

# Изопреновое звено в природе (каучуки, терпены, стероиды)

Исаев Александр Владимирович

Химия

*10 Б класс, МАОУ СОШ № 146 с углубленным*

*изучением математики, физики, информатики», г. Пермь*

*Научный руководитель: Степанян Юлия Геворковна, МАОУ СОШ № 146 с углубленным изучением математики, физики, информатики», г. Пермь, к.х.н.*

## ВВЕДЕНИЕ

Изопреновое звено – один из наиболее распространенных в природе строительных блоков. Оно встречается не только в каучуках, но и в составе многих соединений, выделенных из растительных и животных объектов. В растительном мире широко распространены вещества (углеводороды) открытой и изоциклической структуры, которые формально могут рассматриваться как димеры (монотерпены), тримеры (сесквитерпены) или полимеры (политерпены) изопрена и их кислородные производные (терпеноиды). Существует много реакций, связывающих взаимопревращениями алифатические, моно и бициклические терпены.

Однако, следует отметить, что эти соединения выделены в одну группу терпенов и терпеноидов по фитохимическому признаку. Большой вклад в развитие химии терпенов и терпеноидов внесли русские ученые: Ф.М. Флавицкий, С.С. Наметкин, Б.А. Арбузов, В.Е. Тищенко, Л.А. Чугаев, Г.А. Рудаков и др. Ф.М. Флавицкому принадлежат классические исследования в области терпенов. Он впервые высказал мысль об изопреноидном строении терпенов, показал тем самым общность терпенов алифатического, моно- и полициклических рядов и осуществил переходы пиненов к камфенам и лимонену, как более устойчивым изомерным формам. К такому же типу реакций с изменением углеродного скелета бициклических терпенов относятся камфеновые перегруппировки<sup>1</sup> первого и второго рода, открытые Е.Е. Вагнером и С.С. Наметкиным.

При всем разнообразии технологий и приемов получают две большие группы органических веществ: водорастворимые (углеводы, аминокислоты, белки, витамины, алкалоиды и др.) и нерастворимые в воде, среди которых эфирные масла, смолы, живица.

*Цель работы:* изучение литературы и составление обзора химического поведения изопренового звена в природе.

*Задачи работы:* изучить литературу по химическому поведению изопренов, изопреноидов, каучуков, стероидов.

*Предмет исследования* – молекулы органических веществ

*Методы исследования:* В качестве основного метода исследования используется описание данных о химических реакциях веществ, а также логических выводов, сделанных на основе знаний человечества о химии.

**Ключевые слова:** изопреновое звено, терпены, терпеноиды, каучуки, стероиды.

## Изопрены. Изопреноиды

Изопренами называются широко распространенные в природе органические соединения, молекулы которых включают различное число изопреновых группировок  $C_5H_8$  и имеют полиизопреновый скелет. Общая формула углеводородов этой группы  $(C_5H_8)_n$ . К ним относятся такие важные соединения, как терпены, каротиноиды, природный каучук и гуттаперча. В группу изопреноидов наряду с углеводородами

(C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>)<sub>n</sub> входят и их разнообразные кислородсодержащие производные: спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты и др.

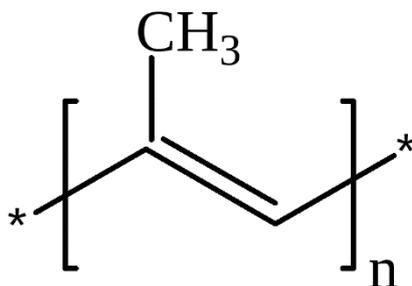


Схема 1. формула полимеров изопрена

Изопреноиды можно рассматривать как продукты полимеризации изопрена и последующих реакций их окисления, дегидрирования, гидрирования, изомеризации, циклизации. По числу изопреновых фрагментов терпены делятся на несколько групп (табл. 1) и могут иметь ациклическое (нециклическое) или алициклическое строение.

Тип терпена	Число изопреновых звеньев	Число атомов углерода
Монотерпены	2	10
Сесквитерпены	3	15
Дитерпены	4	20
Тритерпены	6	30
Тетратерпены	8	40

Таблица 1. Классификация терпенов

Большинство известных терпенов построено из изопреновых фрагментов, которые связаны друг с другом по типу присоединения «голова к хвосту» (изопреновое правило, Ружичка, 1921г. Схема 2,3):

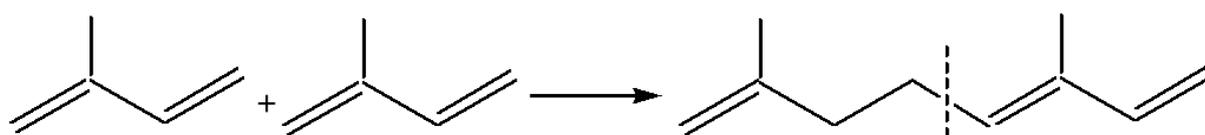


Схема 2. Хвост-голова оцимен

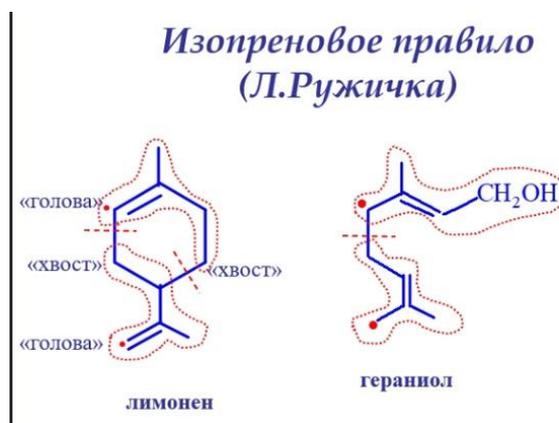


Схема 3. Правило Ружичка

Все терпены разделяют на алифатические и циклические терпены, которые могут содержать в молекуле один, два или три цикла. Алифатические терпены тесно связаны взаимными переходами с циклическими терпенами. В состав эфирных масел в основном входят терпеноиды – альдегиды и спирты.

### Каучуки

Натуральный каучук представляет собой эластичную при низких температурах, пластичную при более высоких температурах массу, которую получают из молочного сока латекса бразильской гевеи (*Hevea brasiliensis*). Первым европейцем, ознакомившимся с каучуком, был Х. Колумб. Подробно свойства каучука описывал французский исследователь Ш. Кондамин в 1735 г. Первое практическое использование каучука нашел К. Макинтош (1823 г.) – при пропитывании ткани раствором каучука он получил водонепроницаемый материал. Наибольшее значение имело открытие Ч. Гудьира (1839 г.). Он обнаружил, что при обработке каучука серой или серусодержащими соединениями получается материал с отличными механическими свойствами – резина. Этот процесс был назван вулканизацией.

В 1826 г. М. Фарадей установил, что каучук состоит только из углерода и водорода, а Г. Вильямс в 1860 г. при сухой перегонке каучука получил изопрен. Строение каучука окончательно установил немецкий химик Г. Штаудингер (1924 г.). Оказалось, что каучук является полимером изопрена:

Натуральный каучук состоит из смеси молекул цис-полиизопрена. В природе встречается также транс-полиизопрен, называемый гуттаперчей, который имеет худшие механические свойства.

Уже начиная с 1878 г. изучалась полимеризация алкадиенов-1,3 с целью получения синтетического каучука. До 1916 г. были разработаны различные способы полимеризации в присутствии как Na или K, так и свободных радикалов для неразбавленных алкадиенов-1,3 и для водных эмульсий. В 1916 г. в Германии был впервые разработан промышленный метод получения синтетического каучука полимеризацией 2,3-диметилбутадиена.

Первый промышленный метод производства бутадиенового каучука был разработан советским химиком С.В. Лебедевым в 1927 г. Бутадиен он получал из этилового спирта, а полимеризация велась в присутствии Na. В 1931 г. была выпущена экспериментальная партия, а в 1932 г. началось промышленное производство.

Впервые стереорегулярную полимеризацию изопрена в присутствии лития наблюдал советский химик А. Коротков, при использовании комплексных катализаторов Циглера – Натта<sup>2</sup> было разработано промышленное производство стереорегулярного полиизопрена. В СССР промышленная партия этого каучука была выпущена в 1963 г. (каучук СКИ-3). В 1956 г. под руководством советского химика В. Долгоплюска была разработана методика стереорегулярной полимеризации бутадиена и получения цис-бутадиенового каучука (дивинилкаучук, СКД) [1].

### Стероиды

Стероиды — природные биологически активные соединения, основу структуры которых составляет углеводород стеран. Как и терпены, стероиды относятся к изопреноидам и связаны с ними общими путями биосинтеза.

В процессе синтеза стероидов звенья изопрена соединяются вместе для получения сквалена, а затем сворачиваются и формируются в виде набора колец для получения ланостерина. Затем ланостерин может быть преобразован в другие стероиды, такие как холестерин и эргостерин [2,3].

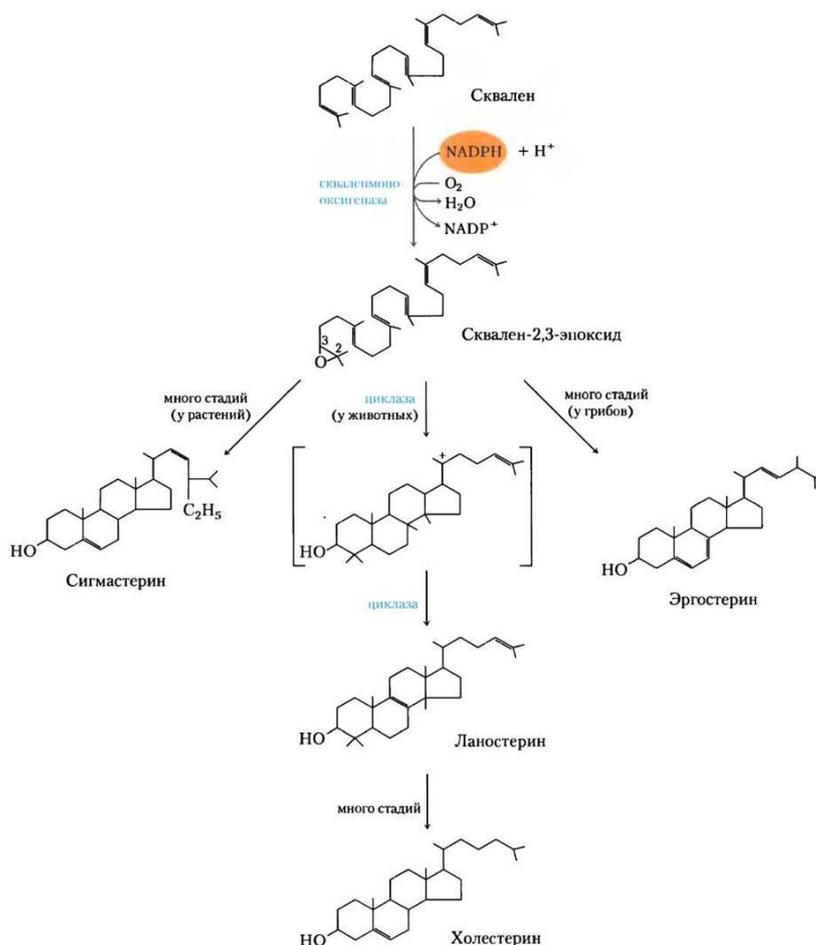


Схема 4. Синтез стероидов на примере холестерина

### Вывод

Изопрен является очень важным материалом для создания различных органических соединений, которые мы встречаем в повседневности, и из которых состоят все живые организмы.

### Сноски

1. **КАМФЕНОВЫЕ ПЕРЕГРУППИРОВКИ**, приводят к перестройке углеродного скелета соединения терпенового ряда в условиях нуклеофильного замещения, присоединения или элиминирования.

2. **Комплексные катализаторы Циглера–Натта** — это системы, представляющие собой комплексы соединений переходных металлов ( $TiCl_4$ ,  $TiCl_3$ ,  $(C_5H_5)_2TiCl_2$  и др.) с алкильными производными и другими соединениями металлов I–III групп.

### Список использованных источников:

1. Studfiles - файловый архив студентов: [сайт]. – URL: <http://studfile.net/preview/1725344/page:6/> (дата обращения: 10.06.2025)
2. Studfiles - файловый архив студентов: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/1725344/page:5/#14> (дата обращения: 10.06.2025)
3. Камфеновые перегруппировки - ХиМиК: [сайт]. – URL: <https://xumuk.ru/encyklopedia/1842.html> (дата обращения: 10.06.2025)