Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

 Ак-Дашская средняя образовательная школа

Сут –Хольского кожууна

с. Ак-Даш

улица Дружба-1

***Коррозия и горения***

***химические процессы***

Выполнила : Ховалыг Белек Болатович

ученик 10 класса

МБОУ Ак-Дашская СОШ

Сут –Хольского кожууна

Научный руководитель: Ховалыг Айырана Шуур-ооловна

 учитель химии

 2014 г

 **Коррозия и горения химические процессы**

**План :**

1. **Что такое процесс коррозия**
2. **Что такое процесс горения**
3. **Отрицательные и положительные стороны химического процесса**
4. **Значение и вредность химического процесса коррозии и горении**

**Цель:**

**Изучить сущность явлений, происходящих в живой и неживой природе.**

**Корро́зия** (от [лат.](https://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) *corrosio* — «разъедание») — самопроизвольное разрушение [металлов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB) в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. В общем случае это разрушение любого материала, будь то [металл](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB) или [керамика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [дерево](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE) или [полимер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80). Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость [конструкционных материалов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B) к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде. Пример — кислородная коррозия железа в воде:



 Часто можно наблюдать как изделия из металла ржавеют, темнеют, разрушаются. Разрушение металлов – это окисление металлов. Ржавеют автомобили, вагоны поездов, корабли и др.

Попадания в воду ржавых металлов может происходить их загрязнение и изменяет состав , вкус и цвет воды . Увеличивается мутность и появление специфического

запаха воды . Происходит значительное бактериальное загрязнение , в частности в него попадают микробы – возбудители кишечных заболеваний

На свалках есть различные отходы (отходы из металла , много бумаги , отходы из полиэтилена и тд )

Например: консервная банка процесс исчезновения во время процессе коррозии – 70 лет .Поэтому свалка служат источником дурных запахов. Если своевременно не удалить с территории населенного пункта , то они разлагаться , выделяя дурнопахнущие газы : сероводород, аммиак , окись азота .. и т д.Поэтому салки загрязняют почву и воздух .

 **Сущность процесса коррозии** .

Коррозия протекают при участии кислорода .Это окислительно – восстановительный процесс. Железа под действием воды , кислорода и ионов водорода ржавеют

4Fe + 6 H2O +3O2 = 4 Fe (OH)3 ; гидроксид железа Fe (OH)3 является ржавчиной

В повседневной жизни для [сплавов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2) железа ([сталей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C)) чаще используют [термин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B8%D0%BD) «ржавление». Менее известны случаи коррозии [полимеров](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80). Применительно к ним существует понятие «старение», аналогичное термину «коррозия» для металлов. Например, старение [резины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0) из-за взаимодействия с [кислородом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) [воздуха](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) или разрушение некоторых [пластиков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA) под воздействием [атмосферных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0) осадков, а также биологическая коррозия. Скорость коррозии, как и всякой химической реакции, очень сильно зависит от температуры. Повышение температуры на 100 градусов может увеличить скорость коррозии на несколько порядков.

**Классификация видов коррозии**

Коррозионные процессы отличаются широким распространением и разнообразием условий и сред, в которых они протекают. Поэтому пока нет единой и всеобъемлющей классификации встречающихся случаев коррозии.

По типу агрессивных сред, в которых протекает процесс разрушения, коррозия может быть следующих видов:

* газовая коррозия;
* атмосферная коррозия;
* коррозия в неэлектролитах;
* коррозия в [электролитах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%82);
* [подземная коррозия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F);
* [биокоррозия](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1);
* коррозия под воздействием блуждающих токов.

По условиям протекания коррозионного процесса различаются следующие виды:

* [контактная коррозия](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1);
* [щелевая коррозия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A9%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F);
* коррозия при неполном погружении;
* коррозия при полном погружении;
* коррозия при переменном погружении;
* коррозия при трении;
* [межкристаллитная коррозия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F);
* [коррозия под напряжением](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B4_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC&action=edit&redlink=1).

По характеру разрушения:

* сплошная коррозия, охватывающая всю поверхность:
	+ равномерная;
	+ неравномерная;
	+ избирательная ;
* локальная (местная) коррозия, охватывающая отдельные участки:
	+ пятнами;
	+ язвенная;
	+ точечная ;
	+ сквозная;
	+ межкристаллитная (расслаивающая в деформированных заготовках и ножевая в сварных соединениях).

Главная классификация производится по механизму протекания процесса. Различают два вида:

* химическую коррозию;
* электрохимическую коррозию.

**Коррозия неметаллических материалов**

По мере ужесточения условий эксплуатации (повышение температуры, механических напряжений, агрессивности среды и др.) и неметаллические материалы подвержены действию среды. В связи с чем термин «коррозия» стал применяться и по отношению к этим материалам, например «коррозия бетонов и железобетонов», «коррозия пластмасс и резин». При этом имеется в виду их разрушение и потеря эксплуатационных свойств в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Но следует учитывать, что механизмы и кинетика процессов для неметаллов и металлов будут разными.

**Коррозия металлов**

Коррозия металлов — разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой. Для процесса коррозии следует применять термин «коррозионный процесс», а для результата процесса — «коррозионное разрушение». Образование гальванических пар с пользой применяют для создания батарей и аккумуляторов. С другой стороны, образование такой пары приводит к неблагоприятному процессу, жертвой которого становится целый ряд металлов, — коррозии. Под коррозией понимают происходящее на поверхности электрохимическое или химическое разрушение металлического материала. Наиболее часто при коррозии металл окисляется с образованием ионов металла, которые при дальнейших превращениях дают различные продукты коррозии. Коррозия может быть вызвана как химическим, так и электрохимическим процессом. Соответственно, различают химическую и электрохимическую коррозию металлов.

**Типы коррозии**

**Электрохимическая коррозия**

Разрушение металла под воздействием возникающих в коррозионной среде гальванических элементов называют электрохимической коррозией. Не следует путать с электрохимической коррозией коррозию однородного материала, например, ржавление железа или т. п. При электрохимической коррозии (наиболее частая форма коррозии) всегда требуется наличие электролита (Конденсат, дождевая вода и т. д.), с которым соприкасаются электроды — либо различные элементы структуры материала, либо два различных соприкасающихся материала с различающимися окислительно-восстановительными потенциалами. Если в воде растворены ионы солей, кислот, или т. п., электропроводность её повышается, и скорость процесса увеличивается.

**Коррозионный элемент**

При соприкосновении двух металлов с различными окислительно-восстановительными потенциалами и погружении их в раствор электролита, например, дождевой воды с растворенным углекислым газом CO2, образуется гальванический элемент, так называемый коррозионный элемент. Он представляет собой не что иное, как замкнутую гальваническую ячейку. В ней происходит медленное растворение металлического материала с более низким окислительно-восстановительным потенциалом; второй электрод в паре, как правило, не корродирует. Этот вид коррозии особо присущ металлам с высокими отрицательными потенциалами. Так, совсем небольшого количества примеси на поверхности металла с большим редокспотенциалом уже достаточно для возникновения коррозионного элемента. Особо подвержены риску места соприкосновения металлов с различными потенциалами, например, сварочные швы или заклёпки.

Если растворяющийся электрод коррозионно-стоек, процесс коррозии замедляется. На этом основана, например, защита железных изделий от коррозии путём оцинковки — цинк имеет более отрицательный потенциал, чем железо, поэтому в такой паре железо восстанавливается, а цинк должен корродировать. Однако в связи с образованием на поверхности цинка оксидной плёнки процесс коррозии сильно замедляется.

Примером крупномасштабной электрохимической коррозии может служить происшествие, случившееся в декабре 1967 года с норвежским [рудовозом](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A0%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7&action=edit&redlink=1) «Анатина , следовавшим из [Кипра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BF%D1%80_%28%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%29) в [Осаку](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0%D0%BA%D0%B0). Налетевший в [Тихом океане](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%85%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D0%BA%D0%B5%D0%B0%D0%BD) [тайфун](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B9%D1%84%D1%83%D0%BD) привёл к попаданию в трюмы солёной воды и образованию большой [гальванической пары](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0): [медного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D1%8C) концентрата со [стальным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C) корпусом судна, который вскоре размягчился, и судно подало сигнал бедствия. Экипаж был спасён подоспевшим немецким судном, а сама «Анатина» еле-еле добралась до порта.

**Водородная и кислородная коррозия**

Если происходит восстановление ионов H3O+ или молекул воды H2O, говорят о водородной коррозии или коррозии с водородной деполяризацией. Восстановление ионов происходит по следующей схеме:

2H3O+ + 2e− → 2H2O + H2 или

2H2O + 2e− → 2OH− + H2

Если водород не выделяется, что часто происходит в нейтральной или сильно щелочной среде, происходит восстановление кислорода и здесь говорят о кислородной коррозии или коррозии с кислородной деполяризацией:

O2 + 2H2O + 4e− → 4OH−

Коррозионный элемент может образовываться не только при соприкосновении двух различных металлов. Коррозионный элемент образуется и в случае одного металла, если, например, структура поверхности неоднородна.

**Химическая коррозия**

Электрокоррозия полотенцесушителя

Химическая коррозия — взаимодействие поверхности металла с коррозионно-[активной](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%8F)&action=edit&redlink=1) средой, не сопровождающееся возникновением электрохимических процессов на границе фаз. В этом случае взаимодействия окисления металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают в одном акте. Например, образование окалины при взаимодействии материалов на основе железа при высокой температуре с кислородом:



При электрохимической коррозии ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала металла (например, ржавление стали в морской воде).

**Борьба с коррозией**

Коррозия приводит ежегодно к миллиардным убыткам, и решение этой проблемы является важной задачей. Основной ущерб, причиняемый коррозией, заключается не в потере металла как такового, а в огромной стоимости изделий, разрушаемых коррозией. Вот почему ежегодные потери от неё в промышленно развитых странах столь велики. Истинные убытки от неё нельзя определить, оценив только прямые потери, к которым относятся стоимость разрушившейся конструкции, стоимость замены оборудования, затраты на мероприятия по защите от коррозии. Ещё больший ущерб составляют косвенные потери. Это простои оборудования при замене прокорродировавших деталей и узлов, утечка продуктов, нарушение технологических процессов.

Идеальная защита от коррозии на 80 % обеспечивается правильной подготовкой поверхности, и только на 20 % качеством используемых лакокрасочных материа­лов и способом их нанесения. . Наиболее производительным и эффективным методом подготовки поверхности перед дальнейшей защитой субстрата является [абразивоструйная очистка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0).Обычно выделяют три направления методов защиты от коррозии:

1. Конструкционный
2. Активный
3. Пассивный

Для предотвращения коррозии в качестве конструкционных материалов применяют [нержавеющие стали](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C), [кортеновские стали](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F), [цветные металлы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B). При проектировании конструкции стараются максимально изолировать от попадания коррозионной среды, применяя клеи, герметики, резиновые прокладки.

Активные методы борьбы с коррозией направлены на изменение структуры [двойного электрического слоя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B9). Применяется наложение постоянного электрического поля с помощью источника постоянного тока, напряжение выбирается с целью повышения электродного потенциала защищаемого металла. Другой метод — использование жертвенного анода, более активного материала, который будет разрушаться, предохраняя защищаемое изделие.

В качестве защиты от коррозии может применяться нанесение какого-либо **покрытия**, которое препятствует образованию коррозионного элемента (пассивный метод).

Кислородная коррозия оцинкованного железа

Кислородная коррозия железа, покрытого оловом

Красочное покрытие, полимерное покрытие и эмалирование должны, прежде всего, предотвратить доступ кислорода и влаги. Часто также применяется покрытие, например, стали другими металлами, такими как цинк, олово, хром, никель. Цинковое покрытие защищает сталь даже когда покрытие частично разрушено. Цинк имеет более отрицательный потенциал и корродирует первым. Ионы Zn2+ токсичны. При изготовлении консервных банок применяют жесть, покрытую слоем олова. В отличие от оцинкованной жести, при разрушении слоя олова корродировать, притом усиленно, начинает железо, так как олово имеет более положительный потенциал. Другая возможность защитить металл от коррозии — применение защитного электрода с большим отрицательным потенциалом, например, из цинка или магния. Для этого специально создаётся коррозионный элемент. Защищаемый металл выступает в роли катода, и этот вид защиты называют катодной защитой. Растворяемый электрод, называют, соответственно, анодом протекторной защиты. Этот метод применяют для защиты от коррозии морских судов, мостов, котельных установок, расположенных под землей труб. Для защиты корпуса судна на наружную сторону корпуса крепят цинковые пластинки.

Если сравнить потенциалы цинка и магния с железом, они имеют более отрицательные потенциалы. Но тем не менее корродируют они медленнее вследствие образования на поверхности защитной оксидной плёнки, которая защищает металл от дальнейшей коррозии. Образование такой плёнки называют пассивацией металла. У алюминия её усиливают анодным окислением (анодирование). При добавлении небольшого количества хрома в сталь на поверхности металла образуется оксидная плёнка. Содержание хрома в нержавеющей стали — более 12 процентов.

Коррозия ухудшает работу [трубопроводов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4).

Экономические потери от коррозии металлов огромны. В [США](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%A8%D0%90) по последним данным ущерб от коррозии и затраты на борьбу с ней составили 3,1 % от [ВВП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%9F) (276 млрд долларов). В [Германии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) этот ущерб составил 2,8 % от ВВП.

 **Защита металлов от коррозии**

Вред, наносимый коррозией огромен. А чтобы победить противника, его нужно хорошо знать

1. Применение защитных покрытий ( металлические изделия покрывают

 лаками , красками и эмалями

1. Применение защитных покрытий ( металлические изделия покрывают

 лаками , красками и эмалями

**Горе́ние** — сложный физико-химический процесс превращения исходных веществ в продукты сгорания в ходе [экзотермических реакций](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8), сопровождающийся интенсивным выделением [тепла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0). Химическая энергия, запасённая в компонентах исходной смеси, может выделяться также в виде [теплового излучения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и света. Светящаяся зона называется фронтом пламени или просто [пламенем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D1%8F).

[Освоение огня](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D1%8F_%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8_%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D1%8C%D0%BC%D0%B8) сыграло ключевую роль в развитии человеческой цивилизации. [Огонь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D1%8C) открыл людям возможность приготовления пищи и обогрева жилищ, а впоследствии — развития [металлургии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) и создания новых, более совершенных инструментов и технологий.

Горение до сих пор остаётся основным источником энергии в мире и останется таковым в ближайшей обозримой перспективе. В 2010 году примерно 90 % всей энергии, производимой человечеством на Земле, добывалось сжиганием [ископаемого топлива](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE) или [биотоплив](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE), и, по прогнозам [Управления энергетических исследований и разработок (США)](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B8_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA_(%D0%A1%D0%A8%D0%90)&action=edit&redlink=1), эта доля не упадёт ниже 80 % до 2040 года при одновременном росте энергопотребления на 56 % в период с 2010 по 2040 годы С этим связаны такие [глобальные проблемы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D1%8B) современной цивилизации, как истощение [невозобновляемых энергоресурсов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8B), [загрязнение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) окружающей среды и [глобальное потепление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5).

Особенности горения, отличающие его от прочих видов [окислительно-восстановительных реакций](https://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), — это большой [тепловой эффект реакции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8) и большая [энергия активации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8), приводящая к сильной зависимости скорости реакции от температуры. Реакции горения, как правило, идут по разветвлённо-цепному механизму с прогрессивным самоускорением за счёт выделяющегося в реакции тепла. Вследствие этого горючая смесь, способная храниться при комнатной температуре неограниченно долго, может воспламениться или [взорваться](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2) при достижении критической температуры воспламенения ([самовоспламенение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)) или при инициировании внешним источником энергии (вынужденное воспламенение, или зажигание).

Если продукты, образующиеся при сгорании исходной смеси в небольшом объёме за короткий промежуток времени, совершают значительную механическую работу и приводят к ударным и тепловым воздействиям на окружающие объекты, то это явление называют взрывом. Процессы горения и взрыва составляют основу для создания [огнестрельного оружия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%B5), [взрывчатых веществ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0), [боеприпасов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%8B) и различных видов обычных вооружений.

До открытия кислорода в начале 1770-х годов [Карлом Шееле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B5%D0%B5%D0%BB%D0%B5%2C_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC) и [Джозефом Пристли](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BB%D0%B8%2C_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%84) считалось, что все тела, способные гореть, содержат особое начало, «[флогистон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BD)», которое в процессе горения выделяется из тела, оставляя золу. В 1775 году [Лавуазье](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%B2%D1%83%D0%B0%D0%B7%D1%8C%D0%B5) показал, что напротив, к горючему веществу при горении присоединяется кислород воздуха, а в 1783 году Лавуазье и [Лаплас](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81) обнаружили, что продукт горения водорода — чистая вода. Эти открытия заложили основу современных научных взглядов на природу горения.

Следующий шаг в развитии основ теории горения связан с работами [Малляра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D1%80%2C_%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%B0_%D0%AD%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%82) и [Ле Шателье](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5_%D0%A8%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B5%2C_%D0%90%D0%BD%D1%80%D0%B8_%D0%9B%D1%83%D0%B8)и [В. А. Михельсона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%BD%2C_%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87), выполненными в 1880-е годы. В 1890 году Михельсон опубликовал работуо распространении пламени в трубах и предложил теорию [горелки Бунзена](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B0_%D0%91%D1%83%D0%BD%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%B0).

В 1928 году Бурке и Шуманн рассмотрели задачу о диффузионном пламени и показали, что когда скорость сгорания реагентов в химической реакции много больше скорости подвода реагентов посредством диффузии, зону реакции можно считать бесконечно тонкой, при этом в ней автоматически устанавливается стехиометрическое соотношение между окислителем и горючим, а максимальная температура в зоне реакции близка к адиабатической температуре горения.

**Классификация видов горения**

По скорости движения смеси горение подразделяется на *медленное горение* (или [дефлаграцию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%84%D0%BB%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)) и *детонационное горение* ([детонацию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)). Волна дефлаграционного горения распространяется с [дозвуковой скоростью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), а нагрев исходной смеси осуществляется в основном теплопроводностью. Детонационная волна движется со [сверхзвуковой скоростью](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), при этом химическая реакция поддерживается благодаря нагреву реагентов [ударной волной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) и, в свою очередь, поддерживает устойчивое распространение ударной волны[[19]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD#cite_note-.D0.A9.D1.91.D0.BB.D0.BA.D0.B8.D0.BD.2C_.D0.A2.D1.80.D0.BE.D1.88.D0.B8.D0.BD.2C_.D0.93.D0.B0.D0.B7.D0.BE.D0.B4.D0.B8.D0.BD.D0.B0.D0.BC.D0.B8.D0.BA.D0.B0_.D0.B3.D0.BE.D1.80.D0.B5.D0.BD.D0.B8.D1.8F.E2.80.941963.E2.80.94.E2.80.9426.-19)[[20]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD#cite_note-Law_C._K..2C_Combustion_Physics.E2.80.942006.E2.80.94.E2.80.94659.-20). Медленное горение подразделяется на [ламинарное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [турбулентное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) соответственно характеру течения смеси. В детонационном горении течение продуктов всегда турбулентное. В определённых условиях медленное горение может переходить в детонацию.

Если исходные компоненты смеси — [газы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7), то горение называют газофазным (или гомогенным). В газофазном горении [окислитель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) (как правило, [кислород](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4)) взаимодействует с [горючим](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%B5) (например, [водородом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) или [природным газом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7)). Если окислитель и горючее заранее перемешаны на молекулярном уровне, то такой режим называется горением предварительно перемешанной смеси ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *premixed combustion*). Если же окислитель и горючее отделены друг от друга в исходной смеси и поступают в зону горения посредством [диффузии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%84%D1%84%D1%83%D0%B7%D0%B8%D1%8F), то горение называется диффузионным[[24]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD#cite_note-Law_C._K..2C_Combustion_Physics.E2.80.942006.E2.80.94.E2.80.948.-24).

Если исходно окислитель и горючее находятся в разных фазах, то горение называется гетерогенным. Как правило, в этом случае реакция окисления также идёт в газовой фазе в диффузионном режиме, а тепло, выделяющееся в реакции, частично расходуется на термическое разложение и испарение горючего. Например, по этому механизму горят [уголь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C) или [полимеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B) в воздухе. В некоторых смесях могут иметь место экзотермические реакции в конденсированной фазе с образованием твёрдых продуктов без существенного газовыделения. Такой механизм называется твердофазным горением.

**Пламя**

[Пламя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D1%8F) — это светящаяся зона, образующаяся в ходе горения. Температура пламени зависит от состава исходной смеси и условий, при которых осуществляется горение. При горении природного газа в воздухе температура в горячей зоне может превышать 2000 К, а при горении [ацетилена](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%86%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BD) в кислороде ([газовая сварка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B0)) — 3000 К.

**Цвет пламени**

В зоне горения могут возникать свободные радикалы и молекулы в электронно-возбуждённых и колебательно-возбуждённых состояниях. Если интенсивность свечения достаточно высока, то его можно воспринимать невооружённым глазом. Цвет пламени определяется тем, на каких частотах идут квантовые переходы, вносящие основной вклад в излучение в видимой области спектра. Значительная часть излучения, особенно при наличии твёрдой фазы, пылинок или частиц сажи в пламени, приходится на инфракрасную область, которая субъективно воспринимается как жар от огня. В [инфракрасное излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) вносят вклад колебательно-возбуждённые молекулы CO, CO2 и H2O.

При горении водорода в чистом воздухе пламя почти бесцветное. Оно имеет едва заметный голубоватый оттенок из-за излучения радикалов OH в оптическом диапазоне на длинах волн 306—308 нм. Однако обычно водородное пламя в воздухе светится сильнее из-за присутствия пылинок и органических микропримесей.

**Теория горения**

Несмотря на большой опыт использования на практике, процессы горения остаются одними из наиболее сложных для научного изучения. Наука о горении является в высшей степени междисциплинарной, лежащей на стыке таких научных дисциплин, как газодинамика, химическая термодинамика, химическая кинетика, молекулярная и химическая физика, [тепломассообмен](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD), квантовая химия и физика, материаловедение и компьютерное моделирование

[Теплота сгорания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) — это количество теплоты, выделившейся при полном сгорании исходных компонентов, то есть до CO2 и H2O для углеводородных топлив. На практике часть выделившейся энергии расходуется на диссоциацию продуктов, поэтому адиабатическая температура горения без учёта диссоциации оказывается заметно выше той, что наблюдается на практике.

Термодинамический расчёт позволяет определить равновесный состав и температуру продуктов, но не даёт никакой информации о том, с какой скоростью система приближается к равновесному состоянию. Полное описание горения требует знания механизма и кинетики реакций и условий тепло- и массообмена с окружающей средой.

Например, для горения метана может использоваться следующая одностадийная схема:

|  |  |
| --- | --- |
| CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O |  |

с кинетическими параметрами, подбираемыми по экспериментально измеренной скорости пламени.

**Гетерогенное горение**

[Гетерогенными](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) процессами, в противоположность [гомогенным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0), в химии и физике называют процессы, происходящие в гетерогенных системах, то есть системах, содержащих более одной [фазы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%B0) (например, газ и жидкость), а также процессы, происходящие на границе раздела фаз. В исследованиях по горению термин *гетерогенное горение* используется для систем, в которых топливо и окислитель исходно находятся в разных фазах[[25]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD%EF%BF%BD#cite_note-Law_C._K..2C_Combustion_Physics.E2.80.942006.E2.80.94.E2.80.9410.-25), даже если в процессе топливо испаряется, и сами химические реакции происходят в газовой фазе. Типичным примером является горение угля в воздухе, в котором углерод может реагировать с кислородом на поверхности частиц угля с образованием [угарного газа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7). В дальнейшем угарный газ может догорать в газовой фазе и образовывать [углекислый газ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7), а в некоторых режимах топливо может испаряться с поверхности частиц и окисляться как газообразный углерод в газовой фазе. Несмотря на различие механизмов, все эти режимы формально относятся к гетерогенному горению.

Гетерогенное горение чрезвычайно важно в практических приложениях горения. Большинство топлив удобнее хранить и транспортировать в жидком виде (в том числе [сжиженный природный газ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B6%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B0%D0%B7)). Рабочие процессы в [топках](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B0), [двигателях внутреннего сгорания](https://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), [дизельных двигателях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [воздушно-реактивных двигателях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [жидкостных ракетных двигателях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) — это гетерогенное горение, а оптимизация процесса испарения и смешения топлива и окислителя для их подачи в камеру сгорания — важная составная часть оптимизации всего процесса горения в рабочих системах.

Практически все [пожары](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80) — это также гетерогенное горение, однако взрывы бытового газа относятся к гомогенному горению, так как исходно и горючее, и окислитель — это газы.Для повышения энергетических характеристик твёрдых топлив в них могут добавляться [металлы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B_%D0%BA%D0%B0%D0%BA_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%B5). Такие топлива могут использоваться, например, для скоростных подводных [торпед](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B0), так как чистый алюминий хорошо горит в воде. Горение алюминия и других .

**Вывод** : В процессе работы мы выяснили, что коррозия и горение относятся к окислительно-восстановительным процессам, окружающим нас и играющих огромную роль в нашей жизни.

 Используемые литературы :

1.Стр 116 параграф 46 .Химия 9 кл Г.Е. Рудзитис .Москва 2002 г

2. стр 234 параграф 12.7 Химия для подготовительных отделений Г.П Хомченко .Москва 1988 г

3. стр 170 параграф 9.2 Химия для подготовительных отделений Г.П Хомченко .Москва 1988 г

4 Стр 119 параграф 46 .Химия 9 кл Г.Е. Рудзитис .Москва 2002 г

5.Стр 162 Общая и коммунальная гигиена Н.Ф . Измеров