### Водород и Вселенная

Когда-то люди обожествляли Солнце. Но теперь оно стало объектом точных исследований, и мы редко задумываемся о том, что само наше существование целиком и полностью зависит от происходящих на нем процессов.

Каждую секунду Солнце излучает в космическое пространство энергию, эквивалентную примерно 4 млн. т массы. Эта энергия рождается в ходе слияния четырех ядер водорода, протонов, в ядро гелия; реакция идет в несколько стадий, а ее суммарный результат записывается вот таким уравнением:

411Н+ → 42Не2+ + 2е+ + 26,7 МэВ.

Много это или мало –26,7 МэВ на один элементарный акт? Очень много: при «сгорании» 1 г протонов выделяется в 20 млн. раз больше энергии, чем при сгорании 1 г каменного угля. На Земле такую реакцию еще никто не наблюдал: она идет при температуре и давлении, существующих лишь в недрах звезд и еще не освоенных человеком.

Мощность, эквивалентную ежесекундной убыли массы в 4 млн. т невозможно представить: даже при мощнейшем термоядерном взрыве в энергию превращается всего около 1 кг вещества. Но если отнести всю излучаемую Солнцем энергию к его полной массе, то выяснится невероятное: удельная мощность Солнца окажется ничтожно малой – много меньше, чем мощность такого «тепловыделяющего устройства», как сам человек. И расчеты показывают, что Солнце будет светить, не ослабевая, еще, по меньшей мере, 30 млрд. лет.

Что и говорить, на наш век хватит.

Наше Солнце, по меньшей мере, наполовину состоит из водорода. Всего на Солнце обнаружено 69 химических элементов, но водород – преобладает. Его в 5,1 раза больше, чем гелия, и в 10 тыс. раз (не по весу, а по числу атомов) больше, чем всех металлов, вместе взятых, Этот водород расходуется не только на производство энергии. В ходе термоядерных процессов из него образуются новые химические элементы, а ускоренные протоны выбрасываются в околосолнечное пространство.

Последнее явление, получившее название «солнечного ветра», было открыто сравнительно недавно во время исследования космического пространства с помощью искусственных спутников. Оказалось, что особенно сильные порывы этого «ветра» возникают во время хромосферных вспышек. Достигнув Земли, поток протонов, захваченный ее магнитным полем, вызывает полярные сияния и нарушает радиосвязь, а для космонавтов «солнечный ветер» представляет серьезную опасность.

Но только ли этим ограничивается воздействие на Землю потока ядер солнечного водорода? По-видимому, нет. Во-первых, поток протонов рождает вторичное космическое излучение, достигающее поверхности Земли; во-вторых, магнитные бури могут влиять на процессы жизнедеятельности; в-третьих, захваченные магнитным полем Земли ядра водорода не могут не сказываться на ее массообмене с космосом.

Судите сами: сейчас в земной коре из каждых 100 атомов 17 – это атомы водорода. Но свободного водорода на Земле практически не существует: он входит в состав воды, минералов, угля, нефти, живых существ… Только вулканические газы иногда содержат немного водорода, который в результате диффузии рассеивается в атмосфере. А так как средняя скорость теплового движения молекул водорода из-за их малой массы очень велика – она близка ко второй космической скорости, – то из слоев атмосферы эти молекулы улетают в космическое пространство.

Но если Земля теряет водород, то почему она не может его получать от того же Солнца? Раз «солнечный ветер» – это ядра водорода, которые захватываются магнитным полем Земли, то почему бы им на ней не остаться?

Ведь в атмосфере Земли есть кислород; реагируя с залетевшими ядрами водорода, он свяжет их, и космический водород рано или поздно выпадет на поверхность планеты в виде обыкновенного дождя. Более того, расчет показывает, что масса водорода, содержащегося в воде всех земных океанов, морей, озер и рек, точно равна массе протонов, занесенных «солнечным ветром» за всю историю Земли. Что это – простое совпадение?

Мы должны сознавать, что наше Солнце, наше водородное Солнце, – это лишь заурядная звезда во Вселенной, что существует неисчислимое множество подобных звезд, удаленных от Земли на сотни, тысячи и миллионы световых лет. И кто знает, – может быть именно в диапазоне радиоизлучения межзвездного водорода (запомните – 21 сантиметр!) человечеству впервые удастся связаться с иноземными цивилизациями…

### Водород и жизнь

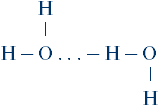
Еще раз о том, что нелепо говорить: «Если бы в природе не было того-то, то не было бы того и этого». Дело в том, что картина мира, которую мы имеем возможность сейчас наблюдать, сложилась именно в результате того, что существует в действительности…

Скажем, писатели любят населять планеты, где вместо воды – фтористый водород или аммиак, а основой жизни служит не углерод, а кремний. Но почему же «кремниевая» жизнь не существует на нашей планете, где кремния хоть отбавляй? Не потому ли, что кремний – просто неподходящая основа для жизни?

Однако если и углероду, и кислороду изощренная человеческая фантазия иногда все же находит замену, то ничто не сможет заменить водород. Дело в том, что у всех элементов есть аналоги, а у водорода – нет. Ядро этого атома – элементарная частица, и это не может не сказываться на свойствах атома.

Любой атом, за исключением атома водорода, в обычных условиях не может лишиться всех электронов: у него остается хотя бы еще одна электронная оболочка, и эта оболочка, несущая отрицательные заряды, экранирует ядро. А вот ион водорода – это «голый», положительно заряженный протон, и он может притягиваться к электронным оболочкам других атомов, испытывая при этом не особенно сильное отталкивание от ядра.

И вот что получается. Скажем, в молекуле воды обе валентности атома кислорода насыщены и, казалось бы, между двумя молекулами никакой дополнительной связи возникнуть не может. Но когда атом водорода одной молекулы воды приближается к атому кислорода другой молекулы, то между протоном и электронной оболочкой кислорода начинает девствовать сила дополнительного притяжения, и образуется особая, так называемая водородная связь:



Такие связи раз в двадцать слабее обычных, но все же роль их огромна. Взять, к примеру, ту же самую воду: многие ее удивительные свойства определяются именно необычайно развитыми водородными связями. Попробуйте хотя бы предсказать ее температуру плавления, основываясь на константах соединений водорода с соседями кислорода по периодической системе – азотом и фтором или аналогами – серой и селеном.

Аммиак плавится при – 77,7 °C, фтористый водород при – 92,3 °C; следовательно, вода, вроде бы, должна иметь промежуточную температуру плавления около – 85 °C. Селенистый водород плавится при – 64 °C, сероводород при – 82,9 °C; следовательно, точка плавления воды, как аналогичного производного с меньшим молекулярным весом, должна быть еще ниже… Но нет, ее действительная температура плавления оказывается почти на сотню градусов выше предсказанной теоретически, и виной тому – слабые, но многочисленные межмолекулярные водородные связи, которые кислород в силу специфического строения электронной оболочки способен образовывать в значительно большей мере, чем азот, фтор, сера или селен.

Водородные связи лежат в основе самых тонких явлений жизнедеятельности. Например, именно благодаря этим связям ферменты способны специфически распознавать вещества, реакции которых они ускоряют. Дело в том, что белковая цепь каждого фермента имеет строго определенную пространственную конфигурацию, закрепленную множеством внутримолекулярных водородных связей между группировками атомов С = О и N – Н. В свою очередь молекула вещества имеет группировки, способные давать водородные связи с определенным участком молекулы фермента – так называемым активным центром. В результате внутримолекулярные связи в этом веществе ослабевают, и фермент буквально «раскусывает» молекулу.

Но этим не ограничивается роль слабых водородных связей в процессах жизнедеятельности. Именно благодаря этим связям происходит точное копирование молекулы ДНК, передающей из поколения в поколение всю генетическую информацию; водородные связи определяют специфичность действия многих лекарственных препаратов; ответственны они и за вкусовые ощущения, и за способность наших мышц сокращаться… Одним словом, в живой природе атом водорода действительно незаменим.

### Водород и наука

В самом конце XVIII и начале XIX в. химия вступила в период установления количественных закономерностей: в 1803 г. Джон Дальтон сформулировал закон кратных отношений (вещества реагируют между собой в весовых отношениях, кратных их химическим эквивалентам). Тогда же им была составлена первая в истории химической науки таблица относительных атомных весов элементов. В этой таблице на первом месте оказался водород, а атомные веса других элементов выражались числами, близкими к целым.

Особое положение, которое с самого начала занял водород, не могло не привлечь внимания ученых, и в 1811 г. химики смогли ознакомиться с гипотезой Уильяма Праута, развившего идею философов древней Греции о единстве мира и предположившего, что все элементы образованы из водорода как из самого легкого элемента. Прауту возражал Йенс Якоб Берцелиус, как раз занимавшийся уточнением атомных весов: из его опытов следовало, что атомные веса элементов не находятся в целочисленных отношениях к атомному весу водорода. «Но, – возражали сторонники Праута, – атомные веса определены еще недостаточно точно» – и в качестве примера ссылались на эксперименты Жана Стаса, который в 1840 г. исправил атомный вес углерода с 11,26 (эта величина была установлена Берцелиусом) на 12,0.

И все же привлекательную гипотезу Праута пришлось на время оставить: вскоре тот же Стас тщательными и не подлежащими сомнению исследованиями установил, что, например, атомный вес хлора равен 35,45, т.е. никак не может быть выражен числом, кратным атомному весу водорода…

Но вот в 1869 г. Дмитрий Иванович Менделеев создал свою периодическую классификацию элементов, положив в ее основу атомные веса элементов как их наиболее фундаментальную характеристику. И на первом месте в системе элементов, естественно, оказался водород.

С открытием периодического закона стало ясно, что химические элементы образуют единый ряд, построение которого подчиняется какой-то внутренней закономерности. И это не могло вновь не вызвать к жизни гипотезу Праута – правда, в несколько измененной форме: в 1888 г. Уильям Крукс предположил, что все элементы, в том числе и водород, образованы путем уплотнения некоторой первичной материи, названной им протилом. А так как протил, рассуждал Крукс, по-видимому, имеет очень малый атомный вес, то отсюда понятно и возникновение дробных атомных весов.

Против этой гипотезы Менделеев возражал: «…дайте что-либо индивидуализированное и станет легко понять возможность видимого многообразия. Иначе – единое как же даст множество?» То есть, по мнению создателя периодической системы, один сорт частиц не может служить основой для построения системы элементов, обладающих столь разнообразными свойствами.

Но вот что любопытно. Самого Менделеева необычайно занимал вопрос: а почему периодическая система должна начинаться именно с водорода? Что мешает существованию элементов с атомным весом, меньше единицы? И в качестве такого элемента в 1905 г. Менделеев называет… «мировой эфир». Более того, он помещает его в нулевую группу над гелием и рассчитывает его атомный вес – 0,000001! Инертный газ со столь малым атомным весом должен быть, по мнению Менделеева, все проникающим, а его упругие колебания могли бы объяснить световые явления…

Увы, этому предвидению великого ученого не было суждено сбыться. Но Менделеев был прав в том отношении, что элементы не построены из тождественных частиц: мы знаем теперь, что они построены из протонов, нейтронов и электронов.

Но позвольте, воскликнете вы, ведь протон – это ядро атома водорода. Значит Праут был все-таки прав?

Да, он действительно был по-своему прав. Но это была, если можно так выразиться, преждевременная правота. Потому что в то время ее нельзя было ни по-настоящему подтвердить, ни по-настоящему опровергнуть…

Впрочем, сам водород сыграл в истории развития научной мысли еще немалую роль. В 1913 г. Нильс Бор сформулировал свои знаменитые постулаты, объяснившие на основе квантовой механики особенности строения атома и внутреннюю сущность закона периодичности. И теория Бора была признана потому, что рассчитанный на ее основе спектр водорода полностью совпал с наблюдаемым.

И все же история идеи, высказанной более 150 лет назад, еще не окончена. Одна из головоломнейших задач, стоящих перед сегодняшней наукой, заключается в том, чтобы найти закономерность в свойствах так называемых элементарных частиц, которых сейчас насчитывается уже много десятков. Ученые делают попытки свести их в своеобразную периодическую систему, но разве это не указывает на то, что все-таки существуют какие-то «кирпичи мироздания», из которых и построены все элементарные частицы, – и атомы, и молекулы, и мы с вами, в конце концов?

Физики предположили, что такие частицы существуют и даже назвали их кварками. Только вот беда: еще никто в мире не сумел доказать, что такие частицы – реальность, а не миф…

Но вспомним Праута и судьбу его гипотезы. Мысль о частицах, из которых построено все, остается столь же привлекательной, как и два тысячелетия, и полтора века назад. И пусть кварки окажутся не тем, что о них думают современные ученые, важно то, что идея единства мира живет и развивается. И наступит время, когда она получит свое логическое завершение.

### Водород и практика

Сразу же оговоримся: в отличие от, «науки», как области чистых идей, «практикой» мы назовем все, что служит практической деятельности человека – пусть это даже будет деятельность ученого-экспериментатора.

Химик имеет дело с водородом, прежде всего как с веществом, обладающим свойствами идеального восстановителя.

Но откуда взять водород? Конечно, проще всего из баллона. Из зеленого баллона с красной надписью «Водород» и с вентилем с «левой» резьбой (горючий газ!). Но если баллона под руками нет?

Водород можно получать взаимодействием металлов с кислотами:

Zn + H2SO4 → ZnSО4 + Н2↑.

Но этот водород не может быть идеально чистым, потому что нужны идеально чистые металл и кислота. Чистый водород получал еще Лавуазье, пропуская пары воды через раскаленный на жаровне ружейный ствол:

4Н2О + 3Fe → Fe3О4 + 4Н2↑.

Но и этот способ не слишком удобен, хотя в современной лаборатории можно обойтись кварцевой трубкой, наполненной железными стружками и нагреваемой в электропечи.

Электролиз! Дистиллированная вода, в которую для повышения электропроводности добавлено немного серной кислоты, разлагается при прохождении постоянного тока:

2Н2О → 2Н2 ↑ + О2↑.

К вашим услугам – водород почти идеальной чистоты, его нужно только освободить от мельчайших капелек воды. (В промышленности в воду добавляют щелочь, а не кислоту – чтобы не разрушалась металлическая аппаратура).

А теперь будем медленно пропускать этот водород через воду, в которой взмучен хлористый палладий. Почти сразу начнется восстановление, и осадок почернеет – получится палладиевая чернь:

PdCl2 + H2 → Pd + 2HCl.

Палладиевая чернь – прекрасный катализатор для гидрирования разнообразных органических соединений. А катализатор тут нужен потому, что молекулярный водород весьма инертен: даже с кислородом при обычных условиях он реагирует необычайно медленно. Ведь сначала молекула водорода должна диссоциировать на атомы, а для этого на каждый моль водорода (т.е. всего на 2 г!) нужно затратить 104 ккал. А вот на поверхности катализатора этот процесс идет с гораздо меньшими затратами энергии, водород резко активизируется.

Пожалуй, не стоит много говорить о роли катализаторов в современной химической технологии: в их присутствии проводится подавляющее большинство процессов. И важнейший среди них – синтез аммиака из водорода и атмосферного азота:

3H2 + N2 → 2NH3.

При этом водород добывают или из воды и метана по так называемой реакции конверсии:

CH4 + 2Н2О → 4Н2 + CO2.

или расщепляя природные углеводороды по реакции, обратной реакции гидрирования:

СН3 – СН3 – СН2 = СН2 + Н2.

Синтетический аммиак незаменим в производстве азотных удобрений. Но водород нужен не только для получения аммиака. Превращение жидких растительных жиров в твердые заменители животного масла, преобразование твердых низкокачественных углей в жидкое топливо и многие другие процессы происходят с участием элементарного водорода. Выходит, что водород – это пища и для человека, и для растений, и для машин…

Но вернемся в лабораторию. Здесь водород применяют не только в чистом виде, но и в виде его соединений с металлами – например алюмогидрида лития LiAlH4, бор гидрида натрия NaBH4. Эти соединения легко и специфически восстанавливают определенные группировки атомов в органических веществах:



Изотопы водорода – дейтерии (2Н или D) и тритий (3Н или Т) – позволяют изучать тончайшие механизмы химических и биохимических процессов. Эти изотопы используют как «метки», потому что атомы дейтерия и трития сохраняют все химические свойства обычного легкого изотопа – протия – и способны подменять его в органических соединениях. Но дейтерий можно отличить от протия по массе, а тритий – и по радиоактивности. Это позволяет проследить судьбу каждого фрагмента меченой молекулы.

### Водород и будущее

Слова «дейтерий» и «тритий» напоминают нам о том, что сегодня человек располагает мощнейшим источником энергии, высвобождающейся при реакции:

21Н + 31Н → 42Не +10*n* + 17,6 МэВ.

Эта реакция начинается при 10 млн. градусов и протекает за ничтожные доли секунды при взрыве термоядерной бомбы, причем выделяется гигантское по масштабам Земли количество энергии.

Водородные бомбы иногда сравнивают с Солнцем. Однако мы уже видели, что на Солнце идут медленные и стабильные термоядерные процессы. Солнце дарует нам жизнь, а водородная бомба – сулит смерть…

Но когда-нибудь настанет время – и это время не за горами, – когда мерилом ценности станет не золото, а энергия. И тогда изотопы водорода спасут человечество от надвигающегося энергетического голода: в управляемых термоядерных процессах каждый литр природной воды будет давать столько же энергии, сколько ее дают сейчас 300 л бензина. И человечество будет с недоумением вспоминать, что было время, когда люди угрожали друг другу животворным источником тепла и света…

#### Протий, дейтерий, тритий…

Физические и химические свойства изотопов всех элементов, кроме водорода, практически одинаковы: ведь для атомов, ядра которых состоят из нескольких протонов и нейтронов, не так уж и важно – одним нейтроном меньше или одним нейтроном больше. А вот ядро атома водорода – это один-единственный протон, и если к нему присовокупить нейтрон, масса ядра возрастет почти вдвое, а если два нейтрона – втрое. Поэтому легкий водород (протий) кипит при минус 252,6 °C, а температура кипения его изотопов отличается от этой величины на 3,2° (дейтерий) и 4,5° (тритий). Для изотопов это очень большое различие!

Удивительные изотопы распространены в природе неодинаково: один атом дейтерия приходится примерно на 7000, а один атом бета радиоактивного трития – на миллиард миллиардов атомов протия. Искусственным путем получен еще один, крайне неустойчивый изотоп водорода – 4Н.

#### Точность – прежде всего

Относительная масса легкого изотопа водорода определена прямо-таки с фантастической точностью: 1,007276470 (если принять массу изотопа углерода 12С равной 12,0000000). Если бы с такой точностью была измерена, к примеру, длина экватора, то ошибка не превысила бы 4 см!

Но зачем нужна такая точность? Ведь каждая новая цифра требует от экспериментаторов все больших и больших усилий… Секрет раскрывается просто: ядра протия, протоны, принимают участие во многих ядерных реакциях. А если известны массы реагирующих ядер и массы продуктов реакции, то, пользуясь формулой *Е* = *mc*2, можно рассчитать ее энергетический эффект. А так как энергетические эффекты даже ядерных реакций сопровождаются лишь незначительным изменением массы, то и приходится эти массы измерять как можно точнее.

#### Первая или седьмая?

Какое место должен занимать водород в периодической системе? Казалось бы, нелепый вопрос: конечно, первое! Да, но в какую группу его поместить? Долгое время водород располагали над литием, поскольку у него один валентный электрон, как и у всех одновалентных металлов. (Кстати, и теплопроводность водорода для газа необычайно велика – молекулы водорода движутся значительно быстрее молекул других газов и поэтому интенсивнее переносят тепло.)

В современной таблице элементов водород помещают в VII группу, над фтором. Дело в том, что логика закона периодичности требует, чтобы заряд ядер элементов-аналогов первых трех периодов различался на восемь единиц; поэтому водород (порядковый номер 1) нужно рассматривать как аналог фтора (порядковый номер 9), а не как аналог лития (порядковый номер 3). И все же нужно помнить, что аналогия тут не полная: хотя водород, как и фтор, способен давать соединения с металлами (гидриды), ион водорода – это протон, голая элементарная частица, и его вообще нельзя сравнивать ни с какими другими ионами.

#### Щелочь или кислота?

Вещества, отщепляющие в растворах ион водорода, протон, называются кислотами, а присоединяющие этот ион – щелочами. Концентрация протонов характеризует реакцию среды: в 1 л нейтрального водного раствора, как и в 1 л чистой воды, содержится 10–7 грамм-ионов водорода; если концентрация протонов выше, среда приобретает кислую реакцию, а если ниже – щелочную. (Логарифм этой концентрации, взятый с противоположным знаком, – «водородный показатель», или рН.)

Однако следует помнить, что свободных протонов в водных растворах нет и не может быть: ядро атома водорода настолько мало, что оно как бы внедряется в электронную оболочку воды и образует особое соединение – ион оксония:

Н+ + Н2О → Н3О+.

Впрочем, дело тут обстоит скорее наоборот – не ион оксония образуется потому, что протон отщепляется от кислоты, а кислота диссоциирует потому, что образуется ион оксония. Поэтому схему диссоциации, скажем, хлористого водорода, следует записать так:

HСl + H2О → H3О+ + Сl–.

Это значит, что вода при растворении в ней хлористого водорода ведет себя как щелочь (она присоединяет протон); если же в ней растворяется, например, аммиак, то вода выступает уже в роли кислоты:

NH3 + Н2О → NH4+ + ОН–.

Одним словом – все в мире относительно…

#### Чудеса окклюзии

Представьте себе такой опыт. В приборе для электролиза воды катод изготовлен в виде пластинки. Вы включаете ток, и… пластинка сама собой начинает изгибаться! Секрет этого фокуса заключается в том, что пластинка изготовлена из палладия и с одной стороны покрыта слоем лака. При электролизе на не лакированной стороне пластинки выделяется водород и тотчас же растворяется в металле; а так как при этом объем палладия увеличивается, то возникает усилие, изгибающее пластинку.

Но подождите, – скажете вы, – разве газы растворяются в металлах? Вообще говоря, в этом явлении, называемом окклюзией, нет ничего удивительного. Удивительно другое: в одном объеме палладия растворяется до 850 объемов водорода! Это немногим меньше того количества аммиака, какое может раствориться в одном объеме воды, – а уж какой газ растворяется в воде лучше! Водород же растворяется в воде очень слабо – около 0,02 объема на объем воды.

#### In statu nascendi

При сгорании водорода в чистом кислороде развивается температура до 2800 °C – такое пламя легко плавит кварц и большинство металлов. Но с помощью водорода можно достичь и еще более высокой температуры, если использовать его не как источник, а как переносчик и концентратор энергии.

Вот как это делается. Струю водорода пропускают через пламя вольтовой дуги. Под действием высокой температуры его молекулы распадаются, диссоциируют на атомы, поглощая большое количество энергии. Образовавшийся атомарный водород соединяется в молекулы не мгновенно: ведь атомы должны прежде отдать запасенную энергию. И если струя атомарного водорода направлена на какую-нибудь твердую поверхность, то именно на ней и происходит соединение атомов в молекулы: выделяется энергия диссоциации, и температура поверхности повышается до 3500…4000 °C. С помощью такой атомарно-водородной горелки можно обрабатывать даже самые тугоплавкие металлы.

Атомарный водород рождается не только в пламени дуги: он образуется даже при реакции кислот с металлами. В момент своего о выделения (по латыни – in statu nascendi) водород обладает повышенной активностью, и химики используют его для восстановления органических веществ.

#### Сколько всего водородов?

Мы уже говорили о четырех разновидностях водорода – его изотопах. И все же в природе существует гораздо больше разных «водородов», если говорить не только об атомах этого элемента, но и о его молекулах. Дело в том, что при нормальных условиях молекулярный водород представляет собой смесь двух необычных изомеров – так называемых орто- и пароводорода, которые отличаются ориентацией магнитных моментов ядер составляющих их атомов. У ортоводорода эти моменты имеют одинаковую ориентацию, а у пара водорода – противоположную; орто- и параизомеры отличаются и своими физическими свойствами. А так как подобные же изомеры есть и у дейтерия, и у трития и так как могут существовать молекулы HD, НТ и DT, каждая из которых тоже, по-видимому, может существовать в виде орто- и параизомеров, то это значит, что существует двенадцать разновидностей молекулярного водорода.

Но и это еще не все. Не так давно ученым удалось получить антиводород – атом, построенный из антипротона и позитрона, а вслед за ним в ускорителях высоких энергий были получены ядра антидейтерия и антитрития. А еще есть мезоатомы, в которых протон или электрон заменены тем или иным мезоном. Их тоже можно рассматривать как своеобразные изотопы водорода…

#### Первый металлический водород

С водородом, как мы знаем, сегодня связаны, по меньшей мере три надежды: на термоядерную энергию, на передачу энергии почти без потерь (в сверхпроводящих устройствах при температуре жидкого водорода, а не жидкого гелия) и – как на горючее, безвредное для окружающей среды. И все эти надежды связывают прежде всего с металлическим водородом, т.е. таким водородом, который представляет собой твердое тело, обладающее высокой электропроводностью и другими свойствами металла. Компактный металлический водород должен быть наиболее удобным водородом-топливом. Кроме того, есть теоретические предпосылки, согласно которым металлический водород может существовать и при обычной температуре, оставаясь при этом сверхпроводником.

Металлический водород пытались (и продолжают пытаться) получить разными способами, подвергая обыкновенный твердый водород статическим или динамическим нагрузкам. Первое сообщение о возможном успехе при решении этой важной и сложной проблемы было опубликовано в феврале 1975 г. группой ученых Института физики высоких давлений АН СССР (во главе с академиком Л.Ф. Верещагиным). Осадив на охлажденные до 4,2°К алмазные наковальни тонкий слой водорода и воздействовав на него очень высоким давлением, наблюдали необычное явление. Электрическое сопротивление водорода уменьшилось в миллионы раз – он перешел в металлическое состояние. Это произошло под статическим давлением порядка 3 млн. атм. Когда же давление начали снижать, то уже примерно при троекратном уменьшении давления (1 млн. атм.) происходил обратный переход водорода из металлического состояния в обычное, диэлектрическое. Впрочем, этот факт исследователи не воспринимали как фатальную неудачу, означающую невозможность существования металлического водорода при нормальном давлении. Они надеются, что металлический водород как-то удастся «закалить» и со временем сделать доступным для ученых разных специальностей. И для техники, видимо, тоже.