**Гибридизация орбиталей** — [гипотетический](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0) процесс смешения разных (s, p, d, f) [орбиталей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C" \o "Атомная орбиталь) центрального [атома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC" \o "Атом)многоатомной молекулы с возникновением одинаковых орбиталей, эквивалентных по своим характеристикам.



**Содержание**

* [1Концепция гибридизации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8)
* [2Виды гибридизации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%92%D0%B8%D0%B4%D1%8B_%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8)
  + [2.1sp-гибридизация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#sp-%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)
  + [2.2sp2-гибридизация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#sp2-%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)
  + [2.3sp3-гибридизация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#sp3-%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)
* [3Гибридизация и геометрия молекул](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B8_%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB)
* [4Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [5Литература](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)
* [6Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)

Концепция гибридизации

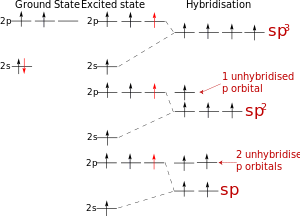
[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hybridisation.svg?uselang=ru)

Схема гибридизации атомных орбиталей атома углерода

**Концепция гибридизации валентных атомных орбиталей** была предложена американским химиком [Лайнусом Полингом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%83%D1%81_%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3" \o "Лайнус Полинг) для ответа на вопрос, почему при наличии у центрального атома разных (s, p, d) валентных орбиталей, образованные им связи в многоатомных молекулах с одинаковыми [лигандами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B4" \o "Лиганд)оказываются эквивалентными по своим энергетическим и пространственным характеристикам.

Представления о гибридизации занимают центральное место в [методе валентных связей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B5%D0%B9). Сама гибридизация не является реальным физическим процессом, а только удобной моделью, позволяющей объяснить электронное строение молекул, в частности гипотетические видоизменения атомных орбиталей при образовании [ковалентной химической связи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C), в частности, выравнивание [длин химических связей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8) и валентных углов в молекуле.

Концепция гибридизации с успехом была применена для качественного описания простых молекул, но позднее была расширена и для более сложных. В отличие от [теории молекулярных орбиталей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9) не является строго количественной, например, она не в состоянии предсказать фотоэлектронные спектры даже таких простых молекул, как [вода](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0). В настоящее время используется в основном в [методических целях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0) и в синтетической [органической химии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F).

В [1954 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1954_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) Нобелевский комитет удостоил [Л.Полинга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3,_%D0%9B%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%83%D1%81" \o "Полинг, Лайнус) премии по химии «За изучение природы химической связи и его применение к объяснению строения сложных молекул». Но сам Л.Полинг не был удовлетворён введением σ,π — описания для двойной и [тройной связи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C) и сопряжённых систем.

В 1958 году на симпозиуме, посвящённом памяти [Кекуле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B5,_%D0%A4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D1%85_%D0%90%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82" \o "Кекуле, Фридрих Август), Л. Полинг развил [теорию изогнутой химической связи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B9_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8), учитывающую кулоновское отталкивание электронов. По этой теории [двойная связь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C_(%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F)) описывалась как комбинация двух изогнутых химических связей, а тройная связь как комбинация трёх изогнутых химических связей.[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#cite_note-toh-1)

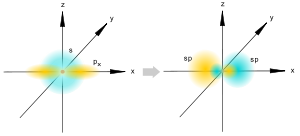
Этот принцип нашёл отражение в [теории отталкивания электронных пар](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%82%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D0%B0%D1%80) Гиллеспи — Найхолма, первое и наиболее важное правило которое формулировалось следующим образом:

*«*[*Электронные пары*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0)*принимают такое расположение на валентной оболочке атома, при котором они максимально удалены друг от друга, т.е электронные пары ведут себя так, как если бы они взаимно отталкивались»*[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#cite_note-Gillespi-2)*.*

Второе правило состояло в том, что *«все электронные пары, входящие в валентную электронную оболочку, считаются расположенными на одинаковом расстоянии от ядра»*.[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#cite_note-Gillespi-2)

Виды гибридизации

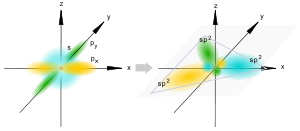
**sp-гибридизация**

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hybrydyzacja_sp.svg?uselang=ru)

sp-гибридизация

Происходит при смешивании одной s- и одной p-орбиталей. Образуются две равноценные sp-атомные орбитали, расположенные линейно под углом 180 градусов и направленные в разные стороны от ядра центрального атома. Две оставшиеся негибридные p-орбитали располагаются во взаимно перпендикулярных плоскостях и участвуют в образовании π-связей, либо занимаются неподелёнными парами электронов.

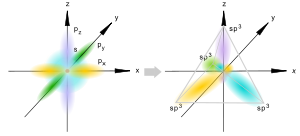
**sp2-гибридизация**

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hybrydyzacja_sp2.svg?uselang=ru)

sp2-гибридизация

Происходит при смешивании одной s- и двух p-орбиталей. Образуются три гибридные орбитали с осями, расположенными в одной [плоскости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_(%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F)) и направленными к вершинам треугольника под углом 120 градусов. Негибридная p-атомная орбиталь перпендикулярна плоскости и, как правило, участвует в образовании π-связей

**sp3-гибридизация**

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hybrydyzacja_sp3.svg?uselang=ru)

sp3-гибридизация

Происходит при смешивании одной s- и трех p-орбиталей, образуя четыре равноценные по форме и энергии sp3-гибридные орбитали.

Оси sp3-гибридных орбиталей направлены к вершинам [тетраэдра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%8D%D0%B4%D1%80), тогда как ядро центрального атома расположено в центре описанной сферы этого тетраэдра. Угол между любыми двумя осями приближённо равен 109°28'[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#cite_note-3), что соответствует наименьшей энергии отталкивания электронов. Также sp3-орбитали могут образовывать четыре σ-связи с другими атомами или заполняться неподеленными парами электронов. Такое состояние характерно для атомов углерода в насыщенных углеводородах и соответственно в алкильных радикалах и их производных.

Гибридизация и геометрия молекул

Представление о гибридизации атомных орбиталей лежит в основе [теории отталкивания электронных пар Гиллеспи-Найхолма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%82%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%BF%D0%B0%D1%80). Каждому типу гибридизации соответствует строго определённая пространственная ориентация гибридных орбиталей центрального атома, что позволяет её использовать как основу стереохимических представлений в неорганической химии.

В таблице приведены примеры соответствия наиболее распространённых типов гибридизации и геометрической структуры молекул в предположении, что все гибридные орбитали участвуют в образовании химических связей (отсутствуют неподелённые электронные пары)[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%80%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B9#cite_note-4).

| **Тип гибридизации** | **Число  гибридных орбиталей** | **Геометрия** | **Структура** | **Примеры** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **sp** | 2 | Линейная | [AX2E0-2D.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AX2E0-2D.png?uselang=ru) | BeF2, CO2, NO2+ |
| **sp2** | 3 | Треугольная | [AX3E0-side-2D.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AX3E0-side-2D.png?uselang=ru) | BF3, NO3-, CO32- |
| **sp3**, **d3s** | 4 | Тетраэдрическая | [AX4E0-2D.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AX4E0-2D.png?uselang=ru) | CH4, ClO4-, SO42-, NH4+ |
| **dsp2** | 4 | Плоскоквадратная | [Square planar molecular geometry.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Square_planar_molecular_geometry.png?uselang=ru) | [Ni(CN)4,](2-) [PdCl4]2- |
| **sp3d** | 5 | тригонально-бипирамидальная | [AX5E0-2D.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AX5E0-2D.png?uselang=ru) | PCl5, AsF5 |
| **sp3d2**, **d2sp3** | 6 | Октаэдрическая | [AX6E0-2D.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AX6E0-2D.png?uselang=ru) | SF6, Fe(CN)63-, CoF63- |