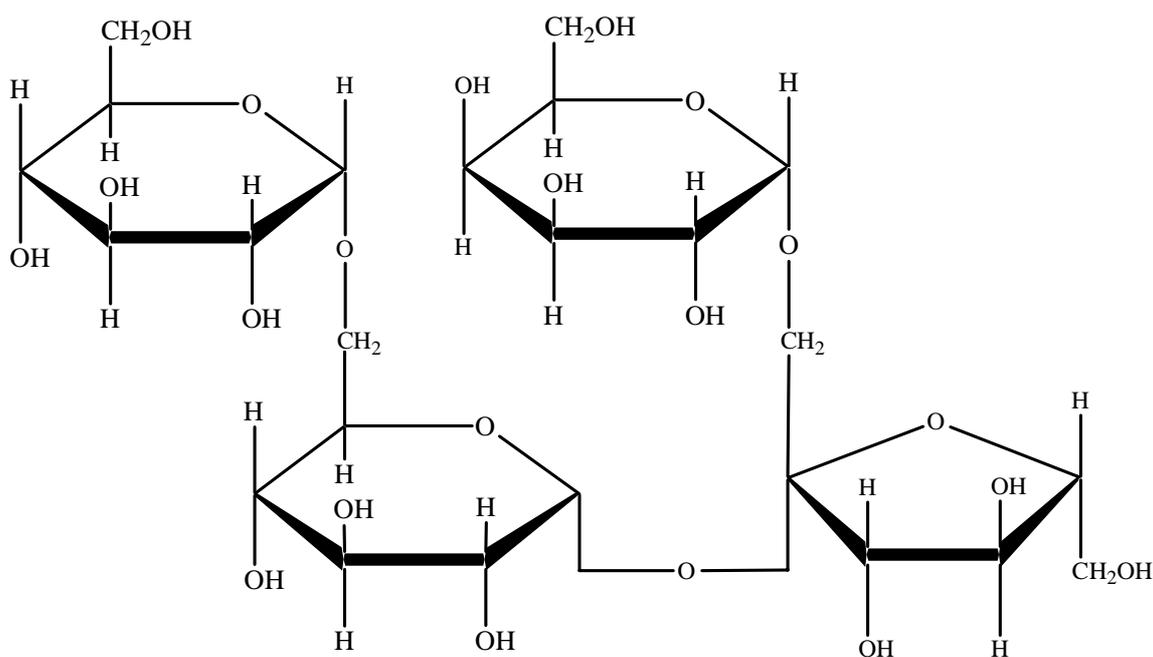


*А.В. де Векки, А.В. Курзин*

# *ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ХИМИЯ УГЛЕВОДОВ*



*Учебное пособие*

*Санкт-Петербург  
2011*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

*80-летию СПбГТУРП посвящается*

**А.В. де Векки, А.В. Курзин**

**ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ  
И ХИМИЯ УГЛЕВОДОВ**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург**

2011

УДК 541.251+547.4  
ББК 24.239я7  
Д 255

Де Векки А.В., Курзин А.В. Оптическая активность и химия углеводов: учебное пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2011. – 153 с.

В учебном пособии на современном научном уровне изложены общие теоретические аспекты стереохимии и оптической активности молекул углеводов и родственных им соединений. В пособие также включены номенклатура и основные реакции, характеризующие химические свойства моно-, олиго- и полисахаридов, и приведены задачи для проверки усвояемости студентами данного курса.

Пособие служит основополагающим материалом при изучении курсов «Органическая химия» и «Химическая технология органических веществ», а также является справочным материалом для магистрантов, обучающихся по профессионально-образовательной программе «Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза».

Рецензенты:

доктор химических наук, профессор кафедры физической органической химии Санкт-Петербургского государственного университета В.П. Боярский;

доктор химических наук, профессор кафедры неорганической и аналитической химии Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии им. С.М. Кирова Ю.Т. Виграненко.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

© Де Векки А.В., Курзин А.В., 2011

© ФГБОУВПО Санкт-Петербургский  
государственный технологический  
университет растительных полиме-  
ров, 2011

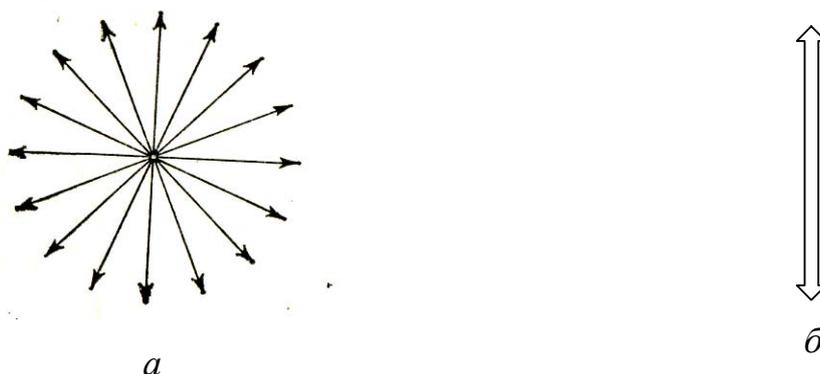
## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ .....	4
1.1. Оптическая активность, плоскополяризованный свет .....	-
1.2. Удельное вращение. Оптические антиподы .....	7
1.3. Энантиомерия и оптическая активность .....	9
1.3.1. Асимметрический атом углерода .....	-
1.3.2. Энантиомерия и диастереомерия .....	12
1.3.3. Рацематы и их расщепление .....	16
1.3.4. Конфигурация, D-, L- и R-, S-номенклатуры .....	19
1.3.5. Правила старшинства, операции с моделью Фишера .....	23
1.3.6. Другие виды хиральности .....	30
1.3.7. Расчет энантиомерной и диастереомерной чистоты .....	33
Задачи: оптическая активность .....	35
<i>Библиографический список</i> .....	37
2. ХИМИЯ УГЛЕВОДОВ .....	38
2.1. <b>Номенклатура углеводов.</b> .....	41
2.1.1. Альдозы .....	-
2.1.2. Циклические формы .....	46
2.1.3. Диальдозы .....	47
2.1.4. Кетозы .....	48
2.1.5. Кетоальдозы (альдокетозы) .....	50
2.1.6. Дезоксисахара .....	51
2.1.6.1. Названия на основе тривиальных названий сахаров .....	52
2.1.7. Аминосахара .....	53
2.1.8. Другие замещенные моносахариды .....	54
2.1.9. Альдиты .....	56
2.1.10. Кислоты – производные сахаров .....	57
2.1.11. O-Замещенные производные .....	58
2.1.12. Разветвленные сахара .....	60
2.1.13. Моносахариды как замещающие группы .....	61
2.1.14. Гликозиды и гликозильные соединения .....	63
2.1.15. Олигосахариды .....	65
2.1.16. Полисахариды .....	67
2.2. <b>Моносахариды</b> .....	68
2.2.1. Строение моносахаридов .....	-
2.2.2. Конформационная изомерия циклических форм молекул моносахаридов .....	78
2.2.3. Химические свойства моносахаридов .....	83
2.2.3.1. Реакции по гидроксильной группе, в том числе по гликозидному гидроксиду ..	84
2.2.3.2. Реакции по карбонильной группе .....	90
2.2.4. Получение моносахаридов .....	106
2.2.5. Кетозы .....	114
Задачи: моносахариды .....	117
2.3. <b>Полисахариды</b> .....	125
2.3.1. Олигосахариды .....	126
2.3.1.1. Восстанавливающие дисахариды .....	127
2.3.1.2. Невосстанавливающие дисахариды .....	131
2.3.1.3. Несахароподобные полисахариды .....	136
Задачи: ди- и полисахариды .....	145
<i>Библиографический список</i> .....	149
Предметный указатель .....	150

# 1. ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

## 1.1. Оптическая активность, плоскополяризованный свет

Обычный свет представляет собой электромагнитное излучение, колебания волн которого происходят в плоскостях, перпендикулярных направлению распространения света (рис. 1.1 *a*).

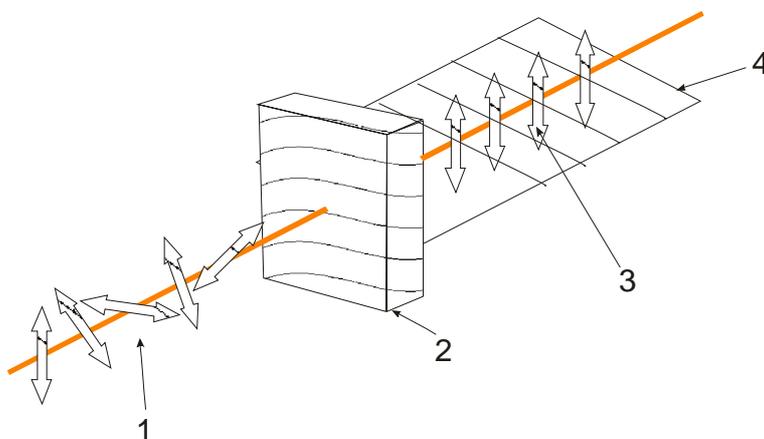


**Рис. 1.1.** Схематическое изображение обычного (*a*) и плоскополяризованного (*б*) света:  
свет распространяется перпендикулярно плоскости рисунка;  
колебания происходят в плоскости рисунка

*Плоскополяризованный свет* – это свет, колебания которого совершаются только в одной из возможных плоскостей (электромагнитная волна, в процессе распространения которой плоскости колебаний векторов магнитной индукции и напряженности электрического поля сохраняют свою ориентацию в пространстве) (рис. 1.1 *б*). Обычный свет превращают в плоскополяризованный, пропуская его через пластинки, сделанные из материала, называемого поляроидом (например, молекулярные поливиниленовые пленки), или через кристаллы минералов – *кальцита* (исландский шпат; кристаллическая прозрачная форма  $\text{CaCO}_3$ ), *кварца*  $\text{SiO}_2$  или *селлаита*  $\text{MgF}_2$ , расположенные таким образом, что они образуют так называемую призму Николя (рис. 1.2).

*Оптически активным веществом* является вещество, которое вращает плоскость поляризованного света. Когда луч такого света, колебания которого происходили в определенной плоскости, выходит из оптически активного вещества, то его колебания уже совершаются в другой плоскости.

Обнаружить и измерить оптическую активность можно с помощью прибора – *поляриметра* (рис. 1.3), а изображение лимба поляриметра XIX в. представлено на рис. 1.4.

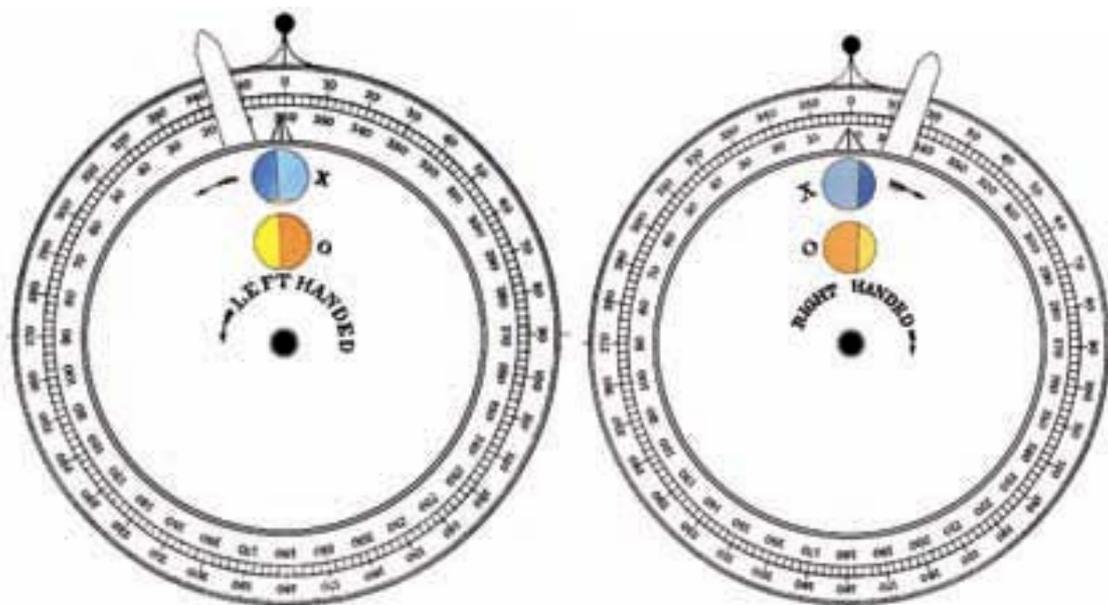


**Рис. 1.2.** Поляризация света при прохождении через призму Николя:  
 1 – обыкновенный свет; 2 – призма Николя; 3 – поляризованный свет;  
 4 – плоскость поляризации

Поляриметр состоит из источника света и двух поляроидов или призм Николя; между ними помещается трубка с исследуемым веществом. Призмы Николя расположены таким образом, что свет проходит через одну из них (поляризатор), затем через трубку, затем через вторую призму (анализатор) и, наконец, попадает в глаз наблюдателя. Если трубка пустая, то максимум света проходит через систему, когда две призмы расположены таким образом, что они пропускают свет, колебания которого совершаются в одной и той же плоскости.

Если поворачивать вторую призму, то интенсивность света уменьшается и достигает минимума, когда призма расположена перпендикулярно своему первоначальному положению.

Если вещество не вращает плоскости поляризации, то сохраняется максимальное пропускание света; говорят, что вещество *оптически неактивно*. Если же вещество вращает плоскость поляризации, то плоскость поляризации света, выходящего из трубки, уже не будет совпадать с плоскостью поляризации второй призмы. Чтобы получить максимум пропускания света, вторую призму необходимо повернуть для совмещения ее плоскости с этой новой плоскостью на некоторое число градусов; в этом случае говорят, что вещество *оптически активно*. Если вращение плоскости поляризации и, следовательно, вращение второй призмы совершается вправо (по часовой стрелке), то вещество является правовращающим [обозначается (+)]; если вращение происходит влево (против часовой стрелки), вещество является левовращающим [обозначается (-)]. Таким образом, можно определить сам факт вращения плоскости поляризации и его направление, а также *величину вращения* в градусах.



**Рис. 1.4.** Изображения лимба поляриметра XIX в, демонстрирующие левое и правое вращение плоскости поляризации

Молочная кислота  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ , выделенная из работающей мышцы, вращает плоскость поляризации вправо и известна как *правовращающая* молочная кислота, или (+)-молочная кислота. 2-Метил-1-бутанол, полученный из сивушного масла в процессе ферментативного брожения, вращает плоскость поляризации влево и известен как *левоповращающий* 2-метил-1-бутанол, или (-)-2-метил-1-бутанол.

## 1. ХИМИЯ УГЛЕВОДОВ

Углеводы (сахариды, сахара) – обширный, наиболее распространенный на Земле класс органических соединений, входящих в состав клеток всех организмов и абсолютно необходимых для их жизнедеятельности. Углеводы являются первичными продуктами фотосинтеза. Во всех живых клетках углеводы и их производные играют роль пластического и структурного материала, поставщика энергии, субстратов и регуляторов жизненно важных биохимических процессов. Качественное или количественное изменение содержания различных углеводов в крови, моче и других биологических жидкостях человека является информативным диагностическим признаком нарушений углеводного обмена, носящих наследственный характер или развившихся вторично вследствие различных патологических состояний. В питании человека углеводы являются одной из основных групп пищевых веществ наряду с белками и жирами.

Термин «углеводы» (углерод + вода) был предложен в 1844 г. С. Шмидтом, так как формулы известных в то время представителей этого класса веществ соответствовали общей формуле  $C_n(H_2O)_m$ , однако позже оказалось, что подобную формулу могут иметь не только углеводы, но и, например, молочная кислота. Кроме того, к углеводам стали относить различные, сходные по свойствам их производные с иной общей формулой.

Класс углеводов включает самые разнообразные соединения – от низкомолекулярных веществ до высокомолекулярных полимеров. К моносахаридам (монозам, или простым сахарам) относят полиоксиальдегиды (альдозы, или альдосахара) и полиоксикетоны (кетозы, или кетосахара). По числу углеродных атомов моносахариды делят на триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы, нонозы. Наиболее распространены в природе и важны для человека гексозы и пентозы. Моносахариды, распространенные в природе как в свободном виде, так и входящие в состав многочисленных соединений, относятся главным образом к D-ряду. К моносахаридам относятся также дезоксисахара (гидро-

кисильная группа замещена водородом), аминсахара (содержат аминогруппу), уроновые, альдоновые и сахарные кислоты (содержат карбоксильные группы), многоатомные спирты, эфиры моносахаридов, гликозиды, сиаловые кислоты и др.

**Высшими сахарами** называют моносахариды, неразветвленная углеродная цепь которых насчитывает более шести атомов. Высшие сахара, главным образом кетозы, найдены во многих природных источниках и в ряде случаев играют важную биологическую роль. Так, например, *О-альтро-гептулоза* (седогептулоза) входит в состав листьев всех зеленых растений и принимает участие в фотосинтетическом углеродном цикле. Через нее проходит также один из путей превращения углеводов в организме, известный под названием «окислительный пентозофосфатный цикл».

Помимо седогептулозы, в плодах и листьях некоторых тропических растений обнаружены *Д-манно-гептулоза* (персулоза), *Л-галакто-гептулоза*, *Д-тало-гептулоза*, *Д-глицеро-Л-галакто-октулоза* и *Д-эритро-Л-глюко-нонулоза*. В растениях, содержащих высшие кетозы, обычно имеются также соответствующие им высшие полиолы.

Если высшие кетозы и высшие полиолы находятся в природных источниках в свободном состоянии, то высшие альдозы, как правило, в свободном состоянии не встречаются, а входят в состав полисахаридов, главным образом бактериального происхождения. Многие высшие альдозы входят в состав полисахаридов грамотрицательных бактерий, например: *Л-глицеро-Д-манно-гептоза*, *Д-глицеро-Д-галакто-гептоза* и *Д-глицеро-Д-манно-гептоза*. *Д-глицеро-Д-манно-гептоза* была обнаружена в пекарских дрожжах в виде соответствующего гуанозинпирофосфата, который, вероятно, является переносчиком остатка этого сахара в процессе биосинтеза.

**Олигосахариды** построены из остатков циклических форм моносахаридов, соединенных *О*-гликозидными связями. Число остатков моносахаридов в молекулах олигосахаридов не превышает 10. Олигосахариды делятся на ди-, три-,

тетрасахариды и т.д. по числу входящих в них остатков моносахаридов. Если молекула олигосахарида построена из остатков одного и того же моносахарида, то его называют гомоолигосахаридом; если же такая молекула построена из остатков разных моносахаридов – гетероолигосахаридом. Олигосахариды бывают линейными, разветвленными, циклическими, восстанавливающими и невосстанавливающими; они различаются также по типу связи между остатками моносахаридов. Ранее олигосахариды и моносахариды иногда объединяли под общим названием «сахара». В гликозидах моносахаридная или олигосахаридная часть молекулы соединяется с низкомолекулярным неуглеводным компонентом через серу (*S*-гликозиды), кислород (*O*-гликозиды) или азот (*N*-гликозиды).

**Полисахариды** (полиозы, гликаны) – высокомолекулярные соединения, содержат в составе своей молекулы десятки и даже тысячи циклических моносахаридных звеньев, соединенных гликозидными связями, некоторые полисахариды содержат также остатки серной, фосфорной и жирных кислот. Полисахариды делят на гомо- и гетерополисахариды, линейные и разветвленные. Кроме того, они различаются и типом связи между моносахаридными остатками. Олигосахариды и полисахариды, построенные только из моносахаридов, часто называют просто сахарами.

Многие **моносахариды** легко растворимы в воде и полярных растворителях, легко кристаллизуются, имеют сладкий вкус, оптически активны и обладают восстанавливающей способностью. Полисахариды не кристаллизуются, практически не обладают восстанавливающей способностью. Олигосахариды по своим свойствам занимают промежуточное положение между моносахаридами и полисахаридами. Они растворимы в воде, способны к кристаллизации, многие обладают сладким вкусом. Под действием кислот олигосахариды и полисахариды гидролизуются до моносахаридов.

Самыми важными для организма человека моносахаридами являются: из пентоз – рибоза, дезоксирибоза и ксилоза; из гексоз – наряду с глюкозой, альдогексозы – галактоза и манноза; кетогексоза – фруктоза; дезоксигексоза – фу-

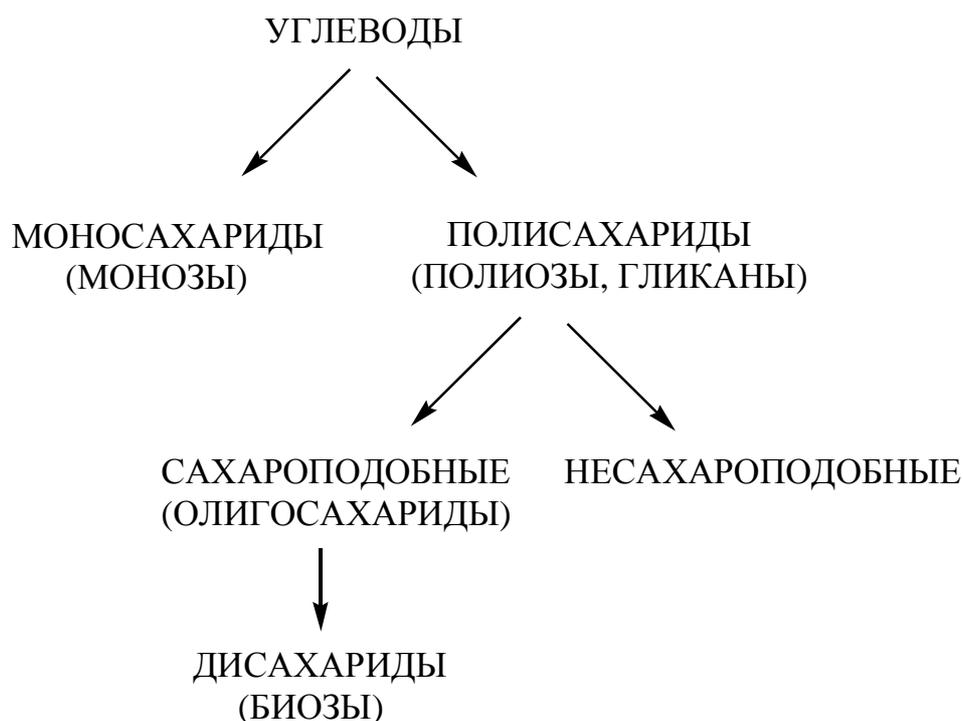
коза; гексозамины – глюкозамин и галактозамин; из сиаловых кислот – нейраминовая кислота. Все эти моносахариды, за исключением фруктозы, являются компонентами различных смешанных биополимеров. Дисахариды – сахароза и лактоза – являются важными компонентами пищи человека. Большое значение для человека имеют гомополисахариды, построенные из остатков глюкозы, такие как резервный полисахарид гликоген, один из основных пищевых углеводов – крахмал, структурный растительный полисахарид – целлюлоза, или клетчатка. Крахмал, сахароза, лактоза, декстрины и другие углеводы превращаются в организме в глюкозу (углеводный обмен), которая затем, окисляясь анаэробным путем (гликолиз) и аэробным путем (дыхание), снабжает энергией все живые клетки организма. Однако роль углеводов не сводится только к покрытию энергетических потребностей. Промежуточные продукты обмена углеводов используются для синтеза других необходимых классов веществ, в частности липидов, нуклеиновых кислот. Чрезвычайно важны резервная функция углеводов (полисахаридов – гликогена и крахмала), опорная функция (полисахариды – целлюлоза и хитин, гликопротеиды, гликолипопротеиды и др.) и высокоспециализированные функции углеводсодержащих смешанных биополимеров и полисахаридов (коферментов, витаминов, антикоагулянтов, антибиотиков, специфических групповых веществ). Велика роль углеводов в процессе оплодотворения, в иммунных реакциях, при маркировке и транспорте гликопротеидов и т.д.

В органах и тканях человека содержится около 2 % углеводов (в пересчете на сухую массу ткани): в основном это гликоген печени и мышц. Содержание глюкозы в крови в норме составляет 50–95 мг/100 мл, или 2.8–5.3 ммоль/л. Кроме глюкозы, в крови содержатся фруктоза (0.5–5 мг/100 мл), пентозы (1.8–3.3 мг/100 мл), следы альдогексоз (галактозы, маннозы), дисахаридов (лактозы, сахарозы, мальтозы), различных полисахаридов. В крови взрослых содержание гликогена составляет 7–15 мг/100 мл. С мочой взрослого человека за сутки в норме выделяется 16–132 мг глюкозы, или 3–15 мг/100 мл; в моче обнаружены

следовые количества различных пентоз (ксилозы, арабинозы, рибозы), гексоз (рамнозы, фруктозы), дисахаридов (лактозы, сахарозы) и др. У взрослых, практически здоровых людей с мочой за сутки выделяется 65.8–193.4 мг гликозаминопротеогликанов и 2.7–7.5 мг кислых гликозаминогликанов (хондроитинсульфатов А и С) и содержится 1–11 мг/100 мл гликопротеидов.

Моносахариды гидролизу не подвергаются, полисахариды гидролизуются, образуя моносахариды. В полисахаридах выделяют две группы: сахароподобные полисахариды (олигосахариды), важнейшими из которых являются дисахариды (биозы), и несахароподобные полисахариды.

Химическая классификация углеводов основана на их отношении к гидролизу. По этому признаку углеводы делят на две большие группы: моносахариды (или монозы) и полисахариды (полиозы, или гликаны).



### ***2.1. Номенклатура углеводов***

Класс углеводов включает моносахариды, олигосахариды и полисахариды, а также вещества, получающиеся из моносахаридов при удалении кар-

бонильной группы, при окислении одной или более терминальных групп в карбоновые кислоты или при замене одной или более гидроксильных групп атомом водорода, аминогруппой, тиольной группой или подобными гетероатомными группами.

Родоначальные моносахариды являются полигидроксиальдегидами  $\text{H}(\text{CHOH})_n\text{CHO}$  или полигидроксикетонами  $\text{H}(\text{CHOH})_n\text{CO}(\text{CHOH})_m\text{H}$  с тремя или более атомами углерода. Название моносахариды (в противоположность олигосахаридам и полисахаридам) относится к молекулам без гликозидной связи с другими подобными молекулами и включает альдозы, кетозы, диальдозы, альдокетозы, дикетозы, а также дезокси- и аминосахара и их производные при условии, что исходные соединения имеют (потенциальную) карбонильную группу. Термин «потенциальная альдегидная/кетонная карбонильная группа» относится к полуацетальной/полукетальной группе, возникающей при замыкании кольца.

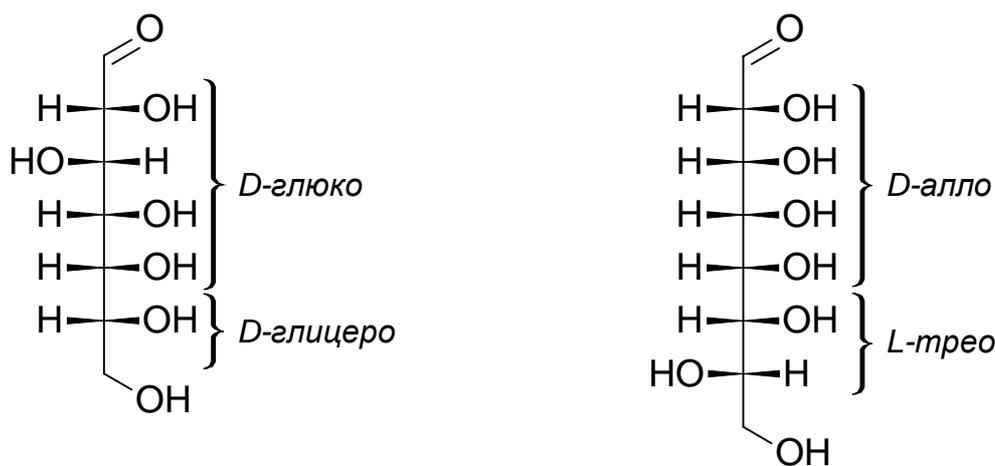
### *2.1.1. Альдозы*

Моносахариды с одной альдегидной карбонильной группой или потенциальной альдегидной карбонильной группой называются альдозами. Тривиальные названия альдоз с числом атомов углерода 3–6, которые образуют основу конфигурационных префиксов в систематических названиях углеводов, приведены в табл. 2.1.

Систематические названия моносахаридов образуются из основы и конфигурационных префиксов. Для альдоз с 3–10 атомами углерода основами названия являются соответственно: триоза, тетроза, пентоза, гексоза, гептоза, октоза, ноноза и декоза. Цепь нумеруется таким образом, чтобы карбонильная группа получила локант «1». Конфигурация СНОН групп обозначается с помощью конфигурационных префиксов (табл. 2.1). Например, D-рибопентоза для

D-рибозы. Для родоначальных сахаров и их производных с неизменными стереоцентрами предпочтительнее использовать тривиальные названия (табл. 2.1–2.3).

Альдозы, содержащие более четырех хиральных центров, называют, добавляя к основе два или более конфигурационных префикса. Префиксы сначала выбирают для групп из 4 стереоцентров, ближайших к  $C^1$ , опираясь при этом на конфигурацию для соединений из табл. 2.1. Конфигурационные префиксы для групп атомов углерода, наиболее удаленных от  $C^1$  (которые могут содержать менее четырех стереоцентров), приводятся в названии первыми (схема 2.1). При определении конфигурационного префикса ахиральные центры, разделяющие последовательность хиральных центров, игнорируются (см. примеры в пр. 2.1.4 и 2.1.6).



*D-глицеро-D-глюко*-Гептоза – правильно;

*D-глюко-D-глицеро*-Гептоза – неправильно

*L-трео-D-алло*-Октоза – правильно;

*D-алло-L-трео*-Гептоза – неправильно

**Схема 2.1.** Конфигурационные префиксы для групп атомов углерода, наиболее удаленных от  $C^1$

**Таблица 2.1. Тривиальные названия альдоз, символы для их обозначения, конфигурационные префиксы и формулы в проекции Фишера (показаны только D-формы, L-формы являются зеркальными отображениями)**

$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Глицериновый альдегид <i>D-глицеро</i> D-Glyceraldehyde <i>D-glycero</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Эритроза <i>D-эритро</i> D-Erythrose <i>D-erythro</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Треоза <i>D-трео</i> D-Threose <i>D-threo</i></p>	
$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Рибоза <i>D-рибо</i> D-Ribose <i>D-ribo (D-Rib)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Арабиноза <i>D-арабино</i> D-Arabinose <i>D-arabino (D-Ara)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Ксилоза <i>D-ксило</i> D-Xylose <i>D-xylo (D-Xyl)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Ликсоза <i>D-ликсо</i> D-Lixose <i>D-lixo (D-Lix)</i></p>
$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Аллоза <i>D-алло</i> D-Allose <i>D-allo (D-All)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Альтроза <i>D-альтро</i> D-Altrose <i>D-altro (D-Alt)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Глюкоза <i>D-глюко</i> D-Glucose <i>D-gluco (D-Glc)</i></p>	$\begin{array}{c} \text{CHO} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>D-Манноза <i>D-манно</i> D-Mannose <i>D-manno (D-Man)</i></p>

$  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{CHO} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $
D-Гулоза	D-Идоза	D-Галактоза	D-Талоза
<i>D-gulo</i>	<i>D-ido</i>	<i>D-galacto</i>	<i>D-talo</i>
D-Gulose	D-Idose	D-Galactose	D-Talose
<i>D-gulo (D-Gul)</i>	<i>D-ido (D-Ido)</i>	<i>D-galacto (D-Gal)</i>	<i>D-talo (D-Tal)</i>

**Таблица 2.2. Тривиальные и систематические названия кетоз, символы для их обозначения и формулы в проекции Фишера (показаны только D-формы, L-формы являются зеркальными отображениями)**

$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	1,3-Дигидроксиацетон (1,3-Dihydroxyacetone)	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Эритрулоза, <i>D-глицеро</i> -тетрулоза (D-Erythrulose, D-glycero-tetrulose)
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Рибулоза, <i>D-эритро</i> -пент-2-улоза [D-Ribulose (D-Rul), <i>D-erythro</i> -pent-2-ulose]	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Ксилулоза, <i>D-трео</i> -пент-2-улоза [D-Xylulose (D-Xul), <i>D-threo</i> -pent-2-ulose]
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Псикоза, <i>D-рибо</i> -гекс-2-улоза [D-Psicose (D-Psi),	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Фруктоза, <i>D-арабино</i> -гекс-2-улоза [D-Fructose (D-Fru),

	D-ribo-hex-2-ulose]		D-arabino-hex-2-ulose]
$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Сорбоза, D-ксило-гекс-2-улоза [D-Sorbose (D-Sor), D-xylo-hex-2-ulose]	$  \begin{array}{c}  \text{CH}_2\text{OH} \\    \\  \text{C}=\text{O} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{CH}_2\text{OH}  \end{array}  $	D-Тагатоza, D-ликсо-гекс-2-улоза [D-Tagatose (D-Tag), D-lyxo-hex-2-ulose]

**Таблица 2.3. Тривиальные и систематические названия углеводов и их производных**

Тривиальное название (символ)	Систематическое название
Аллоза Allose (All)	алло-Гексоза allo-Hexose
Альтроза Altrose (Alt)	альтро-Гексоза altro-Hexose
Арабиноза Arabinose (Ara)	арабино-Пентоза arabino-Pentose
Галактоза Galactose (Gal)	галакто-Гексоза galacto-Hexose
Галактозамин Galactosamine (GalN)	2-Амино-2-дезоксигалактоза 2-Amino-2-deoxygalactose
D-Галактозаминит D-Galactosaminitol (GalN-ol)	2-Амино-2-дезоксид-D-галактит 2-Amino-2-deoxy-D-galactitol
Глицерин Glycerol (Gro)	Пропан-1,2,3-триол Propane-1,2,3-triol

*Продолжение табл. 2.3*

Глицериновый альдегид Glyceraldehyde	2,3-Дигидроксипропаналь 2,3-Dihydroхурpropanal
Глицерон Glycerone (1,3-dihydroxyacetone)	1,3- Дигидроксипропан-2-он 1,3-Dihydroхурpropan-2-one
Глюкоза Glucose (Glc)	<i>глюко</i> -Гексоза <i>gluco</i> -Hexose
Глюкозамин Glucosamine (GlcN)	2-Амино-2-дезоксиглюкоза 2-Amino-2-deoxyglucose
Глюкозаминит Glucosaminitol (GlcN-ol)	2-Амино-2-дезоксиглюцит 2-Amino-2-deoxyglucitol
Гулоза Gulose (Gul)	<i>гуло</i> -Гексоза <i>gulo</i> -Hexose
Идоза Idose (Ido)	<i>идо</i> -Гексоза <i>ido</i> -Hexose
Ликсоза Lyxose (Lyx)	<i>ликсо</i> -Пентоза <i>lyxo</i> -Pentose
Манноза Mannose (Man)	<i>манно</i> -Гексоза <i>manno</i> -Hexose
Маннозамин Mannosamine (ManN)	2-Амино-2-дезоксиманноза 2-Amino-2-deoxymannose
Псикоза Psicose (Psi)	<i>рибо</i> -Гекс-2-улоза <i>ribo</i> -Hex-2-ulose
Рамнит Rhamnitol (Rha-ol)	1-Дезоксиманнит 1-Deoxymannitol
Рамноза Rhamnose (Rha)	6-Дезоксиманноза 6-Deoxymannose

Рамнозамин Rhamnosamine (RhaN)	2-Амино-2,6-дидезоксиманноза 2-Amino-2,6-dideoxymannose
Рибоза Ribose (Rib)	<i>рибо</i> -Пентоза <i>ribo</i> -Pentose
Рибулоза Ribulose (Rul)	<i>эритро</i> -Пент-2-улоза <i>erythro</i> -Pent-2-ulose
Сорбоза Sorbose (Sor)	<i>ксило</i> -Гекс-2-улоза <i>xilo</i> -Hex-2-ulose
Тагатоза Tagatose (Tag)	<i>ликсо</i> -Гекс-2-улоза <i>luho</i> -Hex-2-ulose

*Окончание табл. 2.3*

Талоза Talose (Tal)	<i>тало</i> -Гексоза <i>talo</i> -Hexose
Фруктоза Fructose (Fru)	<i>арабино</i> -Гекс-2-улоза <i>arabino</i> -Hex-2-ulose
Фукоза Fucose (Fuc)	6-Дезоксигалактоза 6-Deoxygalactose
Фукозамин Fucosamine (FucN)	2-Амино-2,6-дидезоксигалактоза 2-Amino-2,6-dideoxygalactose
D-Фуцит D-Fucitol (D-Fuc-ol)	6-Дезокси-D-галактит 6-Deoxy-D-galactitol
L-Фуцит L-Fucitol (L-Fuc-ol)	1-Дезокси-D-галактит 1-Deoxy-D-galactitol
Хиновоза Quinovose (Qui)	6-Дезоксиглюкоза 6-Deoxyglucose
Хиновозамин	2-Амино-2,6-дидезоксиглюкоза

Quinovosamine	2-Amino-2,6-dideoxyglucose
Эритроза Erythrose	<i>эритро</i> -Тетроза <i>erythro</i> -Tetrose
Эритрулоза Erythrulose	<i>глицеро</i> -Тетрулоза <i>glycero</i> -Tetrulose

### 2.1.2. Циклические формы

Большинство моносахаридов существует в виде циклических полуацеталей и полукеталей. Циклические формы, имеющие 3 атома в цикле, называются оксирозами, 4 – оксетозами, 5 – фуранозами, 6 – пиранозами, 7 – септанозами, 8 – октанозами и т.д. Для того чтобы избежать неопределенности, положение замыкания цикла может быть указано с помощью локантов, при этом локант карбонильной группы указывается первым, а гидроксильной группы – вторым (см. пример в п. 2.1.5).

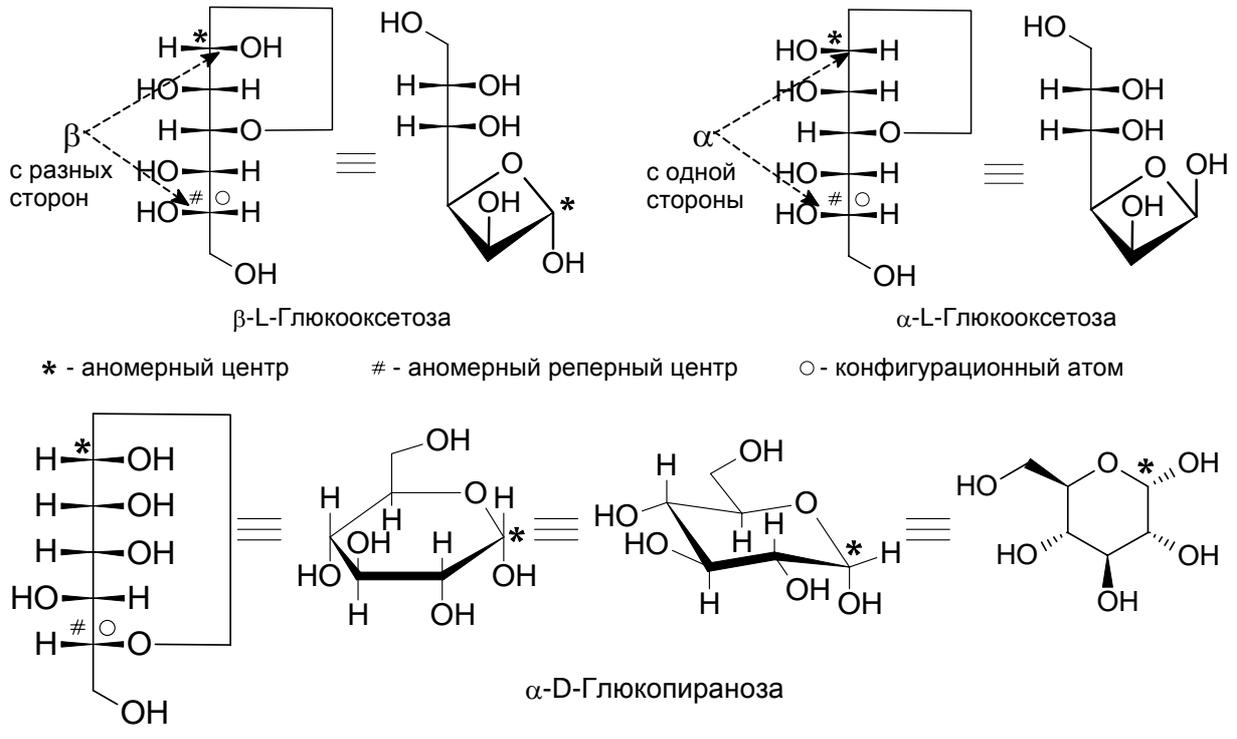
При изображении циклической формы сахара в проекции Фишера длинную связь обычно рисуют между кислородом, входящим в гетероцикл, и атомом углерода полуацетальной группы. Новый хиральный центр, возникающий при замыкании полуацетального кольца, называется аномерным центром. Два возможных стереоизомера (аномера) обозначают с помощью греческих букв  $\alpha$  и  $\beta$  в соответствии с конфигурационными отношениями между аномерным центром и аномерным реперным (reference) атомом. Аномерный реперный атом совпадает с конфигурационным атомом (т.е. нижним хиральным атомом в проекции Фишера) родоначального сахара при условии, что в названии не используются несколько конфигурационных префиксов. В противном случае аномерным реперным атомом является атом, имеющий наивысший номер в ближайшей к аномерному центру группе хиральных центров, при условии, что эта группа обозначена одним конфигурационным префиксом и участвует в об-

разовании гетероцикла. В  $\alpha$ -аномере экзоциклический атом кислорода при аномерном центре (в простейшем случае – полуацетальный гидроксил) в проекции Фишера находится по одну сторону от вертикальной оси с атомом кислорода, присоединенным к аномерному реперному атому, в  $\beta$ -аномере эти атомы кислорода расположены с разных сторон (схема 2.2). В вышеприведенных примерах, наряду с проекционными формулами Фишера, показаны соответствующие формулы Хеуорса (Haworth). Ниже показана схема замыкания пиранозного кольца D-глюкозы (схема 2.3).

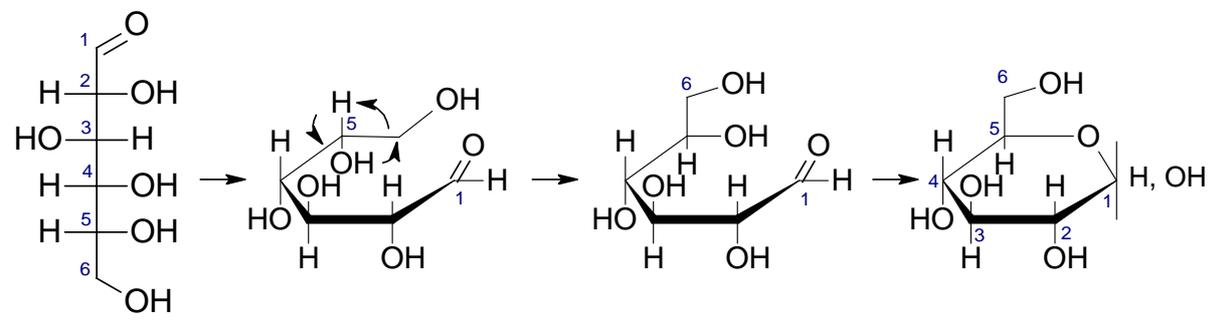
В формуле Хеуорса  $\alpha$ -аномера сахара D-ряда (циклическая форма ориентирована таким образом, что при рассмотрении кольца сверху номера кольцевых атомов возрастают по часовой стрелке) OH-группа при C<sup>1</sup> располагается снизу, а в  $\beta$ -аномере – сверху. Для сахаров L-ряда ситуация противоположная.

### 2.1.3. Диальдозы

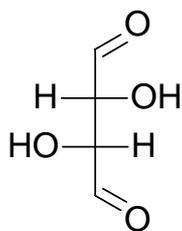
Моносахариды с двумя (потенциальными) альдегидными группами называются диальдозами. Название диальдозы образуется из названия соответствующего названия альдозы путем замены окончания «оза» на «одиальдоза». При выборе основы предпочтение отдается альдозе, первой по алфавиту (включая конфигурационный префикс). Префикс *мезо*- может быть использован, но необходимости в нем для описания структуры нет. В названиях циклических форм указывается локант аномерного атома, а вслед за ним локант второго атома углерода, присоединенного к эндоциклическому атому кислорода. Если присутствует более одного кольца, они называются в алфавитном порядке (схема 2.4).



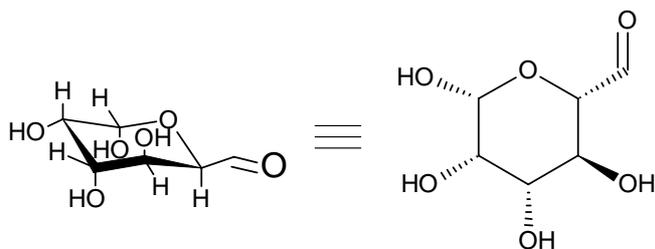
**Схема 2.2.** Расположение экзоциклического атома кислорода в  $\alpha$ - и  $\beta$ -аномерах проекции Фишера



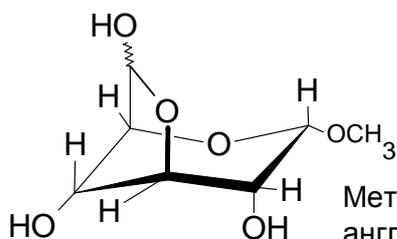
**Схема 2.3.** Замыкание пиранозного кольца D-глюкозы



L-трео-Тетродиаальдоза  
англ. *L-threo*-Tetrodialdose



(6*R*)-D-глюко-Гексодиаальдо-6,2-пираноза  
англ. (6*R*)-D-*gluco*-Hexodialdo-6,2-pyranose



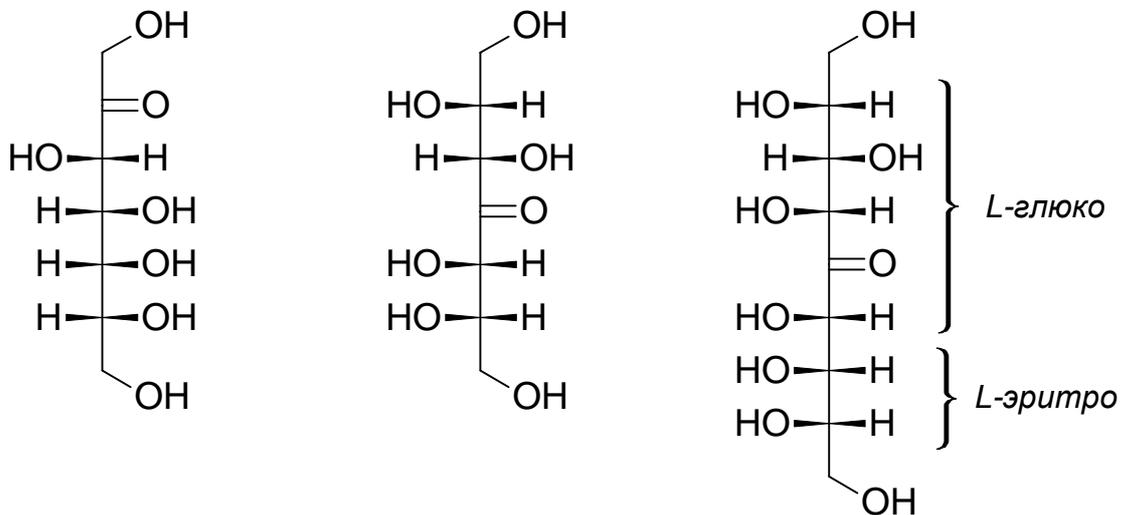
Метил  $\alpha$ -D-глюко-гексодиаальдо-1,5-пиранозид-6,3-фураноза  
англ. Methyl  $\alpha$ -D-*gluco*-hexodialdo-6,3-furanose-1,5-pyranoside

Схема 2.4. Примеры названий диальдозы

#### 2.1.4. Кетозы

Моносахариды с кетонной или потенциальной кетонной карбонильной группой называются кетозами. Тривиальные и систематические названия кетоз с количеством атомов углерода 3–6 приведены в табл. 2.2. Положение карбонильной группы указывается в названии с помощью локанта. В случае 2-кетоз локант может быть опущен, если это не приведет к неопределенности. В систематическом названии кетозы за основу берется соответствующее название альдозы, а окончание «оза» заменяется на «улоза», с предшествующим локантом, показывающим положение кетогруппы, например, гекс-3-улоза. Если карбонильная группа находится в середине цепи с нечетным числом атомов углерода, то из двух возможных вариантов названия предпочтение отдается первому по алфавиту. Для кетоз используются те же конфигурационные префиксы, что и для альдоз. При определении этого префикса в случае 3-, 4- и т.д. кетоз карбонильная группа игнорируется, и набор хиральных центров называется согласно табл. 2.1 (схема 2.5). Систематические названия дикетоз формируют

аналогично, игнорируя при определении конфигурационного префикса ахиральные центры (схема 2.6).



*D-альтро*-Гепт-2-улоза;

*L-глюко*-Гепт-4-улоза – правильно;

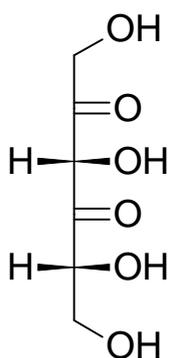
*L-эритро-L-глюко*-Нон-5-улоза – правильно;

трив.: *D-седогепту*-улоза

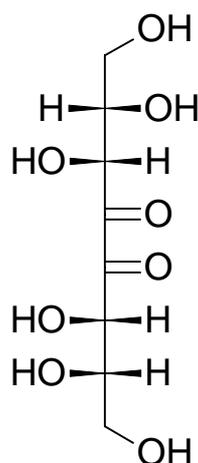
*D-гуло*-Гепт-4-улоза – неправильно

*D-трео-L-алло*-Нон-5-улоза – неправильно

Схема 2.5. Примеры названия кетоз



*D-трео*-Гексо-2,4-диулоза



*L-альтро*-Окто-4,5-диулоза

– правильно;

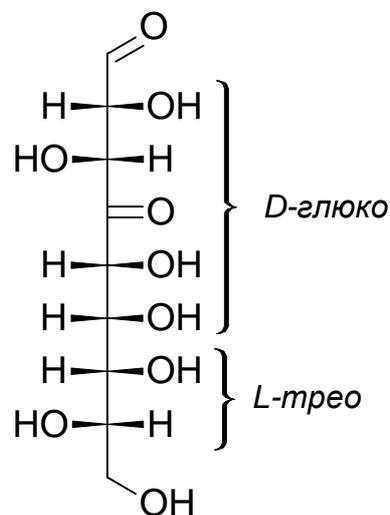
## L-манно-Окто-4,5-диулоза

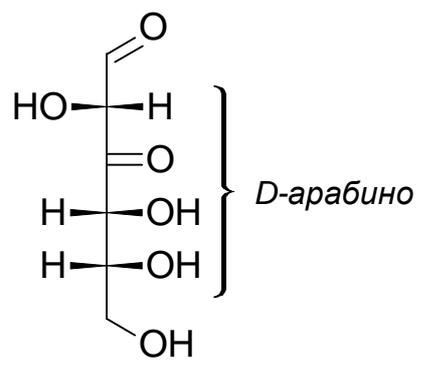
– неправильно

### Схема 2.6. Примеры названий дикетоз

#### 2.1.5. Кетоальдозы (альдокетозы)

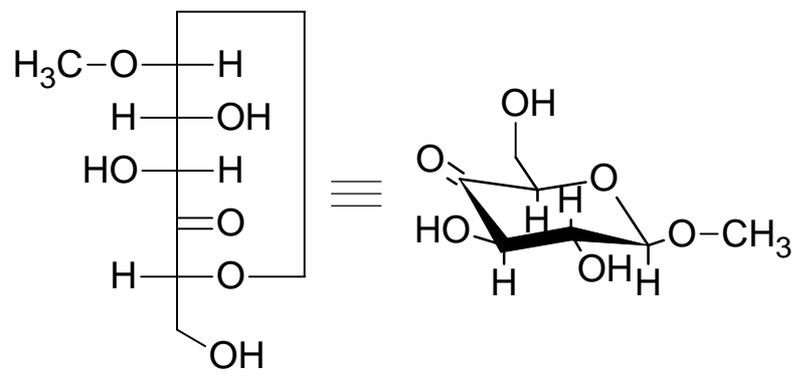
Названия кетоальдоз формируют подобно названиям дикетоз, заменяя в названии соответствующей альдозы окончание «а» на «улоза». Нумерацию начинают с (потенциальной) альдегидной группы, однако локант 1 не указывают в названии; локант (потенциальной) кетонной карбонильной группы помещают в названии перед окончанием «улоза»; в том случае, когда это локант 2, он может быть опущен. Для циклических форм в тех случаях, где возможна неопределенность, положение кольца может быть указано с помощью локантов, при этом локант (потенциальной) карбонильной группы указывается первым. В биохимической литературе для кетоальдоз часто используют соответствующие «дегидро» названия (схема 2.7). Таким образом, D-ксилогексапираноз-4-улоза должна быть названа как 4-дегидро-D-глюкоза. Такое использование префикса «дегидро-» может привести к стереохимически избыточным названиям, и его не следует применять для наименования производных.



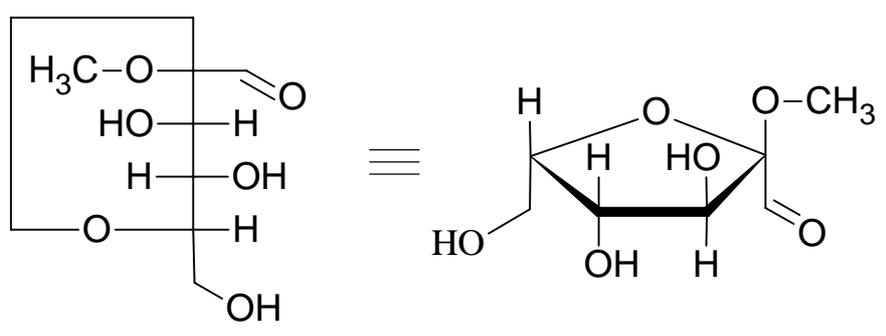


D-арабино-Гексоз-3-улоза

L-трео-D-глюко-Ноноз-4-улоза



Метил-β-D-ксило-гексопиранозид-4-улоза



Метил-α-L-ксило-гексоз-2-уло-2,5-фуранозид

Схема 2.7. Примеры названий кетоальдоз

2.1.6. Дезоксисахара

Для некоторых дезоксисахаров длительное время используются тривиальные названия, например, фукоза (*fucose, Fuc*), хиновоза (*quinovose, Qui*) и рамноза (*rhamnose, Rha*), показанные ниже в пиранозной форме (схема 2.8). Эти названия используются для немодифицированных сахаров; для их производных предпочтительно использовать систематическую номенклатуру, особенно, когда дезоксигенирование (deoxygenation) затрагивает хиральный центр исходного углевода (см. табл. 2.3).

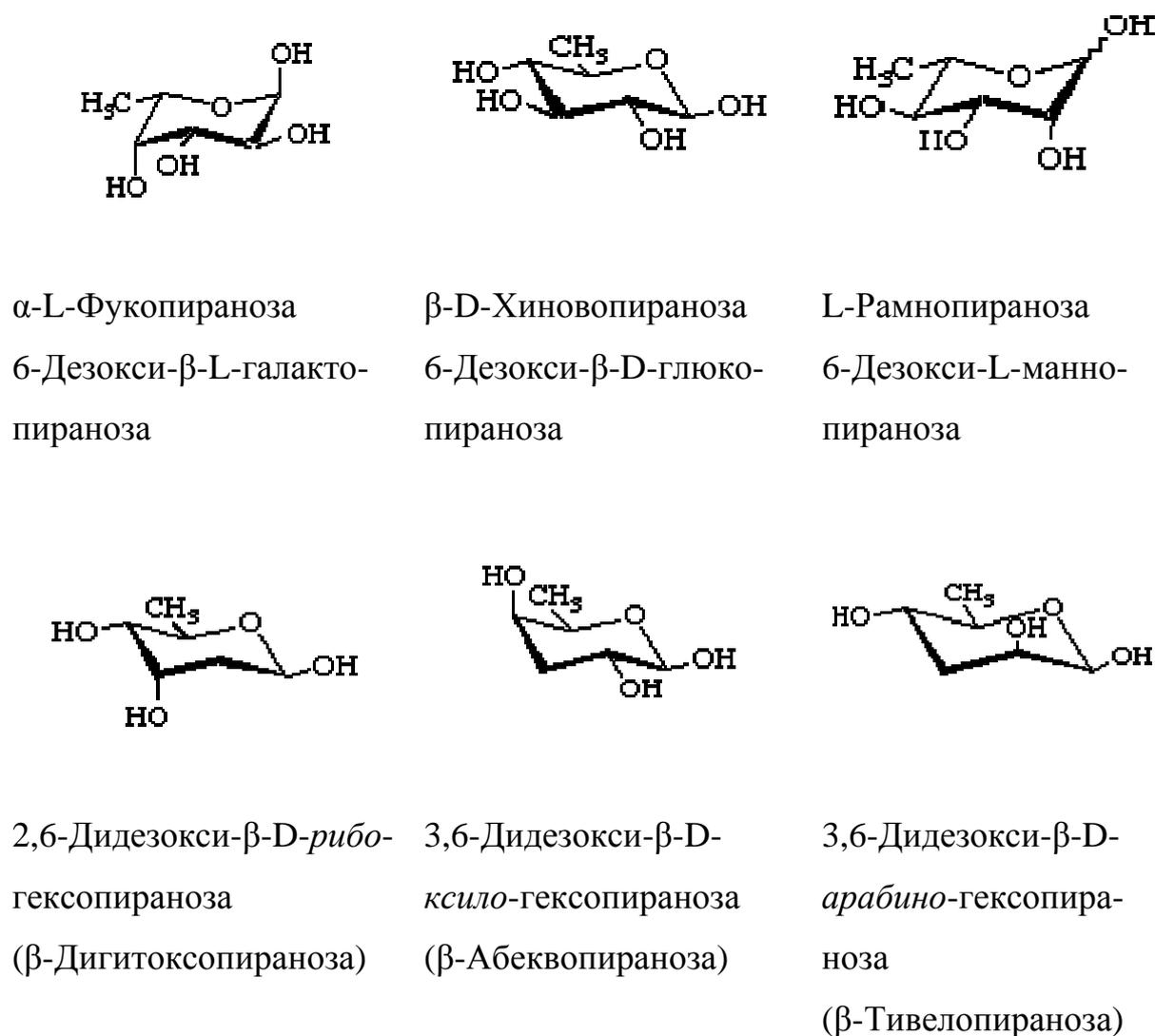


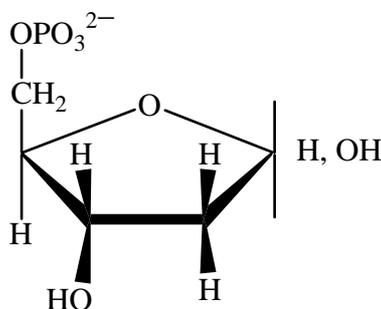
Схема 2.8. Примеры названий дезоксисахаров

Другие используемые тривиальные названия – аскарилоза (3,6-дидезокси-L-арабино-гексоза), колитоза (3,6-дидезокси-L-ксило-гексоза) и паратоза (3,6-дидезокси-D-рибо-гексоза).

Сахара с терминальной  $\text{CH}_3$ -группой следует называть как  $\omega$ -дезоксисахара, как показано выше, но не как C-метильные производные.

### 2.1.6.1. Названия на основе тривиальных названий сахаров

С принятыми тривиальными названиями префикс «дезоксид» («deoxy») указывается впереди, если формальное дезоксигенирование не влияет на конфигурацию какого-либо асимметрического атома (центра). В том случае, если «дезоксид» удаляет хиральный центр, полученное название содержит стереохимическую избыточность. В таких случаях предпочтительней систематические названия, особенно при наименовании производных. Часто используются названия 2-дезоксирибоза (для 2-дезоксид-D-эритро-пентозы) и 2-дезоксиглюкоза (для 2-дезоксид-D-арабино-гексозы).

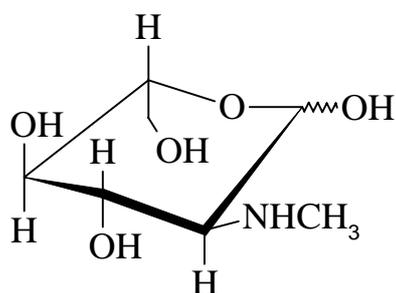


2-Дезокси-D-эритро-пентофураноза-5-фосфат

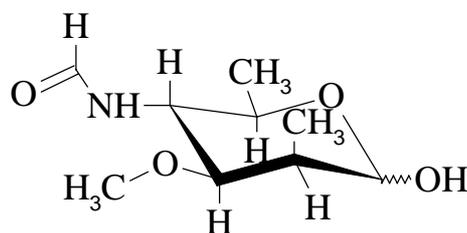
Систематическое название дезоксисахаров состоит из префикса «дезоксид» с предшествующим локантом, за которым следует основа с конфигурационными префиксами (последние приводятся, начиная с конца молекулы, наиболее удаленного от  $\text{C}^1$ ). Префикс «дезоксид» является отделяемым (также как «ангидро» и «дегидро», что противоречит общим рекомендациям IUPAC, но является общеупотребимой практикой в химии углеводов), и, следовательно,



- D-маннозамин для 2-амино-2-дезоксид-D-маннозы;
- D-фукозамин для 2-амино-2,6-дидезокси-D-галактозы и т.д. (см. табл. 2.3).



2-Дезокси-2-метиламино-L-  
глюкопираноза



4,6-Дидезокси-2,3-ди-О-метил-4-  
формаидо-D-маннопираноза

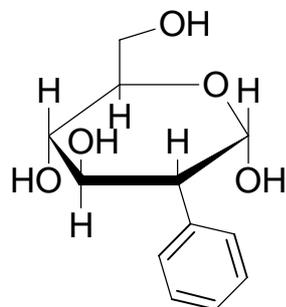
Схема 2.10. Примеры названий аминсахаров

### 2.1.8. Другие замещенные моносахариды

Моносахариды, в которых замещен атом водорода при нетерминальных атомах углерода, называют как *C*-замещенные соединения. При отнесении конфигурации старшая группа (согласно правилам Кана–Ингольда–Прелога) рассматривается как эквивалент ОН-группы. Соединения, в которых замещена ОН-группа при нетерминальном, неаномерном атоме углерода, называют как дезоксисахара. Группа, замещающая ОН-группу, определяет конфигурационное описание. Соединения, в которых замещены ОН-группа и атом водорода при нетерминальном атоме углерода, называют как дизамещенные дезоксисахара. Конфигурацию определяют, рассматривая старший заместитель как эквивалент ОН-группы. Для описания модифицированного стереоцентра, чтобы избежать неопределенности, можно использовать *R,S*-стереодескрипторы (схема 2.11).

Если замещение при терминальном атоме углерода приводит к образованию нового центра хиральности, для указания стереохимии применяют *R,S*-стереодескрипторы. Моносахариды с терминальной метильной группой назы-

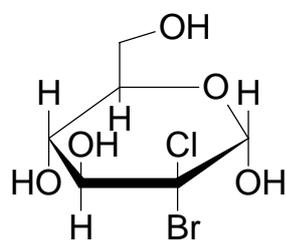
вают как дезоксисахара, а не как *C*-метилпроизводные. Замещение альдегидного водорода циклической системой обозначают с помощью соответствующего *C*-префикса (схема 2.12).



2-Дезокси-2-фенил- $\alpha$ -D-глюкопираноза

2-Дезокси-2-*C*-фенил- $\alpha$ -D-глюкопираноза

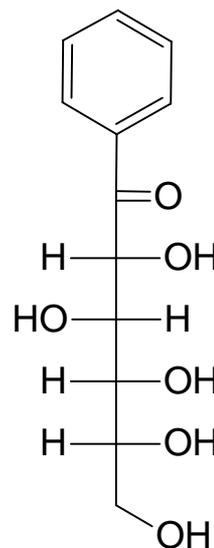
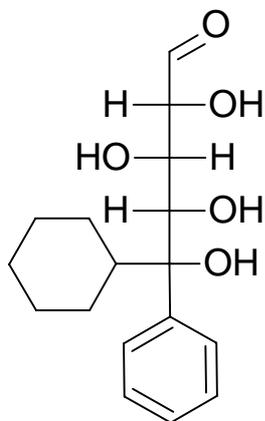
(2*R*)-2-Дезокси-2-фенил- $\alpha$ -D-арабино-гексопираноза



(2*R*)-2-Бром-2-дезоксид-2-хлор- $\alpha$ -D-арабино-гексопираноза

2-Бром-2-дезоксид-2-хлор- $\alpha$ -D-глюкопираноза

**Схема 2.11.** Примеры использования стереодескрипторов для описания модифицированного стереоцентра

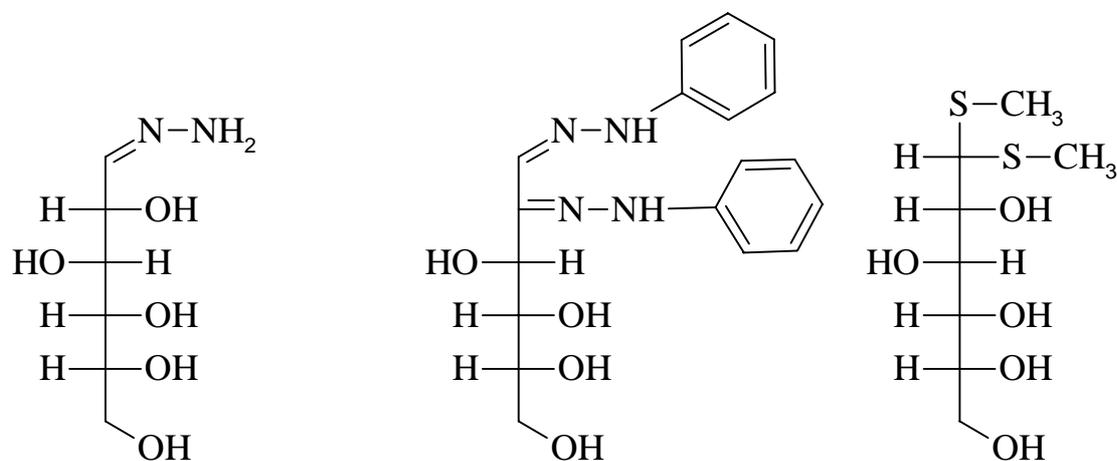


(5*R*)-5-*C*-Фенил-5-*C*-циклогексил-*D*-  
ксилоза

5-*C*-Фенил-*D*-глюкоза

Схема 2.12. Пример использования *C*-префикса

Производные сахаров, образующиеся путем замещения карбонильного кислорода азотсодержащей группировкой (оксимы, гидразоны, озоны и т.д.), называют традиционными способами. Производные сахаров, получающиеся в реакциях карбонильной группы со спиртами, получают традиционные названия как соответствующие (полу)ацетали и т.д. (схема 2.13).



Гидразон *D*-глюкозы

Бис(фенилгидразон)-*D*-  
*арабино*-гексоз-2-улозы  
(фенилозазон *D*-фрук-  
тозы)

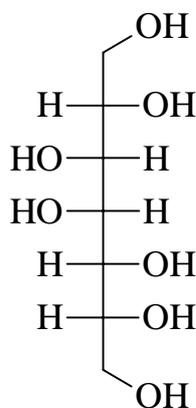
*S,S*-Диметилдитиоаце-  
таль *D*-глюкозы

Схема 2.13. Примеры названий сахаров, замещенных по карбонильной группе азотсодержащей группировкой

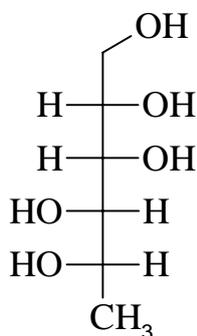
### 2.1.9. Альдиты

Альдиты (*alditols*), или алканполиолы, получающиеся при восстановлении сахаров, называют, заменяя суффикс «оза» в названии соответствующей альдозы на суффикс «ит» («*itol*»). Если альдит может быть производным двух раз-

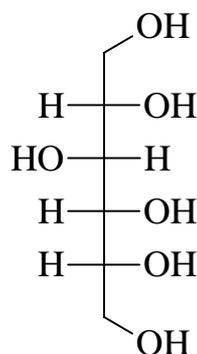
личных альдоз либо альдозы и кетозы, выбор основы осуществляют в соответствии с критериями, приведенными в п. 2.1.15. «Выбор родоначальной структуры» (схема 2.14).



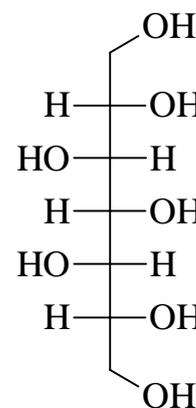
правильно: D-*глицеро-L-галакто*-Гептит;  
 неправильно: D-*глицеро-L-манно*-Гептит



L-Рамнит, или 1-дезоксид-L-маннит



правильно: D-Глюцит;  
 неправильно: L-гулит;  
 не рекомендуется: Сорбит



правильно: *мезо-D-глицеро-L-идо*-Гептит;  
 неправильно: L-*глицеро-D-идо*-Гептит

Схема 2.14. Примеры названий альдитов

### 2.1.10. Кислоты – производные сахаров

При окислении терминальных альдегидных и гидроксиметильных групп моносахаридов может быть получено четыре типа кислот. Их систематические названия легко получить, заменив суффикс «оза» или «улоза» в названии моносахарида на соответствующие окончания, которые приведены ниже. Кроме того, многие из этих соединений имеют широко употребляемые тривиальные названия. Производные кислот называют, используя обычные способы наименования производных органических кислот.

1. Альдоновые кислоты – окисление альдегидной группы моносахарида; суффикс «оновая кислота» («-onic acid») (схема 2.15).

2. Уроновые кислоты – окисление гидроксиметильной группы моносахарида; суффикс «уроновая кислота» («-uronic acid») (схема 2.16).

3. Альдаровые кислоты – окисление обеих терминальных групп моносахарида до карбоксильных; суффикс «аровая кислота» («-aric acid») (схема 2.17).

4. Кетоальдоновые кислоты – окисление терминальной, ближайшей к карбонильной группе, кетозы; суффикс «улозоновая кислота» («-ulosonic acid») (схема 2.18).



Схема 2.15. Примеры названий альдоновой кислоты и ее производных

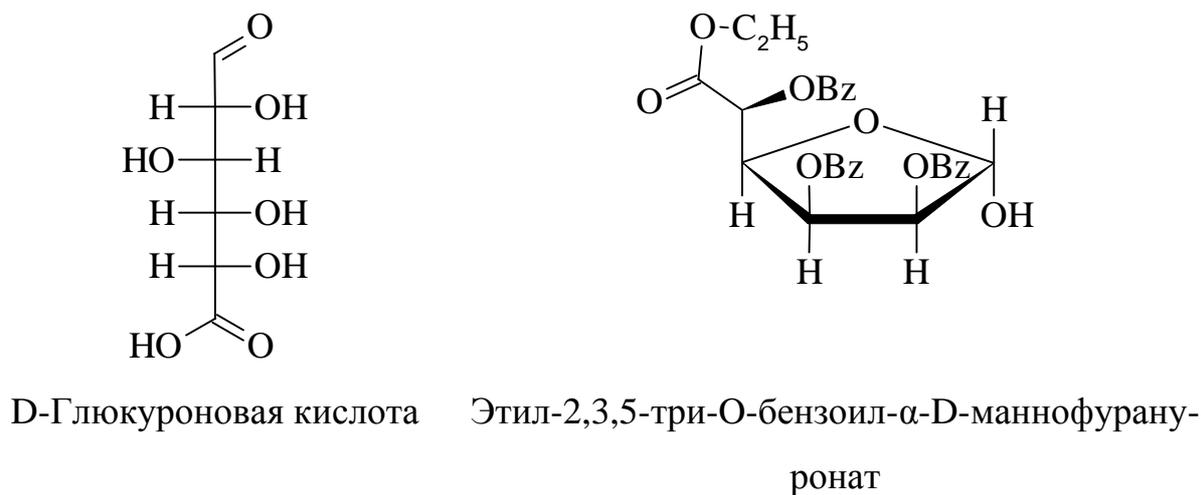
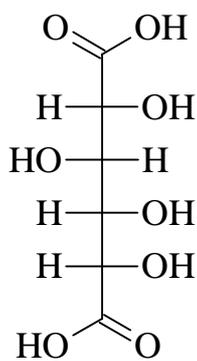
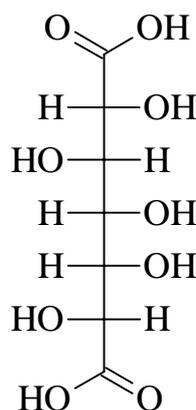


Схема 2.16. Примеры названий уроновой кислоты и ее производных

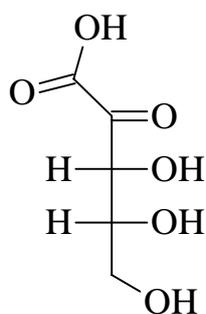


D-Глюкаровая  
кислота

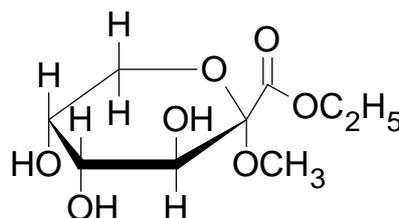


L-глицеро-D-галакто-Гептаровая кислота

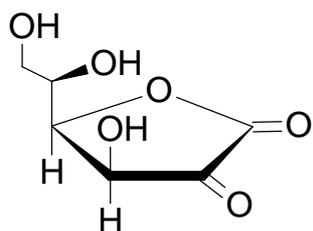
Схема 2.17. Примеры названий альдаровой кислоты и ее производных



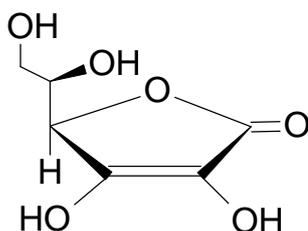
D-эритро-Пент-2-улозоновая  
кислота



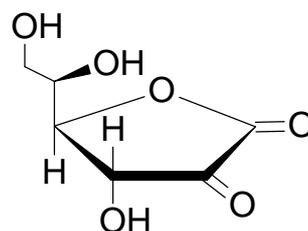
Этил(метил-α-D-арабино-гекс-2-улопиранозид)онат



L-ксило-Гекс-2-уло-  
зоно-1,4-лактон



L-трео-Гекс-2-еноно-  
1,4-лактон



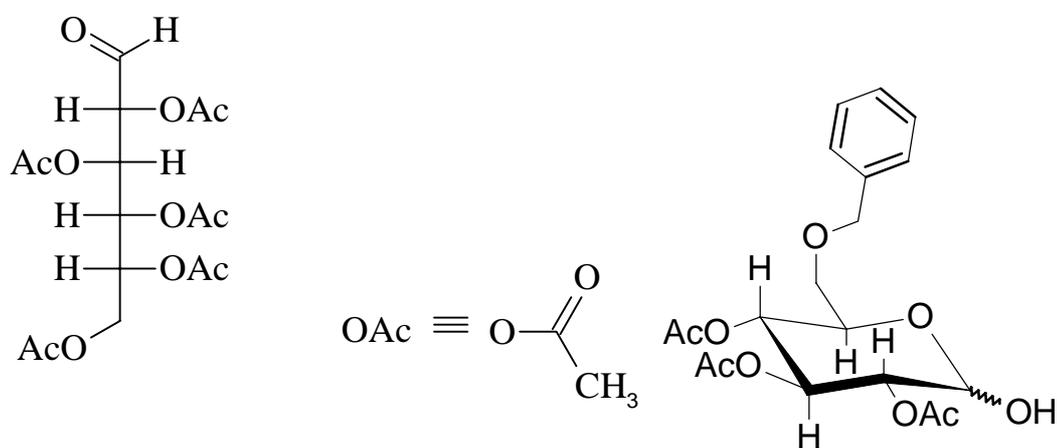
L-ликсо-Гекс-2-уло-  
зоно-1,4-лактон

L-Аскорбиновая кислота – равновесная смесь трех изомеров

Схема 2.18. Примеры названий кетоальдоновой кислоты и ее производных

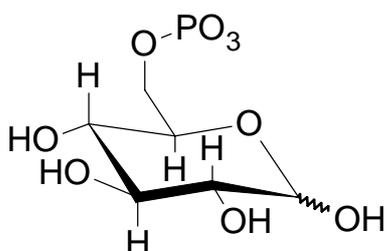
### 2.1.11. *O*-Замещенные производные

Заместители, заменяющие атом водорода гидроксильной группы сахаридов, в названиях обозначаются как *O*-заместители. Локант «*O*» не повторяется при множественном замещении одним и тем же заместителем. При полном замещении цифровые локанты не указываются. Для *O*-ацилпроизводных можно использовать традиционные названия для эфиров. Ацильное замещение при аномерном гидроксиле обозначают префиксом *O*-ацил-, однако соответствующие *O*-алкилпроизводные называют как гликозиды. Сложные эфиры сахаридов и фосфорной кислоты называют фосфатами. В биохимии термин «фосфат» используют независимо от противоиона и степени ионизации. Префиксами, используемыми в органической номенклатуре для сложных эфиров фосфорной кислоты, являются «*O*-фосфоно» и «*O*-фосфонато», соответственно, для групп  $(\text{HO})_2\text{P}(\text{O})-$  и  $(\text{O}^-)_2\text{P}(\text{O})-$ , присоединенных к кислороду. Если сахар этерифицирован двумя или более фосфатными группами, соединения называют бисфосфатами, трисфосфатами и т.д. Термин «дифосфат» обозначает эфир дифосфорной кислоты. Эфиры серной кислоты называют, используя префиксы «*O*-сульфо» и «*O*-сульфонато», соответственно, для групп  $(\text{HO})\text{S}(\text{O})_2-$  и  $(\text{O}^-)\text{S}(\text{O})_2-$ , присоединенных к кислороду (схема 2.19).



Пента-*O*-ацетил-альде-  
гидо-*D*-глюкоза, или  
альдегидо- *D*-Глюкоза  
пентаацетат

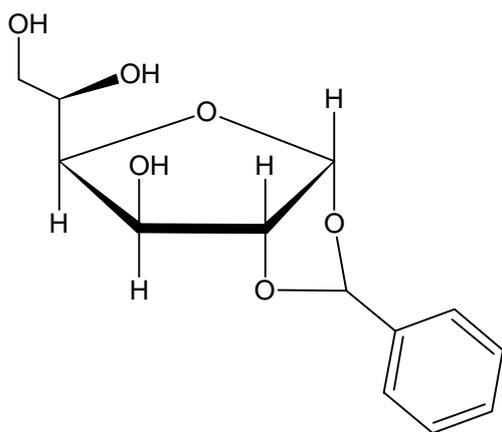
2,4-Ди-*O*-ацетил-6-*O*-  
бензил-*D*-глюкопираноза



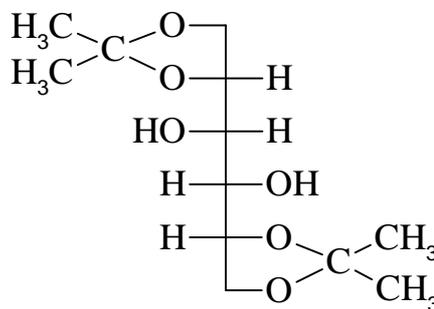
*D*-Глюкопираноза-6-фосфат,  
или 6-*O*-фосфонато-*D*-глюкопираноза

Схема 2.19. Примеры названий сложных эфиров сахаров

Циклические ацетали, получающиеся из сахаридов при взаимодействии с альдегидами и кетонами, называют как *n,m-O*-алкилиденпроизводные, где *n, m* – локанты гидроксильных групп, принимающих участие в образовании гетероцикла, а алкилиден – префикс соответствующего двухвалентного радикала. При обозначении двух и более идентичных ацетальных фрагментов локанты разделяются двоеточием (схема 2.20).



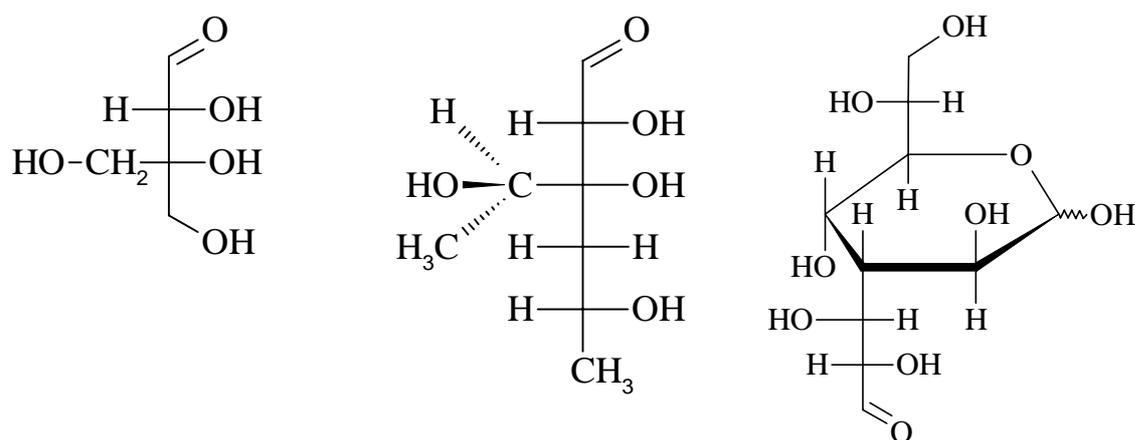
1,2-*O*-Бензилиден-*D*-глюкофураноза



1,2:5,6-Ди-*O*-изопропилиден-*D*-  
маннит

### 2.1.12. Разветвленные сахара

Разветвленные сахара называют в соответствии с вышеизложенными правилами. Если разветвленный моносахарид образует циклический полуацеталь (полукеталь), то цепь, которая образует цикл, берется в качестве основы названия. В противном случае основу выбирают в соответствии с критериями, приведенными в подразд. 2.1.15 «Олигосахариды. Выбор родоначальной структуры». Некоторые разветвленные сахара имеют устоявшиеся тривиальные названия, например, D-апиоза (схема 2.21).



3-С-Гидроксиметил-  
D-глицеро-тетроза  
трив.: D-апиоза

4,6-Дидезокси-3-С-  
(L-глицеро-1-  
гидроксиэтил)-D-  
рибо-гексоза

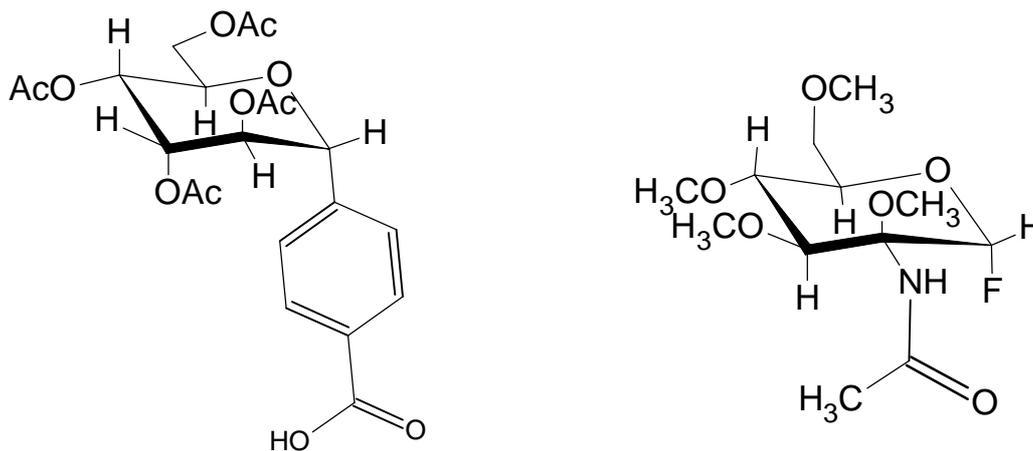
3-Дезокси-3-[(1R,2S)-1,2-  
дигидрокси-3-оксопропил]-  
D-глицеро-D-альтро-  
гептопираноза

Схема 2.21. Некоторые примеры названий разветвленных сахаров

### 2.1.13. Моносахариды как замещающие группы

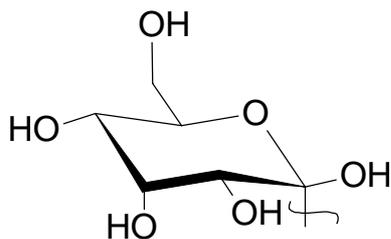
В тех случаях, когда основой для названия является неуглеводная структура, а моносахарид выступает в роли замещающего радикала, для обозначения последнего используются следующие суффиксы.

1. Для обозначения моносахаридного радикала, образующегося при удалении аномерной гидроксильной группы, используется суффикс «озил» без локанта (схема 2.22).



4-(2,3,4,6-Тетра-О-ацетил- $\alpha$ -D-альтропиранозил)бензойная кислота (OAc – см. схему 2.19)

2-С-Ацетамидо-2,3,4,6-тетра-О-метил- $\alpha$ -D-маннопиранозилфторид



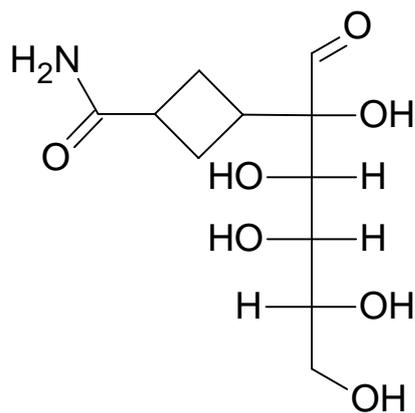
1-Гидрокси- $\alpha$ -D-аллопиранозил

Схема 2.22. Примеры применения суффикса «озил» в названиях

2. Для обозначения моносахаридного радикала, образующегося при удалении атома водорода от  $C^1$  при сохранении гидроксильной группы, используется

суффикс «озил» без локанта с добавлением префикса «1-гидрокси». В этом случае аномерный дескриптор  $\alpha$  или  $\beta$  относится к свободной валентности (см. схему 2.22).

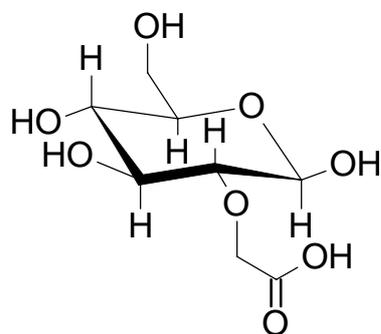
3. Для обозначения в моносахариде свободной валентности при любом, кроме аномерного, атоме углерода с гидроксильной группой используется суффикс «оз- $n$ -С-ил», где  $n$  – соответствующий локант (схема 2.23).



3-(D-Галактоз-2-С-ил)циклобутанкарбоксамид

Схема 2.23. Пример применения суффикса «оз- $n$ -С-ил»

4. Для обозначения в моносахариде свободной валентности при любом атоме кислорода, кроме аномерного, используется суффикс «оз- $n$ -О-ил», где  $n$  – соответствующий локант (схема 2.24).



( $\beta$ -D-Глюкопираноз-2-О-ил)уксусная кислота

Схема 2.24. Пример применения суффикса «оз- $n$ -О-ил»

5. Для обозначения в моносахариде свободной валентности при восстановленном атоме углерода используется суффикс «оз-*n*-ил» и префикс «*n*-дезоксид», где *n* – соответствующий локант (схема 2.25).

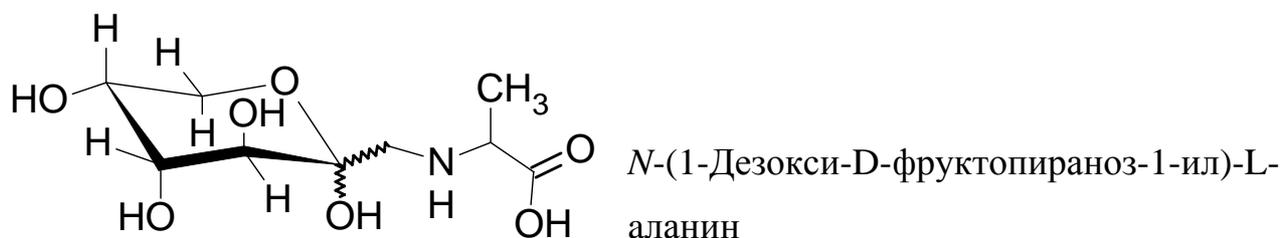
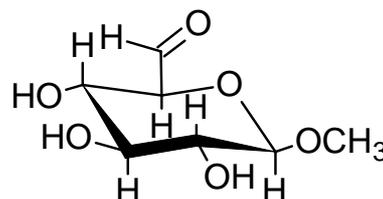


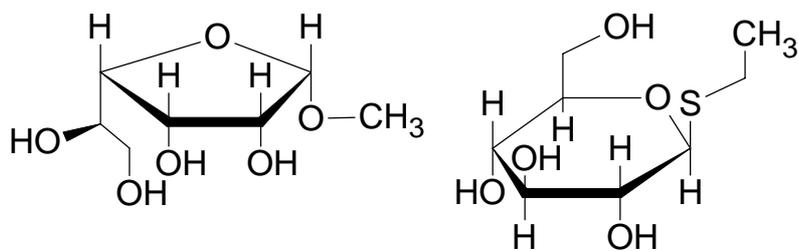
Схема 2.25. Пример применения суффикса «оз-*n*-ил» и префикса «*n*-дезоксид»

#### 2.1.14. Гликозиды и гликозильные соединения

Смешанные ацетали (кетали), образованные из циклических форм моносахаридов путем замены аномерного гидроксила на группы –OR/–SR/–SeR, называют гликозидами/тиогликозидами/селеногликозидами. Используют три варианта наименования гликозидов.

1. В названии соответствующего моносахарида заменяют суффикс «оза» на суффикс «озид», а перед названием помещают название соответствующей замещающей группы R (схема 2.26).





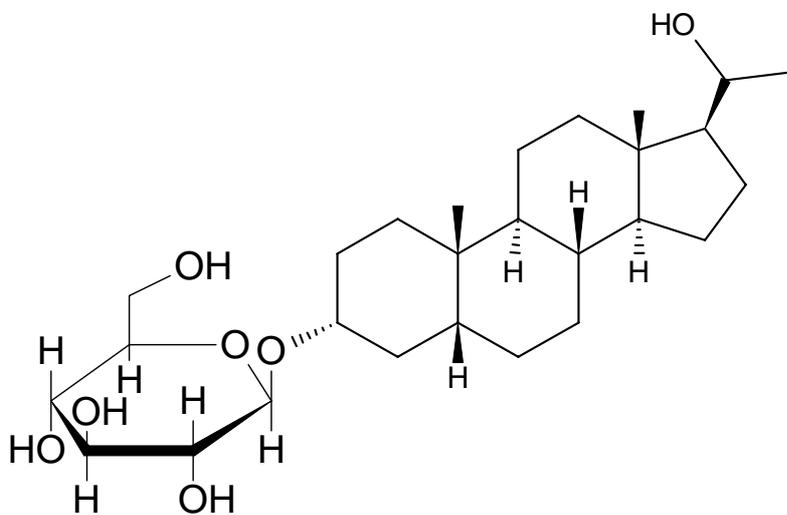
Метил- $\alpha$ -D-гулофуранозид

Этил-1-тио- $\beta$ -D-глюкопиранозид

Метил-(6*R*)-D-глюкогексодиальдо-6,2-пиранозид

Схема 2.26. Примеры названий гликозидов

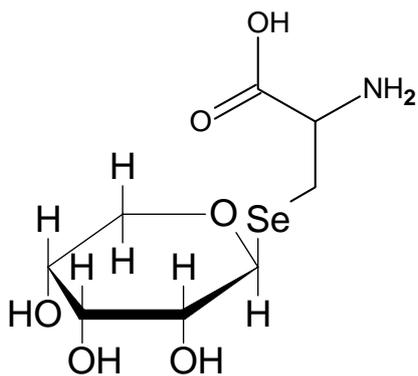
2. Префикс «...озилокси» («...озилтио») в соответствующей форме помещают перед основой названия (эти префиксы включают O/S атомы гликозидной связи) (схема 2.27).



(20*S*)-3 $\alpha$ -( $\beta$ -D-глюкопиранозилокси)-5 $\beta$ -прегнан-20-ол

Схема 2.27. Пример применения префикса «...озилокси»

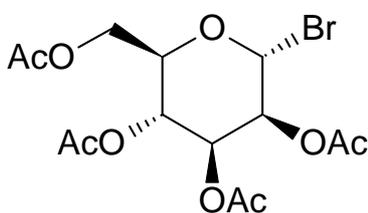
Используются префиксы «O/S/Se-гликозил» к названию гидрокси/тио/селено соединения (схема 2.28).



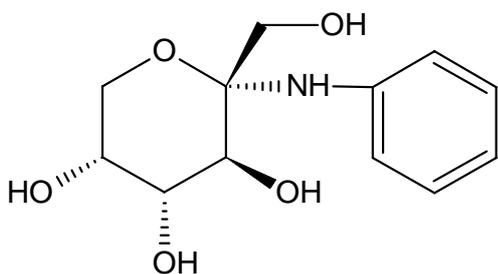
*Se*- $\beta$ -D-Рибопиранозил-D-селеноцистеин,  
или 3-( $\beta$ -D-Рибопиранозилселено)-D-аланин

Схема 2.28. Пример применения префиксов «*O/S/Se*-гликозил»

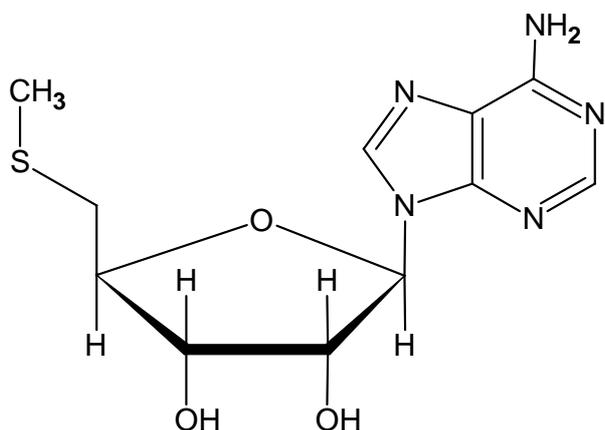
Соединения, в которых аномерный гидроксил замещен на атом галогена или псевдогалогена (азид, тиоцианат и т.д.), называют как гликозильные производные соответствующих классов соединений. *N*-Гликозильные производные называют гликозилами́нами (включая случай сложных гетероциклических аминов, таких как нуклеозиды) (схема 2.29).



Тетра-*O*-ацетил- $\alpha$ -D-маннопиранозилбромид



*N*-Фенил- $\alpha$ -D-фруктопиранозиламин



9-(5-*S*-Метил-5-тио-β-*D*-рибофуранозил)аденин

Схема 2.29. Примеры названий соединений с замещенным аномерным гидроксилом

### 2.1.15. Олигосахариды

**Выбор родоначальной структуры.** В тех случаях, когда молекула углевода составлена более чем из одной моносахаридной структуры, в качестве основы названия выбирают название моносахарида в соответствии с приведенными ниже критериями, которые применяют последовательно до тех пор, пока не будет сделан выбор:

1) основа названия должна включать старшую функциональную группу в соответствии с общими принципами органической номенклатуры. Таким образом, старшинство падает в ряду: альдаровая кислота > уроновая кислота / кетоальдоновая кислота/альдоновая кислота > диальдоза > кетоальдоза/альдоза > дикетоза > кетоза;

2) предпочтение отдается молекуле с более длинной цепочкой атомов углерода, например, гептоза старше гексозы;

3) предпочтение отдается следующему первым по алфавиту тривиальному названию или конфигурационному префиксу систематического названия, например, аллоза старше глюкозы, *глюко*- старше *гуло*-производного;

4) конфигурационный символ *D* старше *L*;

5) аномерный символ  $\alpha$  старше  $\beta$ ;

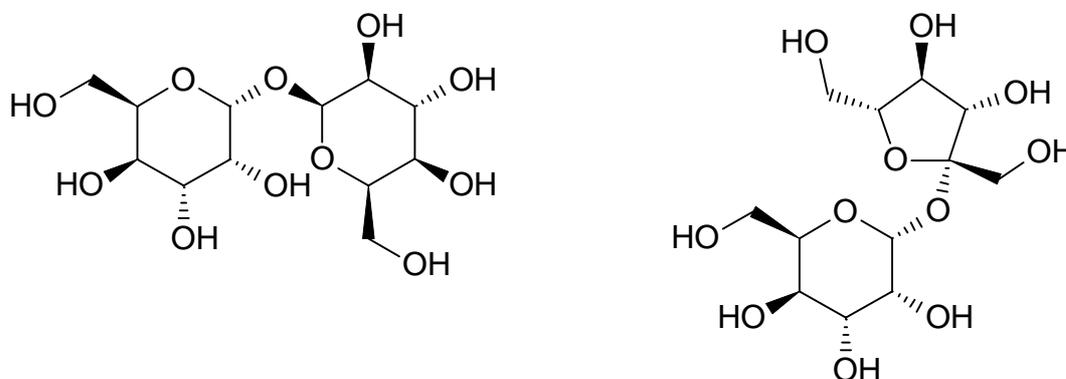
б) предпочтение отдается системе, содержащей максимальное число заместителей, обозначенных префиксами (мостиковый заместитель, типа 2,3-*O*-метилен, в этом случае рассматривается как множественный);

7) предпочтение отдается системе с наименьшим набором локантов для префиксов;

8) предпочтение отдается системе с наименьшим локантом для первого префикса.

**Олигосахариды без свободных полуацетальных групп.** Дисахариды, которые могут быть рассмотрены как результат взаимодействия друг с другом двух гликозидных (аномерных) ОН-групп (невосстанавливающие дисахариды), систематически называют как гликозил-гликозиды. Основу (гликозид) выбирают в соответствии с критериями, приведенными выше. Оба аномерных дескриптора как гликозид-основы, так и гликозил-заместителя, должны быть включены в название (схема 2.30).

Олигосахариды, связанные через аномерную гидроксильную группу, можно называть «последовательным» способом как гликозил-(гликозил)<sub>*n*</sub>-гликозиды. Локанты, показывающие порядок связывания моносахаридов, помещаются в круглых скобках между названиями индивидуальных моносахаридных единиц в формате «(локант аномерного атома → локант атома кислорода следующего моносахарида)». Тот же формат используется для короткой записи.

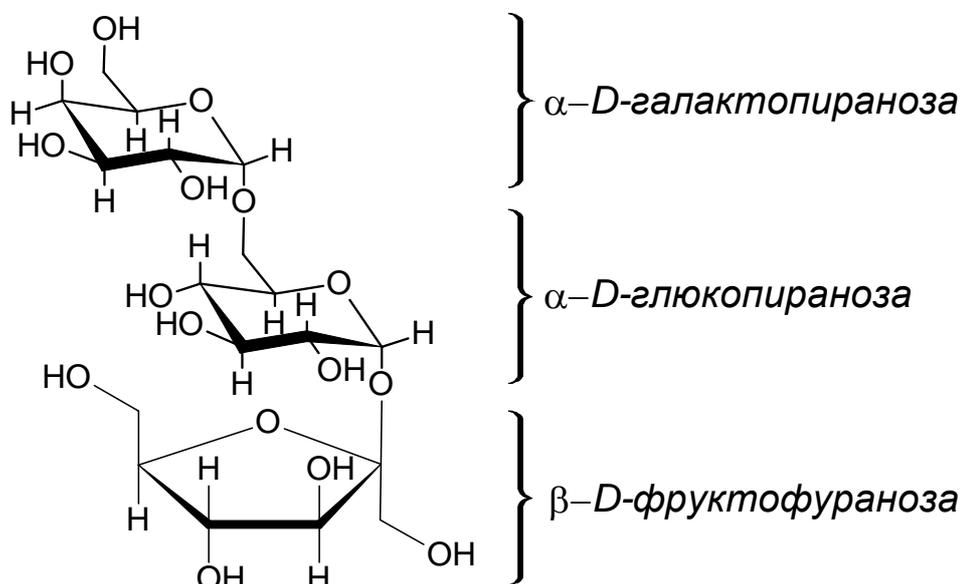


$\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид

$\beta$ -D-Фруктофуранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид, (трив.: сахароза)

Схема 2.30. Примеры формирования названий гликозил-гликозидов

**Трисахариды** могут быть названы так же, как гликозилдисахариды. Выбор названия основы в этом случае осуществляется в соответствии с критериями, приведенными в п. 2.1.15 «Выбор родоначальной структуры» (схема 2.31).



$\beta$ -D-Фруктофуранозил-( $\alpha$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-глюкопиранозид)

(глюкоза предпочтительнее, чем фруктоза в качестве гликозида),  
или (*последовательный метод*):

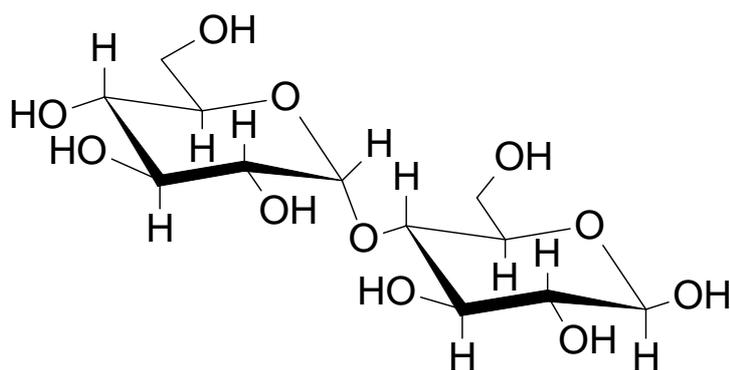
$\alpha$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-фруктофуранозид

[ $\alpha$ -D-Galp-(1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-Glcp-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-Fruf]

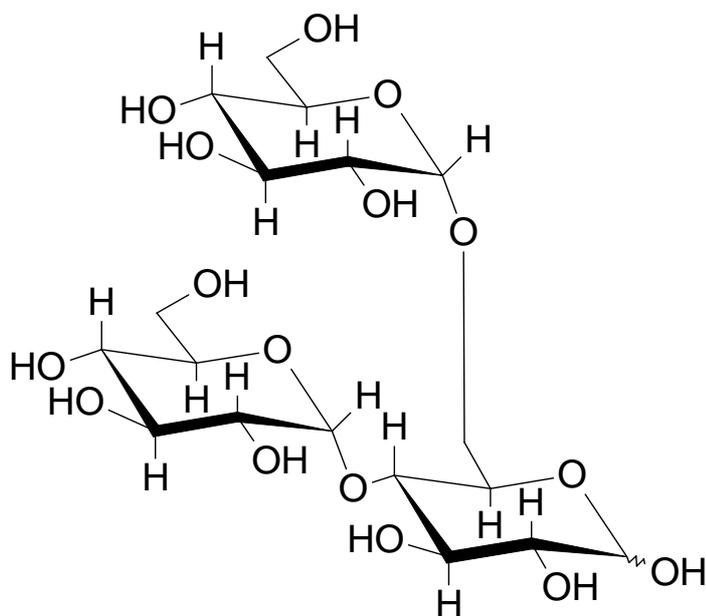
трив.: раффиноза

Схема 2.31. Пример составления названия трисахарида

**Олигосахариды со свободными полуацетальными группами.** Данные соединения называют как гликозил-(гликозил)<sub>n</sub>-гликозы. Локанты, показывающие порядок связывания моносахаридов, помещаются в круглых скобках между названиями индивидуальных моносахаридных единиц (схема 2.32).



$\alpha$ -D-Глюкопиранозил-(1→4)- $\beta$ -D-глюкопираноза или  
4-O- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\beta$ -D-глюкопираноза  
(сокр.:  $\alpha$ -D-Glcp-(1→4)- $\beta$ -D-Glcp);  
трив.:  $\beta$ -мальтоза,  
неправ.:  $\beta$ -D-мальтоза

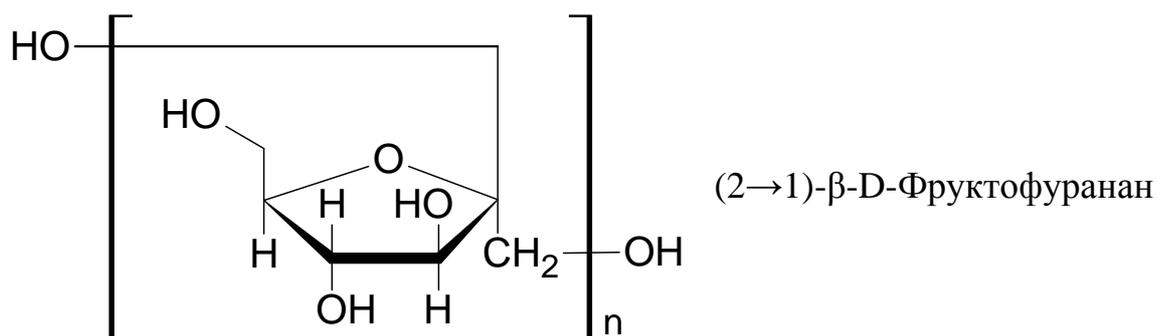


$\alpha$ -D-Глюкопиранозил-(1→4)-[ $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1→6)]-D-глюкопираноза  
или 4,6-ди-O-( $\alpha$ -D-Глюкопиранозил)-D-глюкопираноза

Схема 2.32. Примеры названий ди- и трисахаридов

### 2.1.16. Полисахариды

Названия полисахаридов (гликанов), состоящих из моносахаридных остатков одного типа, получают путем замены окончания «-оза» в названии сахара окончанием «-ан» (например, «ксилан» для полимеров ксилозы, «маннан» для полимеров маннозы и т.д.).



Наряду с систематическими названиями углеводов и их производных в литературе широко используются тривиальные названия, наиболее часто встречающиеся из которых приведены в табл. 2.3.

### *Библиографический список*

*Кочетков Н.К., Бочков А.Ф., Дмитриев Б.А. и др.* Химия углеводов. – М.: Химия, 1966. – 672 с.

*Бочков А.Ф., Афанасьев В.А., Заиков Г.Е.* Углеводы. – М.: Наука, 1980. – 176 с.

*Кочетков Н.К., Торгов И.В., Ботвинник М.М.* Химия природных соединений (углеводы, нуклеотиды, стероиды, белки). – М.: Из-во АН СССР, 1961. – 560 с.

Химия биологически активных природных соединений / под ред. Н.А. Преображенского, Р.П. Евстигнеевой – М.: Химия, 1976. – 456 с.

*Племенков В.В.* Введение в химию природных соединений. – Казань, 2001. – 376 с.

*Степаненко Б.Н.* Химия и биохимия углеводов. Моносахариды. – М.: Высшая шк., 1977. – 224 с.

*Степаненко Б.Н.* Химия и биохимия углеводов. Полисахариды. – М.: Высшая шк., 1978. – 256 с.

*Стоддарт Дж.* Стереохимия углеводов. – М.: Мир, 1975. – 304 с.

Углеводы: метод. указания / сост. Л.А. Павлова, С.В. Яковлев; СПбТИ. – СПб., 1992. – 45 с.

Моносахариды. Химические свойства: метод. указ. к самостоят. работе студентов и контрол. задания / сост. В.Н. Чистоклетов, Л.А. Тамм и др.; ЛТИ ЦБП. – Л., 1988. – 36 с.

*Фенгел Д., Вегенер Г.* Древесина: химия, структура, реакции. – М.: Лесная пром-ть, 1988. – 512 с.

Практикум по химии углеводов / под ред. Ю.А. Жданова. – М.: Высшая шк., 1973. – 204 с.

Preparative Carbohydrate Chemistry / Ed. S. Hanessian. – New York, 1996.

Nomenclature of Carbohydrates (Recommendations 1996). – London, 1996.

*Хлебников А.Ф., Новиков М.С.* Современная номенклатура органических соединений. – СПб.: Проффессионал, 2004. – С. 276–369.



## ПРЕДМЕТНЫЙ

$\beta$ -Абеквопираноза 52  
Агликон 85  
Акарбоза 133  
*альдегидо*-D-Глюкоза пентаацетат 59  
Альтернирующая (зеркально-поворотная) ось симметрии 31  
D-альтро-Гепт-2-улоза 49  
L-альтро-Окто-4,5-диулоза 50  
Амилоза 136  
Амилопектин 136  
3,6-Ангидро-D-глюкопиранозид 89  
2,3-Ангидро-D-маннопиранозид 89  
Аномерия 73, 83, 87  
D-Апиоза 60  
D-Арабиногексафенилозозон 92, 111  
D-*арабино*-Гексоз-3-улоза 51, 93, 111  
Асимметрия 10  
Аскарилоза 52  
Атропоизомерия 33  
2-С-Ацетамидо-2,3,4,6-тетра-*O*-метил- $\alpha$ -D-маннопиранозилфторид 61

1,2-*O*-Бензилиден-D-глюкофураноза 60  
Бис(фенилгидразон)-D-*арабино*-гексоз-2-улозы 56  
(2*R*)-2-Бром-2-дезоксид-2-хлор- $\alpha$ -D-*арабино*-гексопираноза 55  
2-Бром-2-дезоксид-2-хлор- $\alpha$ -D-глюкопираноза 55

3-(D-Галактоз-2-С-ил)циклобутанкарбоксамид 62  
 $\alpha$ -D-Галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-глюкопиранозил- $\beta$ -D-фруктофуранозид 66  
(4-*O*- $\beta$ -D-Галактопиранозил-D-глюкоза 130  
Генетический D-ряд альдоз 70  
Генетический D-ряд 2-кетоз 71  
Генциобиоза 130  
Гиалоплазма 141  
Гидразон D-глюкозы 56  
1-Гидрокси- $\alpha$ -D-аллопиранозил 61  
3-С-Гидроксиметил-D-*глицеро*-тетроза 60  
Гликозиды 85  
Гликопротеины (гликопротеиды) 126  
Глицериновые альдегиды 20

150

## УКАЗАТЕЛЬ

D-*глицеро*-D-*глюко*-Гептоза 42  
D-*глицеро*-L-*галакто*-Гептит 56  
Глициты (глицитолы) 94  
(6*R*)-D-*глюко*-Гексодиальдо-6,2-пираноза 48  
L-*глюко*-Гепт-4-улоза 49  
D-Глюкозил-D-глюкозид 133  
Глюкооксетоза 47  
 $\alpha$ -D-Глюкопираноза (глюкоза) 86  
D-Глюкопираноза-6-фосфат, или 6-*O*-фосфонато-D-глюкопираноза 59  
 $\alpha$ -D-Глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-глюкопираноза 67  
 $\alpha$ -D-Глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-[ $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)]-D-глюкопираноза 67  
4-*O*- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\beta$ -D-глюкопираноза 67  
 $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид 66  
4-*O*- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил-D-глюкоза 127  
4-*O*- $\beta$ -D-Глюкопиранозил-D-глюкоза 129  
6- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил-D-глюкопираноза 131  
6- $\beta$ -D-Глюкопиранозил-D-глюкопираноза 131  
 $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\beta$ -D-фруктофуранозид 132  
(2*S*)-3 $\alpha$ -( $\beta$ -D-Глюкопиранозилокси)-5 $\beta$ -прегнан-20-ол 63  
D-Глюцит 56

2-Дезокси-2-С-фенил- $\alpha$ -D-глюкопираноза 54  
2-Дезокси-2-метиламино-L-глюкопираноза 54  
(2*R*)-2-Дезокси-2-фенил- $\alpha$ -D-*арабино*-гексопираноза 54  
2-Дезокси-2-фенил- $\alpha$ -D-глюкопираноза 54  
3-Дезокси-3-[(1*R*,2*S*)-1,2-дигидрокси-3-оксопропил]-D-*глицеро*-D-альтро-гептопираноза 60  
3-Дезокси-D-*рибо*-гексоно-1,5-лактон 57  
N-(1-Дезокси-D-фруктопираноз-1-ил)-L-аланин 62  
3-Дезокси-D-*эритро*-гексозулоза 104  
1-Дезокси-L-*глицеро*-D-альтро-окт-2-

улоза 53  
2-Дезокси-D-эритро-пентофураноза-5-фосфат 53  
1-Дезокси-L-маннит 56  
6-Дезокси-L-маннопираноза 52  
2-Дезокси- $\alpha$ -D-алло-гептопираноза 53  
6-Дезокси- $\beta$ -D-глюкопираноза 52  
6-Дезокси- $\beta$ -L-галактопираноза 52  
Дезоксидиулозы 105  
Декстрины 138  
4,6-Ди-O-( $\alpha$ -D-глюкопиранозил)-D-глюкопираноза 67  
2,4-Ди-O-ацетил-6-O-бензил-D-глюкопираноза 59  
1,2;5,6-Ди-O-изопропилиден-D-маннит 60  
Диастереомерная чистота 34  
Диастереомеры 14, 69  
Дигитоксопираноза 52  
4,6-Дидезокси-2,3-ди-O-метил-4-формамидо-D-маннопираноза 54  
4,6-Дидезокси-3-C-(L-глицеро-1-гидроксиэтил)-D-рибо-гексоза 60  
3,6-Дидезокси-D-рибо-гексоза 52  
3,6-Дидезокси-L-арабино-гексоза 52  
3,6-Дидезокси-L-ксило-гексоза 52  
3,6-Дидезокси- $\beta$ -D-арабино-гексопираноза 52  
3,6-Дидезокси- $\beta$ -D-ксило-гексопираноза 52  
2,6-Дидезокси- $\beta$ -D-рибо-гексопираноза 52  
1,2;5,6-Диизопропилиденглюкофураноза 88  
1,5;3,6-Дилактон глюкоаровой кислоты 96  
S,S-Диметилдитиоацеталь D-глюкозы 56  
Диссимметрия 10  
5,6-Дитозилат-1,2-O-изопропилиден-3-O-ацетил-D-глюкофураноза 113

Енольная (ендиольная) формы 102, 104

1,2-Изопропилиден-3-ацетил- $\beta$ -L-идофураноза 113  
Инвертный сахар 133  
Йодная реакция 137 сл.

Кальцит 4

Киноварь 8  
Кислоты  
– аскорбиновая 58  
– винные 23, 26, 96  
– гликаровые (сахарные) 96  
– гликоновые (альдоновые) 57, 95, 96  
– гликуроновые (уроновые) 97  
– L-глицеро-D-галакто-гептаровая 58  
– глюкоаровая 58  
– ( $\beta$ -D-глюкопиранозил-2-O-ил)уксусная 62  
– глюкоуоновая 57  
– 3-дезоксигексоновые 104  
– 3-дезокси-2-C-гидроксиметилпентоновые 106  
– изосахариновые 106  
– мальтобионовая 129  
– метасахариновые 104  
– 2-C-метилпентоновые 106  
– молочные 20  
– сахаринные 106  
– 4-(2,3,4,6-тетра-O-ацетил- $\alpha$ -D-альтропиранозил)бензойная 61  
– D-эритро-пент-2-улозоновая 58  
Колитоза 52  
Колли-Толленса формулы 73  
Коллоксилин 143  
Кольчато-цепная таутомерия D-глюкозы 74  
Кольчато-цепная таутомерия D-фруктозы 77  
Конверсионные колебания 79  
Конформации 78 сл.  
Крахмал 136  
Ксантогенаты 143  
L-ксило-Гекс-2-улозоно-1,4-лактон 58

Лактоза 129  
 $\gamma$ -Лактон D-глюконовой кислоты 96  
Левоглюкозан 89  
L-ликсо-Гекс-2-улозоно-1,4-лактон 58  
Лихноза 135

Мальтоза 67, 127  
Маннаны 125  
Матрикс 141  
мезо-D-глицеро-L-идо-Гептит 56  
Мелибиоза 130  
Мерсеризация 142  
Метил-(6R)-D-глюко-гексодиаальдо-6,2-пиранозид 63

Метил- $\alpha$ -D-гулофуранозид 63  
Метил-2,3,4,6-тетра-O-метил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид 86  
Метил-3-дезоксид-*D-трео*-пентонат 57  
9-(5-S-Метил-5-тио- $\beta$ -D-рибофуранозил)аденин 64  
Метил- $\alpha$ -D-глюко-гексодиаальдо-1,5-пиранозид-6,3-фураноза 48  
Метил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид 86  
Метил- $\alpha$ -L-ксило-гексоз-2-уло-2,5-фуранозид 51  
Метил- $\beta$ -D-ксило-гексопиранозид-4-улоза 51  
 $\alpha$ -Метилмальтозид 129  
Методы получения моносахаридов  
– Воля 108  
– Килиани-Фишера 109  
– нитрометановый 109  
– Руффа 108  
– Совдена-Фишера 109  
– циангидринный (оксинитрильный) 109  
Моносахариды  
– восстановление 94  
– окисление 95  
– окислительное расщепление 98  
Мукополисахариды 126  
Мутаротация 72, 78  
  
**Натрий-аммонийтартрат** 12  
Николя призма 5  
  
**Обращение конфигурации D $\rightleftharpoons$ L** 113  
Озоны 91  
Озоны 93  
Озотриазолы 93  
Оксим D-глюкозы 94  
Олигосахариды 39  
Оптическая чистота 34  
Оптические изомеры (антиподы) 8, 14  
Оптический выход 34  
  
**Парациклофаны** 30  
Пента-O-ацетил-альдегидо-D-глюкоза 59  
Переход от  
– альдозы к кетозе 110  
– кетозы к альдозе 112  
Пиран 74  
Пироксилин 143  
Плоскость поляризации 5

152

Полисахариды (полиозы, гликаны) 39  
Полуацетальный (гикозидный) гидроксил 73  
Потапова правило 29  
Правило старшинства 21 сл.  
Префиксы  
– *d* 23  
– *D* 19  
– *l* 23  
– *L* 19  
– *R* 21  
– *S* 21  
– *трео* 26  
– *эритро* 26  
  
**L-Рамнит** 56  
L-Рамнопираноза 52  
6- $\beta$ -D-Рамнопиранозил-D-глюкопираноза 131  
Раффиноза 66  
Рацемическая смесь 8, 16  
Реакции образования  
– ангидридов и ангидросахаров 88  
– гликозиламинов 89  
– простых эфиров 84  
– сложных эфиров (ацилирование) 86  
– тиоацеталей (меркапталей) 90  
– циклических ацеталей и кеталей 87  
Реакции с реагентами  
– HCN 91  
– гидроксиламином 93  
– кислотами 101  
– основаниями 102  
– фенилгидразином 91  
*Se*- $\beta$ -D-Рибопиранозил-D-селеноцистеин, или 3-( $\beta$ -D-рибопиранозилселено)-D-аланин 64  
Рутиноза 130  
Ряд старшинства лигандов 25  
  
**Сахара высшие** 38  
Сахароза 131  
Связи  
– аксиальные 79  
– экваториальные 79  
D-Седогептулоза 49  
Селлаит 4  
Солатриоза 134  
Сорбит 56  
Стереодескрипторы 21  
Стереоспецифичность 15

Таутомерия 72  
Тетра-*O*-ацетил- $\alpha$ -D-маннопиранозил-  
бромид 64  
 $\beta$ -Тивелопираноза 52  
Толленса реактив 132  
Топология атомов 14  
Трегалоza 133  
*L-трео-D-алло*-Октоза 42  
*L-трео-D-глюко*-Ноноз-4-улоза 51  
*L-трео*-Гекс-2-еноно-1,4-лактон 58  
*D-трео*-Гексо-2,4-диулоза 50  
*L-трео*-Тетродиальдоза 48  
 $\alpha$ -Труксилловая кислота 31

Удельное вращение 7

**Фагоцитоз** 126  
Фелинга реактив 98  
*N*-Фенил- $\alpha$ -D-фруктопиранозиламин  
64  
(5*R*)-5-*C*-Фенил-5-*C*-циклогексил-D-  
ксилоза 55  
5-*C*-Фенил-D-глюкоза 55  
Фенилгидразон D-глюкозы 92, 111  
Фенилоззон D-фруктозы 56  
Фентона реактив 109  
Фишера модель 11  
Фруктаны 125  
(2 $\rightarrow$ 1)- $\beta$ -D-Фруктофуранан 68  
 $\beta$ -D-Фруктофуранозил( $\alpha$ -D-галакто-  
пиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)- $\alpha$ -D-глюкопирано-  
зид) 66

$\beta$ -D-Фруктофуранозил- $\alpha$ -D-глюкопи-  
ранозид (сахароза) 66  
 $\alpha$ -L-Фукопираноза 52  
Фуран 74

Хеурса формулы 74  
 $\beta$ -D-Хиновопираноза 52  
Хиральность  
– аксиальная 32  
– асимметрическая (центральная) 10  
– планарная (плоскостная) 30  
– спиральная 31  
Хиральный центр 10

Целлобиоза 129  
Целлотриоза 134  
Целлюлоза 139

Энантиомерная чистота 33  
Энантиомеры 14  
Энантиоморфизм 10  
Энергия конформационная 80  
Эпимерия 92, 112  
*L-эритро-L-глюко*-Нон-5-улоза 49  
Этил(метил- $\alpha$ -D-*арабино*-гекс-2-уло-  
пиранозид)онат 58  
Этил-1-тио- $\beta$ -D-глюкопиранозид 63  
Этил-2,3,5-три-*O*-бензоил- $\alpha$ -D-манно-  
фурануронат 57  
*N*-Этил- $\beta$ -D-глюкопиранозиламин 89