



Победа шунгита над гептилом

Заправленная гептилом ракета замерла на старте

Одно из следствий закона Мэрфи гласит: чтобы что-то очистить, надо что-то запачкать; однако можно выпачкать все, ничего при этом не очистив. Похоже, химики из Института физической химии и электрохимии им. А.Н.Фрумкина, а также 25-го ГосНИИ МО РФ и Всероссийского института минерального сырья имени Н.М.Федорова сумели найти исключение из этого закона. С помощью измельченного в мелкий порошок шунгита они научились очищать почву от страшного яда – гептила, или несимметричного диметилгидразина, а также от продуктов его разложения.

Название этого химического вещества появляется в СМИ после каждого запуска космического корабля с космодрома Байконур. Оно и понятно: топливо в первой и второй ступени ракеты, которая выводит спутник на орбиту, сгорает не полностью и, когда остатки ракеты падают на землю, неизбежно из них проливается.

Количество пролитого топлива не так уж и мало, оно исчисляется сотнями килограмм. Как правило, этого не хватает для того, чтобы сразу же уничтожить жизнь на месте падения. Однако, просачиваясь с водой в глубь почвы, гептил и продукты его разложения добираются до грунтовых вод, вместе с ними легко могут попасть в водопровод и далее в дома местных жителей. С другой стороны, растения, обитающие на зараженной почве, неизбежно вытягивают ядовитые

вещества из почвы. Это плохо сказывается как на самих растениях, так и на прочих участниках пищевой цепи, опять же заканчивая человеком. Защитники окружающей среды считают, что ядовитый гептил за полвека его использования нанес и продолжает наносить при каждом новом запуске ракеты типа «Протон» огромный вред здоровью людей, которые живут в районах падения отработанных ступеней ракет – в Казахстане, на Алтае, в Якутии и в Печорском крае. Тут и врожденные уродства, и повреждения печени, и общее сокращение продолжительности жизни... Впрочем, есть и другая проблема, о которой СМИ не говорят: это лужи гептила, которые появляются во время заправки ракет топливом. Поскольку это делают на одном и том же месте, концентрация вредных веществ там оказывается гораздо выше, чем при падении в случайном районе степи или тайги. И люди, которые работают на космодроме, каждый день подвергают свое здоровье опасности.

Гептил — чрезвычайно реакционноспособное соединение. Попадая в грунт или воду, он взаимодействует с кислородом воздуха и за сутки почти весь разлагается, образуя главным образом нитрозодиметиламин – а он еще более ядовит, чем исходное вещество. Так, если для гептила предельное содержание в воздухе составляет 0,1 мг/м³, а в воде – 0,02 мг/л, то для нитрозодиметилamina — 0,01 мг/м³ и 0,01 мг/л соответственно.

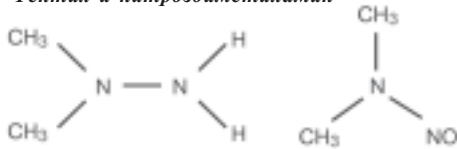
Но это еще не все. При падении ракеты часть гептила, а также продукты его горения разлетается по окрестностям в виде аэрозоля, вызывая дополнительное загрязнение. С аэрозолем, скорее всего, ничего

поделать нельзя, кроме радикального способа – замены ракетного топлива на менее вредное. А вот с земли гептил можно попробовать собрать и уничтожить. Поэтому химики давно ищут методы, которые позволят решить эту проблему без особых трудностей и желательного дешево.

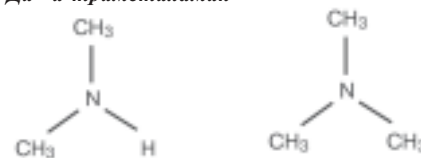
Нельзя сказать, что методов предложено мало. Например, мы писали (см. «Химию и жизнь», 2002, №11) о том, как очищать загрязненные гептилом водоемы с помощью тропического растения — водяного гиацинта. В случае же борьбы с гептилом, что попал на сушу, арсенал методов еще больше. Самый надежный из них – снять верхний слой почвы и промыть его, например, сверхкритическим CO₂. При переходе CO₂ из сверхкритического в газообразное состояние гептил и продукты его разложения будут сами собой выпадать (впрочем, вместе с другими растворимыми при этой процедуре соединениями); их можно будет собрать и как-нибудь аккуратно уничтожить. Установлено, что сверхкритическая вода тоже неплохо смывает гептил с частиц грунта, но неясно, как потом чистить саму промывочную воду. Затем, естественно, грунт возвращают на место. Уже из этого описания видно, что такой способ удаления гептила стоит совсем не дешево. Поэтому на практике используют совсем другой метод: залить поверхность зараженной земли бензином и поджечь. Если сделать это достаточно быстро после падения ступени ракеты, гептил и нитрозамин не успеют загрязнить грунтовые воды. Правда, ядовитые продукты горения рассеиваются по большой площади, а почва оказывается уничтоженной.

Как оказалось, перемолотый шунгит может решить одновременно обе проблемы: и удаление гептила, и его

Гептил и нитрозодиметиламин



Ди- и триметиламин



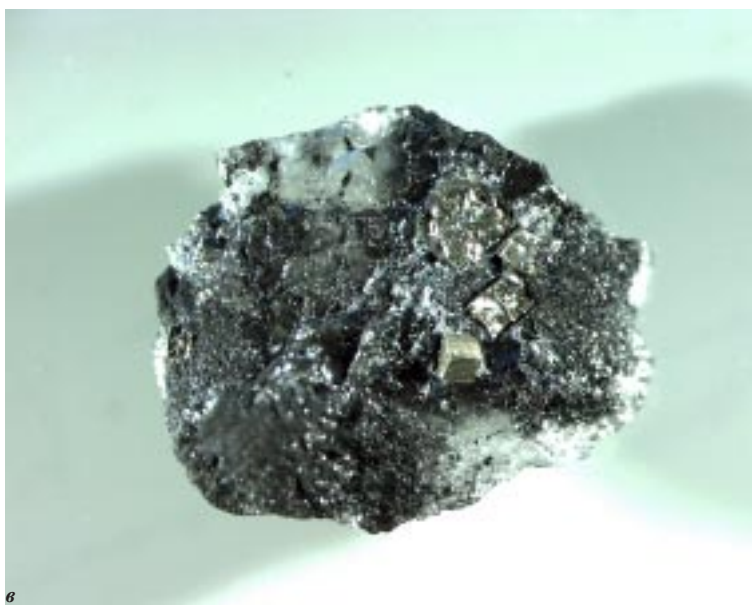


а



б

Обычно шунгитовая порода черная и мелкозернистая (а), однако в ней встречаются и сростки кварца, которые выглядят на фотографии как белые пятна (б), и другие минералы, например кубические образования из пирита (в)



в

превращение в безопасные соединения. При этом почва несколько не страдает и остается такой же плодородной, что и до разлива ядовитого вещества.

«Шунгит — это осадочная порода, состоящая в основном из алюмосиликатного каркаса, углерода и некоторых других элементов, — рассказывает один из авторов работы аспирантка Светлана Голуб. — Углерода в шунгите бывает от 5 до 95%, но в любом случае структура его весьма необычна; она представляет собой нечто среднее между кристаллическим графитом и аморфной сажей. Горят шунгиты плохо, зато служат прекрасными сорбентами. С их помощью, например, можно очищать воду от нефтепродуктов. Поэтому было вполне логично взять шунгит в качестве основы для материала, который собирает пролитый гептил. А потом выяснилось, что помимо способности собирать вредное вещество шунгит обладает еще одним за-

мечательным свойством. Оказавшись на его поверхности, гептил разлагается на составляющие — его молекула как будто рвется на части, и из них, как из элементов конструктора, образуются практически безвредные вещества. Если шунгита много, процесс доходит до конца — гептил превращается в смесь метана, азота и воды. Если же его не хватает, добавляются ди- и триметиламины. Их токсичность в десять раз меньше, чем у гептила. Вообще-то способность шунгита ускорять некоторые реакции известна давно, мы же установили, что он может это проделывать и с гептилом, и с нитрозамином».

Исследования различных видов шунгитов показали, что лучше других разрушает гептил одна из разновидностей шунгита Загоженского месторождения, расположенного на Кольском полуострове. Углерода в нем сравнительно немного — около 35—45%, но именно он отвечает за каталитическую активность. Если из-

влечь из шунгита углерод, то оставшаяся порода никаких способностей к разрушению гептила не проявляет. Так получился новый метод удаления загрязнения после падения ракеты: быстро набросать на землю 5—10 тонн перемолотого в мелкую крупку шунгита. Он соберет весь гептил и сразу же превратит его в безвредные соединения. Во всяком случае, участники проекта уже проводили рекультивацию земель, загрязненных гептилом при заправке ракет, и получили очень хорошие результаты. «Шунгит — не какая-то экзотика, это дешевый материал, производство которого исчисляется многими тоннами. В Казахстане есть свои месторождения шунгита, поэтому не предвидится особых проблем с очисткой почвы по нашей технологии. Главное, чтобы официальные лица Роскосмоса обратили на нее внимание», — говорит Светлана Голуб.

Кандидат
химических наук
О.О.Максименко