



ХАРАКТЕРИСТИКА ФТОРА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

Изатуллаев Сарвар Абдумоннонович

СамМУ Фармация факультет ассистент

Аннотация Фтор - химический элемент VIIA группы Периодической системы Д.И. Менделеева, относится к галогенам, легчайший из них. Известно более 100 фторсодержащих минералов, важнейшие из них флюорит (плавиковый шпат), фторапатит, криолит. Отравления соединениями фтора возможны в условиях производства. Главным потребителем фторсодержащих минералов является металлургическая и химическая промышленность. Плавиковый шпат используется при промышленном производстве плавиковой (40% водный раствор HF) и фторводородной (более разбавленные растворы) кислот. Безводную или концентрированную (не более 5% воды) кислоту называют жидкой плавиковой кислотой.

Ключевые слова:

Фтор, Галогены, Реакционная способность, Фтороводород (HF), тори́ды, Перфторсоединения, Окислительные свойства, лeктронегативность, Тефлон, Промышленное применение, Токсичность, Химическая активность, Алюминиевая, промышленность, Фторорганические соединения, Радиохимия,

Газообразный и жидкий фтороводород в свою очередь является основным сырьем для производства неорганических фторидов и фторуглеродов, катализаторов для ряда органических реакций, реагентов для травления металлов, стекла. Фторорганические производные - фторуглероды - применяются в качестве хладагентов, аэрозолей, пластических масс, диэлектриков, смазочных масел, смачивателей, огнетушащих жидкостей,



растворителей, теплоносителей, лекарственных средств. Газообразные фторуглероды - идеальные хладагенты: они нетоксичны, не имеют запаха, стабильны, не вызывают коррозии аппаратуры и негорючи. Фтор входит в состав синтетических высокомолекулярных соединений, наиболее важным из них является тефлон. Эти вещества практически нетоксичны, так как термостабильны и негорючи, нерастворимы в органических растворителях, очень устойчивы к химическим воздействиям. Из неорганических фторидов наибольшее значение имеет фторид натрия, который используется для получения «молочного» стекла, для консервирования древесины и в инсектицидных композициях.

Тетрафторборат (III) водорода $\text{H}[\text{BF}_4]$ применяется в гальваническом производстве и в органическом синтезе. Кремнистофторводородная кислота $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ и ее соли используются в гальваностегии, а также для пропитки древесины, для получения фторсиликатов и фторидов металлов. Разнообразие химических соединений фтора объясняет различие в молекулярных механизмах и клинических проявлениях токсичности. Встречающийся в литературе неопределенный термин «отравление фтором» с позиций токсикологической химии, в частности ее клинического направления, не имеет практического смысла.

Токсическое действие соединений фтора

Дифтор

Газообразный фтор - дифтор (F_2) — чрезвычайно активное вещество, вступающее в реакции с большинством органических соединений. Даже следовые количества F_2 раздражают слизистые оболочки глаз и органы дыхания. При контакте с кожей газообразный фтор вызывает сильные ожоги. ПДК в воздухе 0.15 мг/м³. Дифтор, реагируя с водой, образует фтороводород и



чрезвычайно реакционноспособные атомарный кислород и дифториды кислорода.

При контакте фтора с плазмой крови происходит окисление хлоридионов плазмы с образованием молекулярного хлора, что приводит к отеку легких. Таким образом, по прямому и косвенному действию газообразный фтор является сильным разъедающим ядом. Это связано с высоким значением стандартного окислительно-восстановительного потенциал пары $F_2/2F^-$ - (+2,77 В). Фтороводород (HF) является разъедающим ядом. ПДК в воздухе 0,5 мг/м³. Вызывает ожог слизистых оболочек рта, гортани, бронхов, бронхиол, легких, сопровождающийся острой болью. Вдыхание фтороводорода может вызвать кашель, приступы удушья, лихорадку, одышку, цианоз и отек легких. При проглатывании фтористоводородной кислоты могут наблюдаться тошнота, рвота, диарея и боли в животе, а при кожном контакте – глубокое и болезненное изъязвление. Системные токсические эффекты включают слабость, тетанию, судороги, угнетение дыхания и острую почечную и печеночную недостаточность. При попадании на кожу жидкого фтороводорода возникает болезненная язва. Фтороводород вследствие высокой плотности заряда на ионе F^- - прочно притягивает диполи воды, обезвоживая и разрушая близлежащие ткани.

При этом прекращается отделение слюны и мочи. Кроме того, фторид-ион реагирует с ионами кальция с образованием малорастворимого фторида кальция. Это сопровождается нарушением фосфорно-кальциевого обмена. Неорганические фториды (фторид-ионы), связанные с неорганическими катионами, обнаружены в тканях животных, преимущественно в костях и зубах. На каждый килограмм свежей костной ткани приходится 100-300 мг фторидов. Ежедневно человек получает с пищей в среднем 0.2-0.3 мг фторидов. Верхний безопасный предел содержания фторидов может быть



оценено по содержанию фторид-ионов в моче - около 5 мг/сут. Растворимые фториды легко всасываются. Скорость экскреции фторид ионов, напротив, мала, что приводит к их накоплению в организме. Токсическое действие растворимых фторидов, например NaF, связано преимущественно с образованием малорастворимого кальция фторида (CaF_2). При этом нарушаются все многочисленные биохимические процессы с участием Ca^{2+} . Фториды служат энеогичными ингибиторами многих ферментов (липазы, эстеразы, уреазы, фосфатазы и некоторых каталаз). Отравление фторидами влияет на метаболизм в организме в целом, включая и некоторые процессы фосфорилирования.

Симптомы острого отравления фторидами становятся, таким образом, результатом сложного комбинированного действия. Натрия фторид (NaF) входит в состав многих порошков, предназначенных для истребления тараканов, мышей, крыс (т.е. инсектицидов и родентицидов). Ранее в состав многих зубных паст вводили фторид натрия, но теперь более безопасным считается использование смешанной соли — фторфосфата натрия. Острые отравления NaF чаще всего случайны. Если выпить раствор, содержащий фторид-ионы, возникнет острое воспаление слизистой оболочки желудка и кишечника, появляются чувство жжения в полости рта и гортани, жажда, избыточное слюноотделение, рвота и диарея. В тяжелых случаях отмечаются мышечные судороги, слабость и тремор с последующим развитием дыхательной и сердечной недостаточности. Смертельная доза фторида натрия для взрослого человека составляет 5-10 г (по другим данным, летальной для взрослых считается доза 1-4 г). Симптомы отравления появляются при поступлении в организм 0,25 г натрия фторида. Доза ниже смертельной 43 вызывает нефрит и поражение печени. Хроническое отравление фторидами называется флюорозом. Флюороз развивается у людей, работающих с порошками криолита, фторида



кальция, если ежедневная доза фторида превышает 20 мг. Там, где в почве или в воде находятся значительные количества фторида, крупный рогатый скот и овцы, как правило, больны хроническим эндемическим флюорозом. Поражение фторидной пылью возможно также в районах, где имеются цементные или керамические заводы. Признаки хронического флюороза: поражение зубов (пятна на зубной эмали), хромота. При воздействии фторидов происходит замена гидроксила в молекуле гидроксиапатита фторид-анионами. Флюороз зубной эмали отмечается в тех областях, где питьевая вода содержит от $2 \cdot 10^{-4}$ до $13,7 \cdot 10^{-4}\%$ фторида натрия. Если питьевая вода совсем не содержит фторид-ионов, велика вероятность появления зубного кариеса. Противокариесное действие фторид-ионов объясняют образованием на зубной эмали более устойчивого к кислотной эрозии фторапатита. Кроме того, предполагают, что фторид-ионы оказывают антибактериальное действие. Утверждение о необходимости фторирования питьевой воды как меры борьбы с кариесом весьма спорно ввиду токсичности фторидов. Более безопасным и эффективным способом борьбы с кариесом считают введение в зубные пасты кислой натриевой соли монофторфосфорной кислоты. При лечении острых отравлений фторидами необходимо немедленное промывание желудка. Внутрь дают раствор хлорида кальция для связывания фторид-ионов в нерастворимый фторид кальция. Полезно также внутривенное медленное введение растворимой соли кальция (например, глюконата кальция). Химико-токсикологическое исследование при отравлении фтором включает определение избыточного количества F⁻ в рвотных массах или в моче. Фторорганические соединения. Исследования токсичности органических соединений, содержащих фтор, получили значительное развитие в результате разработки боевых отравляющих веществ во время второй мировой войны. Специфическое действие оказывают соединения, содержащие связь P-F, типичную для



фторофосфатов. и соединения, содержащие связь С- F , характерную, например, для фторацетатов. Фторфосфаты.

В начале второй мировой войны были синтезированы фторсодержащие отравляющие вещества – диалкилфторфосфаты. Эти соединения представляют собой чрезвычайно токсичные бесцветные стабильные жидкости, почти лишенные запаха. Вещества этого класса проявляют антихолинэстеразную активность. Первые признаки отравления – это сужение зрачков (миоз) и затруднение дыхания. Диизопропилфосфат используют как эталонное антихолинэстеразное вещество при токсикологических исследованиях. Это вещество токсично для насекомых и теплокровных. Отравляющие вещества – зарин и зоман – оказывают нервно-паралитическое действие. Зарин – изопропиловый эфир мспметилфторфоновой кислоты. При вдыхании в течение 10 мин воздуха с концентрацией зарины 7 мкг/л наступает смерть. При кожной абсорбции смертельная доза выше и составляет 0,12 мг/л. При приеме внутрь DL_{50} для человека равно 0.14 мг/кг. Зоман – пинаколиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты. Действие зомана на организм аналогично действию зарины, но более выражены кумулятивные свойства яда и отравление труднее поддается лечению. Смертельная концентрация зомана в воздухе при действии через органы дыхания в течение 10 мин 0,003 мг/л. при кожной абсорбции около 2 мг/кг. Мускариноподобное действие фторфосфатов до некоторой степени облегчается атропином, гоматропином и родственными парасимпатическими антагонистами. Эфедрин уменьшает бронхоспазм. При острых отравлениях необходима искусственная вентиляция легких. Фторацетаты, Термин «фторацетаты» объединяет многочисленные производные фторуксусной кислоты $-CH_2FCOOH$, например эфиры (метилфторацетат, этилфторацетат, 2-фтор-этилфторацетат), фтороацетилхлорид, ангидрид фторуксусной кислоты. и др.



Некоторые из этих соединений используют в качестве родентицидов. Фторуксусная кислота и ее производные – высокотоксичные вещества, действие которых связано с блокированием цикла трикарбоновых кислот. Производное кофермента А – фтор-ацетил кофермента А – включается в процесс синтеза лимонной кислоты. Это приводит к ингибированию аконитазы – фермента, обеспечивающего превращение лимонной кислоты в изолимонную. Применение фторуксусной кислоты и ее производных в жилых и общественных помещениях запрещено. Для фторацетатов DL50 находится в интервале от 0,22 до 4 мг/кг (мыши). Смертельная доза фторацетата натрия при попадании в организм человека около 50 мг. У животных обычно симптомы отравления проявляются не сразу. При экспозиции летальных концентраций паров через 30-60 мин (в зависимости от концентрации) начинаются судороги и обычно через несколько часов наступает гибель. Для кроликов и морских свинок CL50 при 10-минутной экспозиции составляет около 0,1 мг/л. Действие ядов этой группы замедлено даже при очень больших дозах. Исследования показали, что токсичность этих соединений связана с присутствием FCH_2CO -группы. Так, фторацетамид $\text{FCH}_2\text{CONH}_2$, представляет собой такой же судорожный яд замедленного действия, как и фторуксусная кислота. Степень и механизмы их токсичности позволяют предполагать, что в организме они гидролизуются до фторуксусной кислоты. Фторацетаты высокотоксичны для всех млекопитающих, это чрезвычайно опасные вещества. У человека, макаков, резусов и свиней фторацетаты вызывают депрессию миокарда, аритмии и фибрилляцию желудочков, поражение центральной нервной системы. Причиной смерти являются остановка сердца, токсическое расстройство дыхания и вазомоторных центров. Большинство насекомых очень чувствительны к фторацетатам. Фторацетаты и подобные им соединения не поражают растения и могут использоваться в качестве сельскохозяйственных инсектицидов.



Фторацетаты чрезвычайно легко абсорбируются из желудочно-кишечного тракта и распределяются по всему организму. При пероральном отравлении фторацетатами необходимо вызвать рвоту и немедленно сделать промывание желудка. Полагают, что внутривенное введение больших доз глицерилмоноацетата может рассматриваться как антидотная терапия. Фторированные углеводороды (фторуглероды) малотоксичны. Их токсичность значительно меньше по сравнению с хлорированными углеводородами. Например, объемная концентрация хлорпроизводных в парах для умерщвления морских свинок при 10-минутной экспозиции составляет 7% для CHCl_3 , 21 % для CHCl_2F 63% для CHClF_2 . Таким образом, замена одного атома хлора атомом фтора в этом ряду снижает токсичность втрое. Хладоны (фреоны), насыщенные газообразные фторуглероды или полифторуглеводороды (часто содержащие атомы Cl, реже – Br), негорючи, взрывобезопасны, химически инертны, обладают незначительной токсичностью. Например, вдыхание 20% смеси с воздухом фреона CCl_2F_2 , используемого в качестве хладагента в холодильных установках, не вызывает потери сознания, хотя наблюдаются потеря чувствительности и беспокойство. Через 10 мин после прекращения вдыхания все эти признаки исчезают. Фторатан (1,1,1 трифтор-2-хлор-2 бромэтан) применяют как средство для ингаляционного наркоза. Перфторалканы $\text{C}_n\text{F}_{2n+2}$ например политетрафторэтилен (тефлон, фторопласт) химически инертны и нетоксичны, применяются в качестве высокотемпературных смазок. Однако при нагревании до 500-800 °C образуются токсичные продукты разложения, содержащие фтороводород и фторуглероды, в том числе перфторизобутилен. Симптомы отравления горячими испарениями тефлона – кашель, стеснение в груди, одышка и в серьезных случаях судороги. Фторированные алкены высокотоксичны, например для перфторизобутилена ПДК составляет 1 мг/м³



Механизмы токсичности фторированных алкенов обусловлены присутствием двойной связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов. Под ред Н.И. Калетиной. – М.: Геотар-Медиа, 2010.-1016 с.
2. Токсикологическая химия. Под ред. Т.В. Плетневой. - М.: Геотар-Медиа, 2008.- 512 с
3. Токсикологическая химия. Ситуационные задачи и упражнения. Под ред. Т.В. Плетневой. - М.: Геотар-Медиа, 2007.- 352 с
4. Лужникове. А. Клиническая токсикология.—М.: МИА, 2008.—576 с.
Дополнительная 1. Граник В.Г. Токсикология лекарств.-М.: Вузовская книга, 2008.-428с.
2. Общая токсикология. Под ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. – М.:Медицина, 2006.- 729с.
3. Боев Ю.Г. Военная ветеринарная токсикология. / Ю. Г. Боев, И. С. Колесниченко, О. Ю. Марковский, Л. С. Михайлов/ -М.:Гринлайт, 2009.- 425с.

Дополнительная

5. Граник В.Г. Токсикология Лекарств.-М.: Вузовская Книга, 2008.-428с.
6. Общая Токсикология. Под Ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. – М.:Медицина, 2006.- 729с



7. Боев Ю.Г. Военная Ветеринарная Токсикология. / Ю. Г. Боев, И. С. Колесниченко, О. Ю. Марковский, Л. С. Михайлов/ -М.:Гринлайт, 2009.- 425с.
8. Nizomiddinovich T. F., Abdimannonovich I. S., Zoirovich A. J. Of Organic Substances By Thin Layer Chromatographic Method //Ta'lim Innovatsiyasi Va Integratsiyasi. – 2024. – Т.14. – №. 1. – С. 70-72.
9. Тошбоев Ф. Н., Анваров Т. О., Изатуллаев С. А. Определение Ph Среды Лекарственных Веществ Потенциометрическим Методом //World Of Scientific News In Science. – 2023. – Т. 1. – №. 1. – С. 166-169.
10. Abdumannonovich I. S., Qizi Y. S. Y., Qizi A. F. A. The Effect Of Alkaloids On The Human Body //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 3. – С. 83-87.
11. Тошбоев Ф. Н. Тахир Откирович Анваров, And Сарвар Абдиманнонович Изатуллаев."//Определение Ph Среды Лекарственных Веществ Потенциометрическим Методом."World Of Scientific News In Science. – 2023. – Т. 1. – С. 166-169.
12. Тошбоев, Феруз Низомиддинович. "Тахир Откирович Анваров, And Сарвар Абдиманнонович Изатуллаев."." Определение Ph Среды Лекарственных Веществ Потенциометрическим Методом." World Of Scientific News In Science 1 (2023): 166-169.
13. Изатуллаев С. А., Ёрбекова С. Ё. К. Новые Методы Синтеза Гидразидов Фосфорилированных Муравьиных Кислот Третичного Фосфиноксидного Строения//Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 3. – С. 11-15.
14. Изатуллаев С. А., Исроилов Б. Н. У., Хуррамова С. М. К. Фармакопейный Анализ Неорганических Лекарственных Средств //Research Focus. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С.358-362.
15. Изатуллаев С. А., Амракулов С. Т., Беканов Б. З. Фолиевая Кислота //Research Focus.– 2024. – Т. 3. – №. 11. – С. 14-17.
16. Файзуллаев Н. И., Мамирзаев М. А., Асроров Д. А. Исследование Процесса Образования Дефектов, Образующихся В Мезопористом Угле //Universum: Химия и Биология. – 2023. – №. 5-3 (107). – С. 10-19.