

Елена Трепалина, наш корреспондент

ФТОРИСТЫЙ ВОДОРОД



Фтористый водород (фтороводород, фторид водорода, гидрофторид) — бесцветный газ или легко испаряющаяся жидкость с очень резким запахом. На воздухе дымится из-за взаимодействия с водой. В безводном состоянии фтороводород химически инертен. В присутствии воды он проявляет сильные окислительные свойства и активно реагирует с большинством веществ, включая даже хлористый водород, который и сам является сильным окислителем. Многие реакции с участием фтороводорода приводят к пожарам или взрывам за счет интенсивного выделения тепла. При его растворении в воде также выделяется тепло. Фтороводород токсичен. Класс опасности — 1.

Фтористый водород смешивается с водой в любых пропорциях и образует при этом плавиковую (фтороводородную) кислоту. Своим названием она обязана минералу — плавиковому шпату, из которого получают фтороводород. Эта кислота интересна тем, что она реагирует с кремнием, устойчивым к воздействию других кислот, и способна растворять даже стекло и песок. Но с ней не реагируют золото и платина, а также парафин. Не растворяется в плавиковой кислоте и свинец, поскольку при их взаимодействии на поверхности металла образуется нерастворимое соединение. При концентрации HF более 60 % плавиковая кислота не реагирует и со сталью.

Соли кислоты и фтороводорода называют фторидами. Большинство из них плохо растворяется в воде. Все они ядовиты.

ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Фтороводород получается при взаимодействии фтора и водорода. Эта реакция идет даже при очень низких температурах. В промышленности его получают из плавикового шпата с помощью сильных нелетучих кислот, например, серной.

НАША СПРАВКА

Температура плавления фтороводорода — 83,4 °С, кипения — +19,54 °С. Плотность — 0,99 г/см³, т. е. очень близко к плотности воздуха. Хорошо растворяется в воде.

Фтористый водород негорюч, но реакции с его участием, включая взаимодействие с водой, пожаро- и взрывоопасны.

Максимальная разовая ПДК рабочей зоны для фтористого водорода — 0,5 мг/м³; среднесуточная — 0,1 мг/м³. Среднесуточная ПДК в воздухе населенных пунктов — 0,005 мг/м³. Порог раздражающего действия — 8 мг/м³.

Фтористый водород и плавиковую кислоту широко используют в промышленности для получения фторидов, фтористых производных урана. Применяют его и для изготовления фреонов — веществ, которые задействуются в качестве хладагентов (в том числе в холодильниках), растворителей и вспенивателей и для производства фторорганических веществ и пластмасс. Эти вещества используются в алюминиевой промышленности и для обработки нержавеющей стали и сплавов.

Способность фтороводорода и плавиковой кислоты взаимодействовать с кремнием обуславливает их применение для матового и прозрачного травления стекла. Для этого стекло покрывают слоем парафина, который устойчив к воздействию фтористого водорода, процарапывают на нем узор или надпись, а затем покрывают плавиковой кислотой.

Эти вещества используют также для травления кремния при изготовлении полупроводников и для растворения кремниевых соединений.

Жидкий HF применяют в биохимии, поскольку белки растворяются в нем, не разлагаясь. Посредством его создаются сверхкислые среды, или суперкислоты — вещества или смеси, которые сильнее 100-процентной серной кислоты.

Фтороводород и плавиковую кислоту хранят и перевозят в стальных, пластиковых или стеклянных контейнерах, защищенных изнутри слоем парафина.

АВАРИИ

7 марта 2005 г. в Солт-Лейк-Сити (США) на железнодорожной станции произошла утечка одновременно азотной, соляной и плавиковой кислот. Около 6 тыс. жителей города были эвакуированы из опасной зоны. Вокруг нее были перекрыты автомагистрали. Бригада специалистов, прибывшая из Лас-Вегаса, собрала кислоту в контейнеры и вывезла на утилизацию.

1 ноября 2012 г. под Красноярском произошла утечка фтороводорода из железнодорожной цистерны. Ликвидация аварии заняла более 5 ч. Однако она не помешала движению по железной дороге и не привела к возникновению опасности для населения. Погибших и пострадавших не было.

28 января 2013 г. на заводе Samsung в городе Хвасон (Южная Корея) в результате утечки из 500-литрового резервуара около Юл плавиковой кислоты один человек погиб, четверо пострадали (они устраняли утечку). Погибший работал в защитной маске, но без защитного костюма, а пострадавшие — в костюмах и масках.

ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ

При выбросе или проливе фтористого водорода необходимо эвакуировать людей из опасной зоны. В этом случае герметизация окон и дверных проемов тканью, смоченной мыльной водой или раствором соды, может не обеспечить нужную защиту, а опасная концентрация HF достигается очень быстро. Меры по указанной герметизации могут быть результативны только при невысоких концентрациях этого вещества.

В аварийных ситуациях, связанных с утечкой фтороводорода, и при пожарах рядом с объектами, где он хранится, нельзя использовать для тушения воду и водные агенты. Если утечки вещества нет, контейнеры с ним можно охлаждать, обливая их водой, но нельзя допускать контакта воды с фтористым водородом. Борьбу с огнем в таких случаях следует вести из укрытия.

Недопустимо любое взаимодействие фтороводорода с водой, включая слив вещества в канализацию. В некоторых источниках



27 сентября 2012 г. в городе Гуми (Южная Корея), который находится в 200 км от Сеула, на заводе Hube Globe произошел взрыв и вытекло 8 т плавиковой кислоты. В результате погибли 5 человек, пострадали еще 18. К 10 октября за медицинской помощью обратились около 3 тыс. человек. Из опасной зоны было эвакуировано население нескольких деревень. Пострадали также урожай в хозяйствах и на полях, сельскохозяйственные животные. В регионе было объявлено чрезвычайное положение, и он был признан зоной экологической катастрофы.

для осаждения его паров рекомендуют использовать водяную завесу, однако при этом образуется плавиковая кислота. Поэтому для дегазации, нейтрализации и осаждения паров следует применять щелочные растворы, лучше всего содержащие кальций (известковое молоко, раствор негашеной извести или кальцинированной соды).

Место разлива плавиковой кислоты обваловывают (но не песком). При возможности ее собирают в емкости. Зараженный грунт тоже собирают в емкости и утилизируют.

На месте аварии и в зонах с высокими концентрациями фтороводорода (до 500 м от места выброса или разлива), а также где его концентрация неизвестна, необходимо работать в изолирующих противогазах (ИП-4М, ИП-5) на химически связанном кислороде или в дыхательных аппаратах (АСВ-2, ДАСВ) на сжатом воздухе либо на сжатом кислороде (КИП-8, КИП-9). При этом надо учитывать, что пары фтороводорода и плавиковой кислоты способны взаимодействовать со стеклом. Следует использовать средства защиты кожи,





При концентрации вещества ниже $2\ 000\ \text{мг/м}^3$ допустимо работать в промышленных противогазах с коробками А, В, БКФ, МКФ или в гражданских противогазах с дополнительным патроном ДПГ-3.

Для определения концентрации фтористого водорода в воздухе можно использовать приборы химической разведки ВПХР, ППХР, ПХР-МВ с индикаторной трубкой ИТ-44, аспираторы АМ-5, АМ-0055, АМ-0059, НП-3М с индикаторными трубками на данное вещество и другие приборы с соответствующими индикаторными трубками.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЧЕЛОВЕКА

Фтороводород токсичен и, согласно некоторым данным, обладает слабым наркотическим действием. Он может попасть в организм человека через дыхательные пути, при проглатывании кислоты и через кожу. Причем плавиковая кислота быстро впитывается через кожу, не вызывая раздражения и боли. Химический (кислотный) ожог возникает позднее — насколько именно, зависит от концентрации фтороводорода. При воздействии слабых растворов ожог может проявиться через сутки и более. Он сопровождается болью, отеком и признаками общего отравления веществом.

В случае ингаляционного воздействия фтороводород разъедает стенки дыхательных путей.

Когда концентрация HF в воздухе достигает порога раздражающего действия ($8\ \text{мг/м}^3$), у пострадавших начинаются кашель и приступы удушья. При более высоких концентрациях фтороводород раздражает кожу и слизистые оболочки, включая глаза. Появляются слезотечение и интенсивное слюновыделение. Иногда возникает рвота. Воздействие очень высоких концентраций вызывает спазм дыхательных путей, что может привести к смерти (приблизительно в течение 5 мин).

Системное действие фтороводорода заключается в том, что в организме он взаимодействует с ионами кальция, образуя нерастворимый фторид. Это приводит к гипокальциемии — снижению содержания кальция в крови. Ионы кальция необходимы для

работы сердца, печени, почек, мышц, нервной системы, поэтому при отравлении фтороводородом и фторидами практически всегда наблюдаются нарушения в работе сердца. Порой у пострадавших отмечают поражение центральной нервной системы, приступы судорог. Может развиваться почечная недостаточность или токсический гепатит. После ингаляционного отравления нередко серьезные поражения легких и хронические бронхиты.

Длительное воздействие даже невысоких концентраций фтороводорода может привести к хроническому отравлению. Для него характерны носовые кровотечения, насморк, образование язв на слизистых оболочках, кашель, хронический бронхит, разрушение зубов, замедленное сердцебиение, понижение кровяного давления, нарушение состава крови.



ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ

Пострадавшему следует эвакуировать (эвакуацию проводить в противогазе) на свежий воздух. Промыть ему глаза чистой водой и обеспечить покой и полусидячее положение.

При необходимости удалить с пострадавшего загрязненную одежду и промыть кожу большим количеством воды.

В случае проглатывания жидкого фтороводорода или плавиковой кислоты нельзя вызывать у пострадавшего рвоту. Это связано с тем, что кислота, второй раз пройдя по пищеводу, усугубит ожог. К счастью, подобные отравления встречаются редко.

Всех, кто находился под воздействием фтороводорода, нужно доставить в медицинское учреждение, поскольку он вызывает системное отравление, выражающееся в сердечной и почечной недостаточности. Его вдыхание, как уже говорилось, может привести к отеку легких, который иногда проявляется спустя несколько часов после контакта с газом. Искусственное дыхание пострадавшим в результате ингаляционного отравления HF следует проводить только с использованием специальных аппаратов.

НАША СПРАВКА

РАСТВОРЫ ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ (НЕЙТРАЛИЗАЦИИ):

- 10-процентный водный раствор аммиака (10 л жидкого аммиака + 90 л воды);
- 10-процентный водный раствор гашеной извести (10 кг гашеной извести + 90 л воды);
- известковое молоко: одну весовую часть гашеной извести залить тремя частями воды, перемешать, слить сверху известковый раствор;
- 10-процентный водный раствор кальцинированной соды (10 кг кальцинированной соды + 90 л воды).