 Карбокси- 82, 134
 -карбоксилат 82
 Карбоксилато- 136
 Карбоксильная группа 63
 -карбоксимидамид 82, 207
 Карболактоны 137
 β-Карболин 115
 -карбонилгалогенид 82
 Карбонилдихлорид 129
 -карбонитрил 82, 138
 -карбоновая кислота 82, 131 сл.
 Карбоновые кислоты 132 сл., 207
 систематические названия 132 сл.
 Карбопероксовая кислота 134
 -карботионовая кислота 149
 Каротины 185 сл.
 катена- 198
 Катион-радикалы 127
 Катионы 126 сл., 206, 207
 элементарорганические 195 сл., 200
 Кватер- 99
 Кетен 141
 Кето- 140
 Кетозы 178
 -кетон 140
 Кетоны 83, 140—145
 гетероциклические 143
 циклические 141 сл., 208
 Кислоты 131—136
 карбоновые 132 сл., 207
 двухосновные, производные 137
 серусодержащие 134
 клозо- 209
 Конфигурация 166 сл.
 Конформации 163—165
 Конформеры 155
 названия 164 сл.
 обозначения 164 сл.
 Конъюгированные соединения 97
 Координационные соединения 192 сл.
 Коронен 103
 Коррины 189
 Кремния органические соединения
 193
 Ксантен 113
 Ксилит 125
 Ксилит 98
 Кумарин 138

Кумол 98
 Кумулены 98
 Кумулятивно ненасыщенные соедине-
 ния 98
 Курсив в номенклатуре 68
 -лактамы 138
 Лактамы 137 сл.
 -лактим 138
 -лактон 137
 Лактоны 137 сл.
 Липиды 174 сл., 181 сл.
 Локанты 64
 буквенные 66, 90
 цифры 65 сл.
 Малононитрил 137
 манно- 178
 Мезитил 125
 Мезитилен 98
 Меркаптаны 148
 Меркапто- 82, 147, 148
 Меркаптоуксусная кислота 149
 Меркура- 118
 мета- 66, 207
 Металлорганические соединения, см.
 Элементарорганические соедине-
 ния
 Метанамин, *N,N*-диметил- 145
 Метанаминийбромид, *N,N*-триметил-
 146
 Метанаминийхлорид 146
 Метил 125
 Метиламинил 126
 Метиламинилен 126
 Метилен 124, 125, 207, 208
 дихлор- 125 сл.
 Метилиодид 128
 Метилнитрен 126
 Метилтио- 147
 Метилэтилкетон 140
 Метилэтилсульфид 180
 Метокси- 131
 Метоксил 126
 Мето-соли 146 сл.
 Моносахариды 178, 209
 Морфолин 117
 Муравьиная кислота 134, 207
 н- 97
 Названия органических соединений
 полусистематические-полутриви-
 альные 62
 полутривиальные 75
 построение, метод аннелирования
 105—108
 — — конденсирования 105—108,
 120 сл.
 принципы построения 78—80, 91—
 96
 родоначальные 62
 систематические 62, 74

Названия органических соединений

тривиальные 62, 74
Нафталиден-2(1*H*) 150
Нафталин 101, 106
Нафталиндикарбоновая-2,2-(1*H*) кислота 151
Нафталинил 125
Нафтацен 102, 105
Нафтил 125
Нафтиридин 115
Нафто- 107
-нафтон 141
9*H*-Нафто[1,2,3-*c,d*]перилен 106
Нафто[2,3-*a*]перилен 106
Нафто[2,3-*b*]тиофен 113
Нео- 97, 206, 208
Неопентан 97, 208
Неопентил 123
-нитрил 82, 138, 208
Нитрилы 83, 138 сл., 208
Нитро- 81
аци-Нитро- 81
Нитрозо- 81
Номенклатура 74 сл.
 аддитивная 89
 «а»-номенклатура 76 сл.
 заместительная 75 сл., 82, 121
 конъюнктивная 89—91
 объединительная 89—91
 радикально-функциональная 76, 83 сл.
 соединительная 76
 стереохимическая 155 сл.
 физико-химическая 203
Нонандинитрил 138
Нонандиовая кислота 133
Нонановая кислота 133
Нонанонитрил 138
Нор- 77, 184
Нуклеиновые кислоты 188, 208
Нуклеотиды 188
Нумерация в номенклатуре 85—89
 в алифатических соединениях 86
 в ароматических углеводородах 105 сл.
 в би-соединениях 99
 в бициклических соединениях 109
 в гетероциклах 119 сл.
 в полициклических углеводородах 100
 в радикалах 124 сл.
 в спирах 110
 в терпенах 185
 в циклитах 173
 в циклических системах 79, 86 сл.
Ньюмена проекция 164
-оат 82
«Обозначенный водород» 104, 142, 150 сл., 208
Овален 103
-овая кислота 82, 131

Овален

-овый альдегид 139
Озониды 131
-оилгалогенид 82
Окса- 118
Окси- 81 сл., 130 сл.
Оксиды 83
-оксикарбонил- 82
Оксимы 140, 145
Оксо- 82, 140
1-Оксоалкильная группа 135
Оксония- 127
-ол 82, 129
-олат 130
Олигосахариды 180 сл.
 олид 137
 -он 82, 140
Ония- 82
-ониевые ионы 127
Онио- 82
-онитрил 138
-ониум 82
орто- 66, 207

пара- 66, 207

Пентадил-1,5 124
Пентален 101
Пентаметилен 124
Пентандиовая кислота, 2-этил- 133
Пентандиол-1,3 129
Пентанол-1 129
Пентанолид-5 137
Пентаптриамин 1,3,5 145
Пентацен 102
Пентафен 102
трет-Пентил 123
Пептиды 186
Пер- 128
Пербензойная кислота 134
Пергидро- 104, 107
Перилен 102, 106
Перило- 107
Перимидин 115
Пермуравьиная кислота 134
Пероксид- 131
Пероксиды 131
Пероксикислоты 134, 208
Пероксимасляная кислота 134
-пероксовая кислота 134, 208
Перуксусная кислота 134
Перхлорил 129
Пиперазин 117
 α -Пиперидил 125
Пиперидин 117
 α -Пиперидинил 125
Пиперидинил-1 125, 126
Пиперидино 125
Пиперидинтрион-2,4,6 144
Пиперидон-2 141
Пиперональ 130
Пиразин 114
Пиразол 114

Пиразолидин 117
 Пиразолин 117
 Пиразолон 143
 Пиран 113
 2*H*-Пиранкарбоновые кислоты 151
 Пирано[3,4-*b*]хинолизин 120
 Пирантрен 103
 Пирен 102
 2-ацетил- 141
 Пирен-4,3-карболактон 137
 Пиренон-2 143
 4*H*-Пирено[3,4-*bc*]фуранон-4 138
 Пиридазин 114
 Пиридил 125
 Пиридин 114
 Пиридинамин-2 145
 Пиридиндионы 144
 Пиридинил 125
 Пиридо- 120
 9*H*-Пиридо[3,4-*b*]индол 115
 Пиридон-2 144
 Пиримидин 114, 208
 Пиррол 113
 Пирроло[2,3-*c*]карбазол 120
 Пирролидин 117
 Пирролизин 117
 Пицен 102
 Плеяден 102
 Плюмба- 118
 Плюмбан 193
 Плюмбил 194
 Полибораны 198
 Полимеры 202 сл., 208
 Полиметилены 124
 Полициклические углеводороды 100—
 109
 Порфирины 189, 208
 Последовательности правила 156—
 158
 Префиксы 84 сл.
 для обозначения гетероатомов 118
 — кислотных групп 134 сл.
 умножающие 66 сл., 80, 209
 числовые 66 сл.
 Природные соединения 176—190
 Пропан, 2,2-диметил 97, 208
 Пропандиил 124
 Пропанол-2, 2-метил- 129
 Пропен 124
 Пропенил-2 206
 Пропенилй 127
 2'-Пропионафтон 141
 Птеридин 115
 Пурин 114, 208

Радикалы 63, 208
 алкильные 206
 ациклические 123 сл., 206
 иленовые 207
 свободные 63, 125 сл.
 углеводородные, символ 70

Радикалы
 из циклических систем 124 сл.,
 208
 элементарноорганические 194
рац- 158
 Ретро- 186
рибо- 178
 Ротамеры 155
 Рубицен 103

Сахара 178
 Секо- 184
 Села- 210
 Селена- 118
 Селениды 83
 Селено- 81
 Селеноксиды 83
 Селеноны 83
 Селеноцианат 139
 Селеноцианато- 139
 Семикарбазоны 140
 Серинол 186
 Серусодержащие соединения 147—
 150
 Сила- 118
 Силан 193
 тетраметил- 193
 Силандиил 194
 Силил 194
 Силилен 194
Символы
 арильной группы 70
 органических групп 69 сл.
 стехиометрические 156 сл., 161,
 163, 165 сл.
 углеводородных радикалов 70
син- 162
 Скобки в номенклатуре 67, 69, 208
 Сополимеры 202
 Сопряженные соединения 97
 Спиран(ы) 110, 150
 Спиро- 110
 1,1'-Спиробиндин 110
 Спиро[4,5]декадиен-1,6 110
 Спиро(циклопентан-1,1'-инден) 110
 Спиро(циклопентан-1,2'-2*H*-инден)
 150
 Спирты 83, 129 сл., 208
 Станна- 118
 Станнан 193
 Станил 194
 Стереои́зомерия 152—176
 Стероиды 171 сл., 182—184
 модификации 183 сл.
 Стиба- 118
 Стибин 193
 Стибино- 194
 Стирил 125
 Стирол 98
 Структура 152 сл.
 стереородоначальная 153, 209

Сукцинаниловая кислота 136

-сультам 138

Сультамы 138

-сультон 138

Сультоны 138

Сульфа- 210

Сульфамиды 209

Сульфамовые кислоты 209

Сульфан(ы) 149 сл., 193

Сульфено- 134

-сульфеновая кислота 134

-сульфид 148

Сульфиды 83, 149

Сульфинил- 135, 149

Сульфино- 134

-сульфиновая кислота 134

Сульфо- 82, 134

Сульфоксиды 83, 209

Сульфоний 126, 147

Сульфонил- 135, 149

Сульфонио- 147

-сульфоновая кислота 82, 134

Сульфоны 83

Супероксид 207, 209

Телла- 210

Теллура- 118

Теллури- 81

Тенил 125

Тер- 99

Терпены 184—186, 209

Тетрагалогенметан 129

Тетрагалогенуглерод 129

Тетрагидропиранол-2 138

Тетрагидропиранон-4 148

Тетрагидропирантион-4 148

Тетрагидротиопирантион-4 148

Тетрафенилен 103

Тетрацен 102

Тиа- 118, 147

Тиазол 119

Тиантрен 113

Тиенил 125

Тиенил-2-метил 125

Тиено- 120

Тио- 81, 82, 135, 147, 148

Тиогликолевая кислота 148

3,3'-Тиодипропионовая кислота 148

Тиокетоны 147

Тиоксо- 147

-тиол 82, 147

Тиолаты 148

-тиоловая кислота 149

Тиолы 148

-тион 147

Тионафтен 113

Тиониа- 127, 147

-тионовая кислота 149

-тионотиоловая кислота 149

4*H*-Тиопиран 148

Тиоуксусная кислота 149

Тиофантрен 113

Тиофен 113

Тиоцианат 139

Тиоцианато- 139

Тиоцианатоуксусная кислота 139

Толил 125

Толуидин 146

Толуол 98

транс- 161

трет- 97, 206, 209

1,2,4-Триазин 119

-триил 124, 208

Тринафтилен 103

Трисахариды 181

Тритил 125, 130

Тритио- 149

Трифенилен 102

Трифенилметил 125

Трифенилметиловый спирт 130

Углеводороды

ароматические 105—108

ациклические 97 сл.

полициклические 100—109

Углеводы 170, 178—180, 209

Угольная кислота 134, 207

Уксусная кислота 207

Уроний 126

Феназин 116

Фенален 101

1*H*-Феналенкарбоновые кислоты 151

Фенантрен 101

Фенантренил 125

Фенантридин 115

Фенантридинон-3(2*H*) 143

Фенантрил 125

Фенантро- 107

Фенантролин 115

Фенарсазин 116

Фенил 125

диметил- 125

метил- 125

2,4,6-триметил- 125

Фенилен 125, 208

Фенилизоцианат 139

Фенилий 127

Фенилметилен 125

3-Фенилпропен-2-ил 125

2-Фенилэтилен 125

2-Фенилэтил 125

Феноксазин 116

Фенокси- 131

Феноксид 130

Фенолы 129 сл., 209

Феноляты 130

Феноксатин 113

-фенон 141

Фенотиазин 116

Фены 105

Фенэтил 125
Ферменты 187
Фишера формулы
Флуорантен 101
Флуорен 101
Формальдегид 140, 206
Формил 82, 135, 140
Формулы 68 сл.
линейные 69
полициклических углеводов
100
проекционные Фишера 155
Фосген 129, 209
Фосфа- 118
Фосфин 193
трифенил- 193
Фосфиндил 194
Фосфиниден 194
Фосфинистая кислота 195
Фосфино 194
Фосфиновая кислота 195
Фосфолипиды 182
Фосфонистая кислота 195
Фосфоновая кислота 195
Фосфор- 118
Фосфоран 193
Фосфоранил 194
Фосфоринал 118
Фталазин 115
Фталамид 137
Фталамовая кислота 136
Фталид 138
Фториды 83
Фторо- 81, 128
Фтороформ 129
Фульминат 139
Функциональные группы 63
главные 64, 80 сл., 83 сл.
Функция 63
Фуразан 116
Фуран 113
Фуранил 125
Фурил 125, 141
Фуро- 120

Халкон 141
Хиназолин 115
Хино- 120
Хиноксалин 115
Хинолизин 114
9aH-Хинолизиний 126
Хинолил 125
Хинолин 114
Хинолинил 125
Хинолиниумил 127
-хинон 144
Хиноны 209
Хинуклидин 117
Хиральность 153 сл.
Хлориды 83
Хлорил 81, 129

Хлоро- 81, 128
Хлорозил 81, 129
Хлорония замещенные 129
Хлороформ 129
Хлорформил 135
Холантрен 104
Хризен 102
Хроман 117
Хромен 113

Цианат 139
Цианато- 139
-цианид 138 сл.
Цианиды 83, 139
Циано- 82, 138, 139
Циклитолы 173
Циклиты 173 сл., 181, 209
Циклические системы
би-соединения 99
с боковыми цепями 111
названия, принципы построения
79, 89 сл., 94 сл.

Цикло- 183
Циклоалканы 98, 173
Циклобута- 107
Циклогексанкарбопероксовая кисло-
та 134
Циклогексанпероксикарбоновая кис-
лота 134
Циклогексилкарбонилокси- 136
Циклогепта- 107
Циклоокта- 107
Циклопента- 107
1H-Циклопентациклооктен 107
Циклопропа- 107
n,n'-[3,3]-Циклофан 112
Циклофаны 112
Цимол 98
Циннамил 125
Циннолин 115
цис- 161

венса — Бассета способ 209
экзо- 162

Элементорганические соединения
192—200, 209
названия с «а»-обозначениями
196—199
— заместительные 193—195
— радикально-функциональные
195 сл.
циклические 197, 200, 209

Энантиомеры 153

эндо- 162

Энзимы 187

Эпи- 122

Эпидиокси- 122

Эпимино- 122

Эпитио- 122, 210

Эпокси- 122, 210

эритро- 178

Этанамин 145

N-метил- 145

Этандиол 124

1-метил- 124

Этанпероксодовая кислота 134

Этений 127

Этенил 207, 210

Этилендиолхлорид 128

Эфиры 83

простые 130 сл., 210

сложные 136

Р. КАН, О. ДЕРМЕР

Введение в химическую номенклатуру

Редакторы *Л. Н. Николаева, О. И. Слуцкий*
Технический редактор *Г. И. Косачева*
Художественный редактор *Н. В. Носов*
Художник *Б. А. Котляр*
Корректоры *М. В. Черниковская, В. М. Беляева*

ИБ № 957

Сдано в набор 19.08.83. Подп. в печ. 25.10.83. Формат бумаги 60×90¹/₁₆.
Бумага тип. № 1. Гарн. литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 14.
Усл. кр.-отт. 14. Уч.-изд. л. 14,9. Тираж 18 000. Заказ № 1497. Цена 1 р. 40 к.
Изд. № 1836.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия». 107076, Москва, ул. Стромынка, 13.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.