Водород

[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=0) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=0)]

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **1** | **Водород** → [Гелий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B9) | | **H** ↓ [Li](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) | Периодическая система элементов  **1H**  [Hexagonal.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hexagonal.svg?uselang=ru)  [Electron shell 001 Hydrogen.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electron_shell_001_Hydrogen.svg?uselang=ru) | | |
| **Внешний вид простого вещества** | |
| [Водород в разрядной трубке](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrogen_discharge_tube.jpg?uselang=ru) Газ без цвета, запаха и вкуса | |
| **Свойства атома** | |
| [**Имя**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%84%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2)**,**[**символ**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D0%BE_%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%BC)**,**[**номер**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D0%BE_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC) | Водород / Hydrogenium (H), 1 |
| [**Атомная масса**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0) **(**[**молярная масса**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0)**)** | 1,00794 [а. е. м.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D1%8B) ([г](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC)/[моль](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8C)) |
| [**Электронная конфигурация**](http://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%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B8%D0%B3%D1%83%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) | 1s1 |
| [**Радиус атома**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%83%D1%81_%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0) | 53 [пм](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) |
| **Химические свойства** | |
| [**Ковалентный радиус**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%83%D1%81) | 32 [пм](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) |
| [**Радиус иона**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D1%83%D1%81) | 54 (−1 e) [пм](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) |
| [**Электроотрицательность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) | 2,20[[1]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-1) (шкала Полинга) |
| [**Степени окисления**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%8C_%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) | 1,0, −1 |
| [**Энергия ионизации**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8) **(первый электрон)** | 1311,3 (13,595) [кДж](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%83%D0%BB%D1%8C)/[моль](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8C) ([эВ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82)) |
| **Термодинамические свойства простого вещества** | |
| [**Плотность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)**(при**[**н. у.**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%8F#.D0.A5.D0.B8.D0.BC.D0.B8.D1.8F)**)** | 0,0000899 (при 273 [K](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B8%D0%BD) (0 °C)) г/см³ |
| [**Температура плавления**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) | 14,01 [K](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B8%D0%BD) |
| [**Температура кипения**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) | 20,28 [K](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B8%D0%BD) |
| [**Теплота плавления**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) | 0,117 кДж/моль |
| [**Теплота испарения**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) | 0,904 кДж/моль |
| [**Молярная теплоёмкость**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%91%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) | 28,47[[2]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-.D0.A5.D0.AD-2) Дж/(K·моль) |
| [**Молярный объём**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D1%91%D0%BC) | 14,1 [см](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80)³/[моль](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D1%8C) |
| **Кристаллическая решётка простого вещества** | |
| [**Структура решётки**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%80%D0%B5%D1%88%D1%91%D1%82%D0%BE%D0%BA) | гексагональная |
| [**Параметры решётки**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D1%88%D1%91%D1%82%D0%BA%D0%B8) | a=3,780 c=6,167 [Å](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC) |
| **Отношение c/a** | 1,631 |
| [**Температура Дебая**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%94%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D1%8F) | 110 [K](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B8%D0%BD) |
| **Прочие характеристики** | |
| [**Теплопроводность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) | (300 K) 0,1815 Вт/(м·К) |

|  |  |
| --- | --- |
| **1** | **Водород** |
| **H**  **1,0079** | |
| **1s1** | |

**Водоро́д** — первый [элемент](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82) [периодической системы элементов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2); обозначается [символом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%B8) **H**. Название представляет собой [кальку](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%B0_(%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) с латинского: [лат.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Hydrogenium* (от[др.-греч.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) ὕδωρ — «вода» и γεννάω — «рождаю») — «порождающий воду». Широко распространён в [природе](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0). [Катион](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BE%D0%BD) (и ядро) самого распространённого изотопа водорода 1H — [протон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD).

Три [изотопа](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF) водорода имеют собственные названия: 1H — [протий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B9) (Н), 2H — [дейтерий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9) (D) и 3H — [тритий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) ([радиоактивен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)) (T).

[Простое вещество](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0) водород — H2 — лёгкий [бесцветный](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82) [газ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7). В смеси с [воздухом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) или [кислородом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) [горюч](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [взрывоопасен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C). [Нетоксичен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[[2]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-.D0.A5.D0.AD-2). [Растворим](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) в [этаноле](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB) и ряде[металлов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB): [железе](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE), [никеле](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [палладии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B9_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)), [титане](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)), [платине](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0).

**Содержание**

  [[убрать](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4)]

* [1 История](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.98.D1.81.D1.82.D0.BE.D1.80.D0.B8.D1.8F)
* [2 Происхождение названия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9F.D1.80.D0.BE.D0.B8.D1.81.D1.85.D0.BE.D0.B6.D0.B4.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5_.D0.BD.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F)
* [3 Распространённость](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A0.D0.B0.D1.81.D0.BF.D1.80.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.80.D0.B0.D0.BD.D1.91.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C)
  + [3.1 Во Вселенной](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.92.D0.BE_.D0.92.D1.81.D0.B5.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D0.B9)
  + [3.2 Земная кора и живые организмы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.97.D0.B5.D0.BC.D0.BD.D0.B0.D1.8F_.D0.BA.D0.BE.D1.80.D0.B0_.D0.B8_.D0.B6.D0.B8.D0.B2.D1.8B.D0.B5_.D0.BE.D1.80.D0.B3.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D0.B7.D0.BC.D1.8B)
* [4 Получение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9F.D0.BE.D0.BB.D1.83.D1.87.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5)
  + [4.1 В промышленности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.92_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.BC.D1.8B.D1.88.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B8)
  + [4.2 В лаборатории](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.92_.D0.BB.D0.B0.D0.B1.D0.BE.D1.80.D0.B0.D1.82.D0.BE.D1.80.D0.B8.D0.B8)
* [5 Физические свойства](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A4.D0.B8.D0.B7.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.B2.D0.BE.D0.B9.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B0)
* [6 Изотопы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.98.D0.B7.D0.BE.D1.82.D0.BE.D0.BF.D1.8B)
* [7 Свойства изотопов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A1.D0.B2.D0.BE.D0.B9.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B0_.D0.B8.D0.B7.D0.BE.D1.82.D0.BE.D0.BF.D0.BE.D0.B2)
* [8 Химические свойства](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A5.D0.B8.D0.BC.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.B2.D0.BE.D0.B9.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B0)
  + [8.1 Взаимодействие со щелочными и щёлочноземельными металлами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.92.D0.B7.D0.B0.D0.B8.D0.BC.D0.BE.D0.B4.D0.B5.D0.B9.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B8.D0.B5_.D1.81.D0.BE_.D1.89.D0.B5.D0.BB.D0.BE.D1.87.D0.BD.D1.8B.D0.BC.D0.B8_.D0.B8_.D1.89.D1.91.D0.BB.D0.BE.D1.87.D0.BD.D0.BE.D0.B7.D0.B5.D0.BC.D0.B5.D0.BB.D1.8C.D0.BD.D1.8B.D0.BC.D0.B8_.D0.BC.D0.B5.D1.82.D0.B0.D0.BB.D0.BB.D0.B0.D0.BC.D0.B8)
  + [8.2 Взаимодействие с оксидами металлов (как правило, d-элементов)](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.92.D0.B7.D0.B0.D0.B8.D0.BC.D0.BE.D0.B4.D0.B5.D0.B9.D1.81.D1.82.D0.B2.D0.B8.D0.B5_.D1.81_.D0.BE.D0.BA.D1.81.D0.B8.D0.B4.D0.B0.D0.BC.D0.B8_.D0.BC.D0.B5.D1.82.D0.B0.D0.BB.D0.BB.D0.BE.D0.B2_.28.D0.BA.D0.B0.D0.BA_.D0.BF.D1.80.D0.B0.D0.B2.D0.B8.D0.BB.D0.BE.2C_d-.D1.8D.D0.BB.D0.B5.D0.BC.D0.B5.D0.BD.D1.82.D0.BE.D0.B2.29)
  + [8.3 Гидрирование органических соединений](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.93.D0.B8.D0.B4.D1.80.D0.B8.D1.80.D0.BE.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D0.B5_.D0.BE.D1.80.D0.B3.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B8.D1.85_.D1.81.D0.BE.D0.B5.D0.B4.D0.B8.D0.BD.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B9)
* [9 Геохимия водорода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.93.D0.B5.D0.BE.D1.85.D0.B8.D0.BC.D0.B8.D1.8F_.D0.B2.D0.BE.D0.B4.D0.BE.D1.80.D0.BE.D0.B4.D0.B0)
* [10 Меры предосторожности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9C.D0.B5.D1.80.D1.8B_.D0.BF.D1.80.D0.B5.D0.B4.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.BE.D1.80.D0.BE.D0.B6.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B8)
* [11 Экономика](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.AD.D0.BA.D0.BE.D0.BD.D0.BE.D0.BC.D0.B8.D0.BA.D0.B0)
* [12 Применение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9F.D1.80.D0.B8.D0.BC.D0.B5.D0.BD.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5)
  + [12.1 Химическая промышленность](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A5.D0.B8.D0.BC.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B0.D1.8F_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.BC.D1.8B.D1.88.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C)
  + [12.2 Пищевая промышленность](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9F.D0.B8.D1.89.D0.B5.D0.B2.D0.B0.D1.8F_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.BC.D1.8B.D1.88.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C)
  + [12.3 Авиационная промышленность](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.90.D0.B2.D0.B8.D0.B0.D1.86.D0.B8.D0.BE.D0.BD.D0.BD.D0.B0.D1.8F_.D0.BF.D1.80.D0.BE.D0.BC.D1.8B.D1.88.D0.BB.D0.B5.D0.BD.D0.BD.D0.BE.D1.81.D1.82.D1.8C)
  + [12.4 Метеорология](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9C.D0.B5.D1.82.D0.B5.D0.BE.D1.80.D0.BE.D0.BB.D0.BE.D0.B3.D0.B8.D1.8F)
  + [12.5 Топливо](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A2.D0.BE.D0.BF.D0.BB.D0.B8.D0.B2.D0.BE)
* [13 Интересные факты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.98.D0.BD.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B5.D1.81.D0.BD.D1.8B.D0.B5_.D1.84.D0.B0.D0.BA.D1.82.D1.8B)
* [14 См. также](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A1.D0.BC._.D1.82.D0.B0.D0.BA.D0.B6.D0.B5)
* [15 Примечания](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9F.D1.80.D0.B8.D0.BC.D0.B5.D1.87.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F)
* [16 Литература](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.9B.D0.B8.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B0.D1.82.D1.83.D1.80.D0.B0)
* [17 Ссылки](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#.D0.A1.D1.81.D1.8B.D0.BB.D0.BA.D0.B8)

История[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=1) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=1)]

Выделение горючего газа при взаимодействии кислот и металлов наблюдали в [XVI](http://ru.wikipedia.org/wiki/XVI) и [XVII веках](http://ru.wikipedia.org/wiki/XVII_%D0%B2%D0%B5%D0%BA) на заре становления химии как науки. Прямо указывал на выделение его и [Михаил Васильевич Ломоносов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2,_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B8%D0%BB_%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87), но уже определённо сознавая, что это не [флогистон](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BD). Английский физик и химик [Генри Кавендиш](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D1%88,_%D0%93%D0%B5%D0%BD%D1%80%D0%B8) в [1766 году](http://ru.wikipedia.org/wiki/1766_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) исследовал этот газ и назвал его «горючим воздухом». При сжигании «горючий воздух» давал воду, но приверженность Кавендиша теории [флогистона](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BD) помешала ему сделать правильные выводы. Французский химик [Антуан Лавуазье](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D1%83%D0%B0%D0%B7%D1%8C%D0%B5,_%D0%90%D0%BD%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BD_%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD) совместно с инженером [Ж. Менье](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%91%D0%BD%D1%8C%D0%B5_%D0%B4%D0%B5_%D0%BB%D0%B0_%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81,_%D0%96%D0%B0%D0%BD_%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82), используя специальные газометры, в [1783 г.](http://ru.wikipedia.org/wiki/1783) осуществил синтез воды, а затем и её анализ, разложив водяной пар раскалённым железом. Таким образом он установил, что «горючий воздух» входит в состав воды и может быть из неё получен.

Происхождение названия[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=2) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=2)]

[Лавуазье](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D1%83%D0%B0%D0%B7%D1%8C%D0%B5) дал водороду название hydrogène (от [др.-греч.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) ὕδωρ — вода и γεννάω — рождаю) — «рождающий воду». Русское наименование «водород» предложил химик [М. Ф. Соловьев](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D1%91%D0%B2,_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B8%D0%BB_%D0%A4%D1%91%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87&action=edit&redlink=1) в [1824 году](http://ru.wikipedia.org/wiki/1824_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) — по аналогии с «[кислородом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4#.D0.9F.D1.80.D0.BE.D0.B8.D1.81.D1.85.D0.BE.D0.B6.D0.B4.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D0.B5_.D0.BD.D0.B0.D0.B7.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F)» [М. В. Ломоносова](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B2,_%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B8%D0%BB_%D0%92%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87) .

Распространённость[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=3) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=3)]

**Во Вселенной**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=4) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=4)]

Водород — самый распространённый элемент во [Вселенной](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F)[[3]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-autogenerated1-3). На его долю приходится около 88,6 % всех атомов (около 11,3 % составляют атомы [гелия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B9), доля всех остальных вместе взятых элементов — порядка 0,1 %)[[4]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-greenwood-4). Таким образом, водород — основная составная часть [звёзд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B0) и [межзвёздного газа](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B7%D0%B2%D1%91%D0%B7%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7). В условиях звёздных температур (например, температура поверхности [Солнца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5) ~ 6000 °C) водород существует в виде [плазмы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0), в межзвёздном пространстве этот элемент существует в виде отдельных [молекул](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B0), [атомов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC) и [ионов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD) и может образовывать молекулярные облака, значительно различающиеся по размерам, плотности и температуре.

**Земная кора и живые организмы**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=5) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=5)]

Массовая доля водорода в земной коре составляет 1 % — это десятый по распространённости элемент. Однако его роль в природе определяется не массой, а числом атомов, доля которых среди остальных элементов составляет 17 % (второе место после [кислорода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4), доля атомов которого равна ~ 52 %). Поэтому значение водорода в химических процессах, происходящих на [Земле](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%8F), почти так же велико, как и кислорода. В отличие от кислорода, существующего на Земле и в связанном, и в свободном состояниях, практически весь водород на Земле находится в виде соединений; лишь в очень незначительном количестве водород в виде простого вещества содержится в атмосфере (0,00005 % по объёму для сухого воздуха[[5]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-Gribbin-5)[[6]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-noaa1-6)).

Водород входит в состав практически всех органических веществ и присутствует во всех живых клетках. В живых клетках по числу атомов на водород приходится почти 63 %.[[7]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-7)

Получение[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=6) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=6)]

*Основная статья:*[***Производство водорода***](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0)

*См. также:*[*Биотехнологическое получение водорода*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0)

**В промышленности**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=7) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=7)]

* [Конверсия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F_%D0%B2_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8) с водяным паром при 1000 °C:

\mathsf{CH_4 + H_2O \ \rightleftarrows{}\ CO + 3H_2}

* Пропускание паров воды над раскалённым [коксом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%81) при температуре около 1000 °C:

\mathsf{H_2O + C \ \rightleftarrows{}\ CO \uparrow + H_2 \uparrow}

* [Электролиз](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7) [водных](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0) растворов солей:

\mathsf{2NaCl + 2H_2O \ \xrightarrow{}\ 2NaOH + Cl_2 \uparrow + H_2 \uparrow}

* [Каталитическое](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7) окисление кислородом:

\mathsf{2CH_4 + O_2 \rightleftarrows{}\ 2CO + 4H_2}

* [Крекинг](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B3) и [риформинг](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B3" \o "Риформинг) углеводородов в процессе переработки нефти.

**В лаборатории**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=8) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=8)]

* Действие разбавленных кислот на [металлы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B). Для проведения такой реакции чаще всего используют [цинк](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BD%D0%BA) и разбавленную [серную кислоту](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0):

\mathsf{Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow}

* Взаимодействие [кальция](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D0%B9) с [водой](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0):

\mathsf{Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow}

* [Гидролиз](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7) [гидридов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4):

\mathsf{NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow}

* Действие щелочей на [цинк](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D0%BD%D0%BA) или [алюминий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B9):

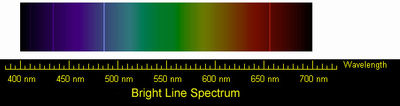
\mathsf{2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow}

\mathsf{Zn + 2KOH + 2H_2O \rightarrow K_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow}

* С помощью [электролиза](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7). При электролизе водных растворов [щелочей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A9%D1%91%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%B8) или [кислот](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0) на [катоде](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B4) происходит выделение водорода, например:

\mathsf{2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O + H_2\uparrow}

Физические свойства[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=9) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=9)]

[](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NASA_Hydrogen_spectrum.jpg?uselang=ru)

[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:NASA_Hydrogen_spectrum.jpg)

Спектр излучения водорода

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/60/Emission_spectrum-H.svg/400px-Emission_spectrum-H.svg.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emission_spectrum-H.svg?uselang=ru)

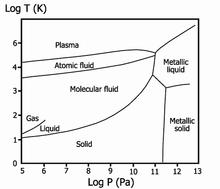
[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Emission_spectrum-H.svg)

[Эмиссионный спектр](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80) водорода

Водород — самый лёгкий [газ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7), он легче воздуха в 14,5 раз. Очевидно, что чем меньше масса молекул, тем выше их скорость при одной и той же температуре. Как самые лёгкие, молекулы водорода движутся быстрее молекул любого другого газа и тем самым быстрее могут передавать теплоту от одного тела к другому. Отсюда следует, что водород обладает самой высокой теплопроводностью среди газообразных веществ. Его теплопроводность примерно в семь раз выше теплопроводности воздуха.

Молекула водорода двухатомна — Н2. При нормальных условиях — это газ без цвета, запаха и вкуса. Плотность 0,08987 г/л (н. у.), температура кипения −252,76 °C, удельная теплота сгорания 120,9·106 Дж/кг, малорастворим в воде — 18,8 мл/л.

Водород хорошо растворим во многих металлах ([Ni](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C" \o "Никель), [Pt](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0" \o "Платина), [Pd](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B9" \o "Палладий) и др.), особенно в палладии (850 объёмов H2 на 1 объём Pd). С растворимостью водорода в металлах связана его способность диффундировать через них; диффузия через углеродистый сплав (например, сталь) иногда сопровождается разрушением сплава вследствие взаимодействия водорода с углеродом (так называемая декарбонизация). Практически не растворим в [серебре](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D1%80%D0%BE).

[](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase_diagram_of_hydrogen.png?uselang=ru)

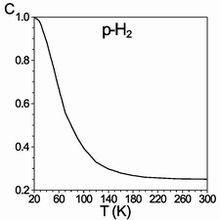
[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Phase_diagram_of_hydrogen.png)

[Фазовая диаграмма](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0) водорода

[Жидкий водород](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) существует в очень узком интервале температур от −252,76 до −259,2 °C. Это бесцветная жидкость, очень лёгкая (плотность при −253 °C 0,0708 г/см³) и текучая (вязкость при −253 °C 13,8 [с](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B8_%D0%A1%D0%98" \o "Приставки СИ)[П](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%83%D0%B0%D0%B7)). Критические параметры водорода очень низкие: температура −240,2 °C и давление 12,8 атм. Этим объясняются трудности при ожижении водорода. В жидком состоянии равновесный водород состоит из 99,79 % пара-Н2, 0,21 % орто-Н2.

[Твёрдый водород](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4), температура плавления −259,2 °C, плотность 0,0807 г/см³ (при −262 °C) — снегоподобная масса, кристаллы гексагональной [сингонии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F), [пространственная группа](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D0%B0)P6/mmc, [параметры ячейки](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8F%D1%87%D0%B5%D0%B9%D0%BA%D0%B0) *a* = 0,378 нм и *c* = 0,6167 нм. При высоком давлении водород переходит в [металлическое состояние](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB).

Молекулярный водород существует в двух спиновых формах (модификациях) — в виде *[орто-](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D1%82%D0%BE-,_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0-,_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0-_(%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F)" \o "Орто-, мета-, пара- (химия))* и *пара*водорода. В молекуле ортоводорода *o*-H2 (т. пл. −259,10 °C, т. кип. −252,56 °C) ядерные [спины](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D0%BD) направлены одинаково (параллельны), а у параводорода *p*-H2 (т. пл. −259,32 °C, т. кип. −252,89 °C) — противоположно друг другу (антипараллельны). Равновесная смесь *o*-H2 и *p*-H2 при заданной температуре называется *равновесный водород* *e*-H2.

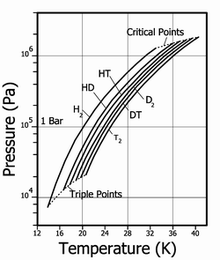
[](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Concentration_p-H2.png?uselang=ru)

[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Concentration_p-H2.png)

Равновесная мольная концентрация пара-водорода

Разделить модификации водорода можно [адсорбцией](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%86%D0%B8%D1%8F) на активном угле при температуре жидкого азота. При очень низких температурах равновесие между ортоводородом и параводородом почти нацело сдвинуто в сторону последнего. При 80 К соотношение форм приблизительно 1:1. Десорбированный параводород при нагревании превращается в ортоводород вплоть до образования равновесной при комнатной температуре смеси (орто-пара: 75:25). Без катализатора превращение происходит медленно (в условиях межзвёздной среды — с характерными временами вплоть до космологических), что даёт возможность изучить свойства отдельных модификаций.

Изотопы[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=10) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=10)]

[](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vapor_Pressure_of_Hydrogen_Isotopes.png?uselang=ru)

[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Vapor_Pressure_of_Hydrogen_Isotopes.png)

Давление пара для различных изотопов водорода

Водород встречается в виде трёх [изотопов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF), которые имеют индивидуальные названия: 1H — [протий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B9) (Н), 2Н — [дейтерий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9) (D), 3Н — [тритий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9) (T; радиоактивный).

[Протий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B9) и [дейтерий](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9) являются стабильными [изотопами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF) с [массовыми числами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) 1 и 2. Содержание их в природе соответственно составляет 99,9885 ± 0,0070 % и 0,0115 ± 0,0070 %[[8]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-Nubase2003-8). Это соотношение может незначительно меняться в зависимости от источника и способа получения водорода.

Изотоп водорода 3Н (тритий) нестабилен. Его период полураспада составляет 12,32 лет[[8]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-Nubase2003-8). Тритий содержится в природе в очень малых количествах.

В литературе[[8]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-Nubase2003-8) также приводятся данные об изотопах водорода с массовыми числами 4—7 и периодами полураспада 10−22—10−23 с.

Природный водород состоит из молекул H2 и HD ([дейтероводород](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%94%D0%B5%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&redlink=1" \o "Дейтероводород (страница отсутствует))) в соотношении 3200:1. Содержание чистого дейтерийного водорода D2 ещё меньше. Отношение концентраций HD и D2, примерно, 6400:1.

Из всех изотопов химических элементов физические и химические свойства изотопов водорода отличаются друг от друга наиболее сильно. Это связано с наибольшим относительным изменением масс атомов[[9]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-9).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Температура плавления, K** | **Температура кипения, K** | **Тройная точка, K / kPa** | **Критическая точка, K / kPa** | **Плотность жидкий / газ, кг/м³** |
| **H2** | 13,96 | 20,39 | 13,96 / 7,3 | 32,98 / 1,31 | 70,811 / 1,316 |
| **HD** | 16,65 | 22,13 | 16,6 / 12,8 | 35,91 / 1,48 | 114,0 / 1,802 |
| **HT** |  | 22,92 | 17,63 / 17,7 | 37,13 / 1,57 | 158,62 / 2,31 |
| **D2** | 18,65 | 23,67 | 18,73 / 17,1 | 38,35 / 1,67 | 162,50 / 2,23 |
| **DT** |  | 24.38 | 19,71 / 19,4 | 39,42 / 1,77 | 211,54 / 2,694 |
| **T2** | 20,63 | 25,04 | 20,62 / 21,6 | 40,44 / 1,85 | 260,17 / 3,136 |

Дейтерий и тритий также имеют орто- и парамодификации: *p*-D2, *o*-D2, *p*-T2, *o*-T2. Гетероизотопный водород (HD, HT, DT) не имеют орто- и парамодификаций.

Свойства изотопов[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=11) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=11)]

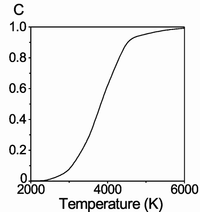
Свойства изотопов водорода представлены в таблице[[8]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-Nubase2003-8)[[10]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-10).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Изотоп** | **Z** | **N** | **Масса, а. е. м.** | **Период полураспада** | **Спин** | **Содержание в природе, %** | **Тип и энергия распада** | |
| 1H | 1 | 0 | 1,007 825 032 07(10) | стабилен | 1⁄2+ | 99,9885(70) |  | |
| 2H | 1 | 1 | 2,014 101 777 8(4) | стабилен | 1+ | 0,0115(70) |  | |
| 3H | 1 | 2 | 3,016 049 277 7(25) | 12,32(2) года | 1⁄2+ |  | β− | 18,591(1) кэВ |
| 4H | 1 | 3 | 4,027 81(11) | 1,39(10)·10−22 с | 2− |  | -n | 23,48(10) МэВ |
| 5H | 1 | 4 | 5,035 31(11) | более 9,1·10−22 с | (1⁄2+) |  | -nn | 21,51(11) МэВ |
| 6H | 1 | 5 | 6,044 94(28) | 2,90(70)·10−22 с | 2− |  | −3n | 24,27(26) МэВ |
| 7H | 1 | 6 | 7,052 75(108) | 2,3(6)·10−23 с | 1⁄2+ |  | -nn | 23,03(101) МэВ |

В круглых скобках приведено среднеквадратическое отклонение значения в единицах последнего разряда соответствующего числа.

Свойства [ядра](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%BE) 1H позволяют широко использовать [ЯМР](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81)-[спектроскопию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F) в [анализе органических веществ](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7_%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2&action=edit&redlink=1).

Химические свойства[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=12) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=12)]

[](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%86%D0%B8%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_H.png?uselang=ru)

[http://bits.wikimedia.org/static-1.22wmf14/skins/common/images/magnify-clip.png](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%86%D0%B8%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_H.png)

Доля диссоциировавших молекул водорода

Молекулы водорода достаточно прочны, и для того, чтобы водород мог вступить в реакцию, должна быть затрачена большая энергия:

H_2 = 2H - 432 kJ  \,

Поэтому при обычных температурах водород реагирует только с очень активными металлами, например с [кальцием](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D0%B9), образуя [гидрид кальция](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4_%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B8%D1%8F):

\mathsf{Ca + H_2 \rightarrow{}\ CaH_2}

и с единственным неметаллом — [фтором](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%82%D0%BE%D1%80), образуя [фтороводород](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4" \o "Фтороводород):

\mathsf{F_2 + H_2 \rightarrow{}\ 2HF}

С большинством же металлов и [неметаллов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB) водород реагирует при повышенной температуре или при другом воздействии, например при освещении:

\mathsf{O_2 + 2H_2 \rightarrow{}\ 2H_2O}

Он может «отнимать» кислород от некоторых оксидов, например:

\mathsf{CuO + H_2 \rightarrow{}\ Cu + H_2O}

Записанное уравнение отражает [восстановительные свойства](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8) водорода.

\mathsf{N_2 + 3H_2 \rightarrow{}\ 2NH_3}

С [галогенами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD) образует галогеноводороды:

\mathsf{H_2 + F_2 \rightarrow{}\ 2HF}, реакция протекает со взрывом в темноте и при любой температуре,

\mathsf{H_2 + Cl_2 \rightarrow{}\ 2HCl}, реакция протекает со взрывом, только на свету.

С сажей взаимодействует при сильном нагревании:

\mathsf{C + 2H_2 \rightarrow{}\ CH_4}

**Взаимодействие со щелочными и щёлочноземельными металлами**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=13) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=13)]

При взаимодействии с активными [металлами](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB) водород образует гидриды:

\mathsf{2Na + H_2 \rightarrow{}\ 2NaH}

\mathsf{Ca + H_2 \rightarrow{}\ CaH_2}

\mathsf{Mg + H_2 \rightarrow{}\ MgH_2}

[*Гидриды*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%8B) — солеобразные, твёрдые вещества, легко гидролизуются:

\mathsf{CaH_2 + 2H_2O \rightarrow{}\ Ca(OH)_2 + 2H_2 \uparrow}

**Взаимодействие с оксидами металлов (как правило, d-элементов)**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=14) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=14)]

[Оксиды](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4) восстанавливаются до [металлов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B):

\mathsf{CoO + H_2 \rightarrow{}\ Co + H_2O }

\mathsf{Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow{}\ 2Fe + 3H_2O }

\mathsf{WO_3 + 3H_2 \rightarrow{}\ W + 3H_2O }

**Гидрирование органических соединений**[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=15) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=15)]

Молекулярный водород широко применяется в [органическом синтезе](http://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%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7) для восстановления органических соединений. Эти процессы называют *реакциями гидрирования*. Эти реакции проводят в присутствии [катализатора](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) при повышенных давлении и температуре. Катализатор может быть как гомогенным (напр. [Катализатор Уилкинсона](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0)), так и гетерогенным (напр. [никель Ренея](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%A0%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%8F), палладий на угле).

Так, в частности, при каталитическом гидрировании ненасыщенных соединений, таких как [алкены](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%BA%D0%B5%D0%BD%D1%8B" \o "Алкены) и [алкины](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D1%8B" \o "Алкины), образуются насыщенные соединения — [алканы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%8B" \o "Алканы).

\mathsf{R\!\!-\!\!CH\!\!=\!\!CH\!\!-\!\!R'+H_2}\rightarrow\mathsf{R\!\!-\!\!CH_2\!\!-\!\!CH_2\!\!-\!\!R'}

Геохимия водорода[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=16) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=16)]

На Земле содержание водорода понижено по сравнению с Солнцем, планетами-гигантами и первичными метеоритами, из чего следует, что во время образования Земля была значительно дегазирована: основная масса водорода, как и других летучих элементов покинула планету во время аккреции или вскоре после неё.[[](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[источник не указан 78 дней](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники) Однако, точное содержание данного газа в составе [геосфер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) нашей планеты (исключая [земную кору](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B0)) — [астеносферы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0), [мантии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%8F_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8), [ядра Земли](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D1%80%D0%BE_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8) — неизвестно.[[](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[источник не указан 78 дней](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)

Свободный водород H2 относительно редко встречается в земных газах, но в виде [воды](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0) он принимает исключительно важное участие в геохимических процессах. Известно значительное содержание водорода[[*сколько?*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%98%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B5_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B2%D1%8B%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9)] в составе вулканических газов, истечение водорода[[*сколько?*](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%98%D0%B7%D0%B1%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B5_%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B2%D1%8B%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9)] вдоль разломов в зонах рифтогенеза, выделение этого газа в некоторых угольных месторождениях [[11]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-ReferenceA-11)[[12]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-12).

В состав [минералов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB) водород может входить в виде иона [аммония](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B9), [гидроксил](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BB)-иона и [воды](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0).

В атмосфере молекулярный водород непрерывно образуется в результате разложения формальдегида, образующегося в цепочке окисления метана или другой органики, солнечным излучением (31-67 Тгр/год), неполного сгорания различных топлив и биомасс (по 5-25 Тгр/год), в процессе [фиксации азота](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%84%D0%B8%D0%BA%D1%81%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) микроорганизмами из воздуха (3−22 Тгр/год).[[13]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-13)[[14]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-14)[[15]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4#cite_note-15).

Имея малую массу, молекулы водорода обладают высокой скоростью диффузионного движения (она близка ко второй космической скорости) и, попадая в верхние слои атмосферы, могут улететь в космическое пространство (см [Диссипация атмосфер планет](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%82)).

Меры предосторожности[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=17) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=17)]

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

Водород при смеси с [воздухом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) образует взрывоопасную смесь — так называемый [гремучий газ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%83%D1%87%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7). Наибольшую взрывоопасность этот газ имеет при объёмном отношении водорода и кислорода 2:1, или водорода и [воздуха](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) приближённо 2:5, так как в воздухе [кислорода](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) содержится примерно 21 %. Также водород [пожароопасен](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80" \o "Пожар). [Жидкий водород](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) при попадании на [кожу](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B6%D0%B0) может вызвать сильное [обморожение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5).

Считается, что взрывоопасные концентрации водорода с кислородом возникают от 4 % до 96 % объёмных. При смеси с воздухом от 4 % до 75 (74) % по объёму. Такие цифры фигурируют сейчас в большинстве справочников, и ими вполне можно пользоваться для ориентировочных оценок. Однако, следует иметь в виду, что более поздние исследования (примерно конец 80-х) выявили, что водород в больших объёмах может быть взрывоопасен и при меньшей концентрации. Чем больше объём, тем меньшая концентрация водорода опасна.

Источник этой широко растиражированной ошибки в том, что взрывоопасность исследовалась в лабораториях на малых объёмах. Поскольку реакция водорода с кислородом — это цепная химическая реакция, которая проходит по свободнорадикальному механизму, «гибель» свободных радикалов на стенках (или, скажем, поверхности пылинок) критична для продолжения цепочки. В случаях, когда возможно создание «пограничных» концентраций в больших объёмах (помещения, ангары, цеха), следует иметь в виду, что реально взрывоопасная концентрация может отличаться от 4 % как в большую, *так и в меньшую* стороны.

Экономика[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=18) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=18)]

Стоимость водорода при крупнооптовых поставках колеблется в диапазоне 2-5$ за кг[[16]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%EE%E4%EE%F0%EE%E4" \l "cite_note-16). В небольших количествах перевозится в стальных баллонах зелёного или тёмно-зелёного цвета.

Применение[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=19) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=19)]

Атомарный водород используется для [атомно-водородной сварки](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B0&action=edit&redlink=1).

[**Химическая промышленность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=20) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=20)]

* При производстве [аммиака](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D0%B0%D0%BA), [метанола](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB), [мыла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%8B%D0%BB%D0%BE) и [пластмасс](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0).

[**Пищевая промышленность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=21) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=21)]

* При производстве маргарина из [жидких растительных масел](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%BE&action=edit&redlink=1).
* Зарегистрирован в качестве [пищевой добавки](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B8) **E949** (упаковочный газ, класс «[Прочие](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%BF%D0%B8%D1%89%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BA_E900-E999)»). Входит в список пищевых добавок, допустимых к применению в пищевой промышленности [Российской Федерации](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F) в качестве вспомогательного средства для производства пищевой продукции.[[](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[источник не указан 906 дней](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)*[]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8" \o "Википедия:Ссылки на источники)

[**Авиационная промышленность**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=22) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=22)]

Водород очень лёгок и в [воздухе](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) всегда поднимается вверх. Когда-то [дирижабли](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%80%D0%B8%D0%B6%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D1%8C) и [воздушные шары](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D1%80%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D1%80) наполняли водородом. Но в 30-х гг. XX в. произошло несколько [катастроф](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%B0), в ходе которых дирижабли взрывались и сгорали. В наше время дирижабли наполняют гелием, несмотря на его существенно более высокую стоимость.

[**Метеорология**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F)[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=23) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=23)]

Используется в метеорологии для заполнения шаро-пилотных оболочек.

[**Топливо**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE)[[править](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&veaction=edit&section=24) | [править исходный текст](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4&action=edit&section=24)]

Водород используют в качестве [ракетного топлива](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE).

Ведутся исследования по применению водорода как топлива для [легковых](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B3%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C) и [грузовых автомобилей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C). Водород в ДВС меньше загрязняет окружающую среду локально (из-за низкого КПД получения водорода и сопряжённых дополнительных расходов на его сжатие, транспортировку, водород как энергоноситель для ДВС совершенно неперспективен), но также как и бензиновые/дизельные аналоги, потребляет и деградирует моторное масло и все остальные неэкологичные материалы, присущие [двигателям внутреннего сгорания](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F). В смысле экологии [электромобили](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C) значительно лучше, перспективен также [двигатель Стирлинга](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%A1%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0).[[*источник не указан 241 день*]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F:%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8)

В водородно-кислородных [топливных элементах](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82) используется водород для непосредственного преобразования энергии химической реакции в электрическую.