

ГЛАВА 3 ПОЧЕМУ МЕТАЛЛЫ ТАК ПАХНУТ?

Если вы когда-нибудь будете покупать что-то из чистого золота и захотите убедиться, что вас не обманули, есть много способов это проверить. Например, можно измерить его вес и объем, чтобы удостовериться, что его плотность соответствует плотности золота; раскалить его добела, чтобы посмотреть, окисляется ли оно, как «обычный» металл; или приблизить его к магниту: а вдруг это простой кусок стали, покрытый тончайшим слоем золота или позолоты. Существует еще один тест, возможно, не такой надежный, но он кажется мне особенно любопытным — тест на запах: если вы подержали золото в руках, а у него характерный металлический запах, то скорее всего это не чистое золото.

Не понимаю. Если все металлы странно пахнут, то почему золото пахнуть не должно?

Отличный вопрос, *курсив*. Чтобы ответить на него, нам нужно поговорить об обонянии вообще.

Некоторые вещества вокруг нас источают то, что мы называем запахами, — химические соединения, которые испаряются, приближаясь к температуре кипения, и могут рассеиваться по воздуху, пока не достигнут наших

ноздрей, где они вступают во взаимодействие с одним из 350 или 400 обонятельных рецепторов человеческого носа. Каждый из этих рецепторов реагирует на определенные запахи, а когда одно или несколько веществ активируют определенную комбинацию рецепторов, наш мозг присваивает этим стимулам определенный запах... [1] По крайней мере, так принято считать, потому что ученые все еще не пришли к согласию о том, как именно работает химический механизм, который позволяет нам чувствовать запахи.

В любом случае можно с уверенностью утверждать, что запах предмета является выражением того типа летучих молекул, который он выделяет, что, в свою очередь, зависит от веществ, входящих в его состав. Например, приятный аромат роз является результатом взаимодействия наших обонятельных рецепторов и многочисленных веществ, источаемых цветами, таких как фенилэтиловый спирт, β -ионон, β -дамаскон и β -дамасценон [2]. Запах миндаля, наоборот, происходит в большей степени от бензальдегида — вещества, которое образуется, когда амигдалин, содержащийся в этих орехах, распадается. Любопытный факт: когда мы едим миндаль, амигдалин вступает в реакцию с жидкостями в нашем желудке и, помимо бензальдегида, образует синильную кислоту (гидроцианид) — высокотоксичное вещество.

Ничего себе «любопытный факт»! Скорее «тревожный факт»! Не хочу умирать от отравления цианидом! Никогда больше не буду есть миндаль!

Не драматизируй, *курсив*, ведь для того, чтобы цианид, возникший в процессе переваривания миндаля, представлял настоящую опасность, нужно за один день съесть несколько килограммов.

Что по-настоящему опасно, так это дикий миндаль. Амигдалин, содержащийся в этих орехах, не только придает

им очень горький привкус, превращаясь в бензальдегид у нас во рту, но еще и вырабатывает большое количество токсичной синильной кислоты (гидроцианида), когда наши зубы их дробят и когда они вступают в контакт с нашим желудочным соком [3]. В результате нескольких дюжин орехов дикого миндаля вполне достаточно, чтобы получить смертельную дозу гидроцианида, так что лучше держаться от них подальше... Что не так уж сложно, учитывая, как плохо они пахнут.

Фух... Хорошо, что хотя бы наши чувства стоят на страже, готовые защитить нас от подлостей природы.

Это точно, *курсив*. По сути, наши языки и носы — инструменты химического анализа, позволяющие нам определять, является вещество полезным или вредным. Но вместо того чтобы показывать нам подробные упорядоченные результаты в виде цифр на экране, эти чувства сообщают нам, опасны ли составляющие всего того, что мы собираемся съесть, с помощью противных вкусов и неприятных запахов. Например, разложение белков в процессе гниения еды обычно производит летучие органические соединения серы, и обоняние людей и животных в процессе эволюции стало очень чувствительно к этому типу соединений [4], что позволило выявлять испорченную пищу и таким образом увеличивать шансы на выживание.

Один из членов этого семейства органических соединений, к которым так чувствительны наши носы, это тиацетон — вещество, обладающее одним из худших запахов из всех известных. К тому же его можно почувствовать, даже если он максимально растворен в воздухе.

Правда, мне сложно представить себе этот ужасный запах тиацетона даже после чтения описаний его легендарного зловония, которые мне удалось найти. Так, в 1889 году два исследователя, проводившие с ним эксперименты, заявили, что «из-за крайне неприятного запаха соединения,

более сильного, чем все запахи всех известных соединений, даже малейших следов которого достаточно, чтобы инфицировать целые районы, изучение этого соединения было приостановлено» [5].

Заинтригованный, я копнул глубже и смог получить доступ к оригинальной статье 1889 года на немецком языке, в которой авторы освещают подробности того, что произошло в ходе исследований... И результат меня не разочаровал [6].

Оказалось, что авторы работали в городе Фрибуре; исследуя реакции между ацетоном и сероводородом, они заметили, что, кроме тетратиопентона и тритиоацетона, в ходе их эксперимента образовалась жидкость, которую сложно было изолировать, потому что «она легкая и ее сложно отделить от тритиоацетона». Более того, авторы статьи подчеркнули, что «эти препятствия можно было преодолеть; попытки [отделить это вещество] провалились из-за зловонного запаха, который распространялся удивительно быстро [по воздуху] и загрязнял целые районы города».

Более того, любопытным образом этот тошнотворный запах, по всей видимости, можно было почувствовать, только если это вещество было распылено в воздухе. Поэтому он особо не беспокоил в лаборатории и в соседних комнатах, но на улицах, которые ее окружали, находиться было невозможно. Например, приготовив сто граммов ацетона, смешанного с концентрированной соляной кислотой и сероводородом, и попытавшись дистиллировать образовавшееся вещество, авторы сообщили, что «смрад распространился за короткое время на расстояние трех с половиной миль, пока не достиг отдаленных уголков города; жители прилегающих к лаборатории улиц жаловались, что пахучее вещество стало причиной обмороков, тошноты и рвоты у некоторых людей». То же самое

произошло, когда произвели так мало этого вещества, что оно едва испарилось, и это означало, что даже «малейшего количества этого сернистого тела достаточно, чтобы загрязнить миллионы кубических метров воздуха».

В конце концов ученые были вынуждены закрыть проект, потому что «каждый эксперимент обрушивал на лабораторию бурю жалоб». Однако данные, которые они получили, позволили им заключить, что это соединение было простым тиокетоном.

Конечно, существуют вещества с отвратительным запахом, в основу которых не входит сера, например, кадаверин (от лат. *cadaver* — труп) или путресцин (от лат. *puter* — гнилой, гниющий), два соединения на основе азота, которые, как понятно из названий, выделяются в процессе гниения трупов. А также их испускают некоторые виды растений, чтобы привлечь мух и других насекомых, которые обычно кружат над разлагающимся мясом, чтобы те, в свою очередь, поработали распылителями [7]. К примеру, Аморофаллус титанический, растущий в тропиках Суматры, достигает трех метров в длину и пахнет тухлым мясом, когда цветет.

Вот это да... Как будто эволюция создала свой фильм ужасов о том, как пчелы опыляют растения.

Конечно, нам это кажется противным, потому что в нас эволюционно заложено стремление избегать этих запахов, но думаю, что некоторым насекомым перед этим запахом просто не устоять.

Еще одно соединение из плохо пахнущего азота, с которым мы сталкиваемся каждый день, это скатол, который выделяется из экскрементов и пахнет... ну, этим. Но удивительным образом это соединение имеет очень даже приятный запах при низкой концентрации, его даже источают некоторые обычные цветы, и они не пахнут дерь...

Ух ты, интересно, что концентрация вещества может изменить его запах.

Именно, курсив.

Скато́л не единственное вещество, чей запах меняется в зависимости от его концентрации. Например, сероводород пахнет тухлыми яйцами при низкой концентрации, но когда в воздухе его становится больше, чем тридцать миллионных долей (млн^{-1}), он обретает приторный сладкий запах. Свыше 100 млн^{-1} сладкий запах исчезает, потому что газ парализует наши обонятельные нервы и мы больше не можем его почуять... Что очень неприятно, потому что мы перестаем чувствовать этот газ как раз в тот момент, когда его концентрация становится опасной.

Некоторые другие газы, которые мы используем каждый день, также опасны именно потому, что они ничем не пахнут: мы не можем ни почуять их наличие, ни оценить их концентрацию по запаху. К счастью, эту проблему можно решить, смешав эти газы с другими сильно пахнущими летучими веществами. К примеру, природный газ на кухне: чтобы наши носы забили тревогу в случае утечки, этот газ обычно смешивают с летучим веществом на основе серы под названием метантиол, который при низкой концентрации пахнет тухлыми яйцами.

Вот это да, никогда не думал, что можно спасти жизни с помощью вонючих газов!

Да, химия полна сюрпризов, курсив. Более того, существует один химический элемент, который оказывает неожиданный эффект на запах тела человека: если мы случайно проглотим или вдохнем теллур, ничем сам по себе не пахнущий металлоид, наше тело его усвоит и...

Подожди, что значит: тело его «усвоит»?

Ученые говорят, что тело усваивает то или иное вещество, когда оно его химически «обрабатывает», или,

другими словами, когда изменяет структуру его молекул, добавляя или отнимая атомы других элементов, и превращает их в другие соединения. Цель этого процесса — превратить поглощаемые вещества в соединения, которые нашему телу легче усвоить, или избавиться от них, согласно потребностям на данный момент.

В нашем случае тело превращает теллур, который мы проглотили, в диметил теллура, летучее органическое соединение с характерным сильным запахом чеснока. Поэтому если мы проглотили или вдохнули теллур, диметил теллур будет выделяться через нашу кожу или дыхание и запах нашего тела сильно ухудшится... А самое худшее то, что этот неприятный симптом может не проходить месяцами, даже несмотря на то что доза принятого теллура была крайне мала.

Мое внимание привлек эксперимент врача Уильяма Рейзерта (William Reiser), исследовавшего влияние теллура. 8 мая 1883 года в течение дня он принял три дозы по пять миллиграммов диоксида теллура, чтобы на себе испытать развитие симптомов. Результат описан в следующей цитате [8]:

Через 15 минут после приема первой дозы дыхание приобрело сильный чесночный запах, а через час наблюдался металлический привкус. Час спустя после приема второй дозы моча и пот приобрели чесночный запах, который также исходил от экскрементов 12 мая. Металлический привкус наблюдался в течение 72 часов, чесночный запах мочи — 382 часа, пота — 452 часа, экскрементов — 79 дней, а в дыхании он все еще присутствует, хоть и слабо, по прошествии 237 дней.

Рейзерт заключил, что всего 0,5 микрограмма теллура достаточно, чтобы обеспечить чесночное дыхание на три-

дцать часов. На всякий случай уточню: это всего 5 миллионных грамма этого элемента.

Какое-то бесполезное, неприятное и бессмысленное отравление, если честно.

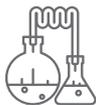
Я предупреждал, что химия полна сюрпризов, но не говорил, что все они приятные... Но вернемся к нашей теме.

Сами по себе металлы запаха не имеют, потому что они не испаряются при комнатной температуре, а значит, их атомам никак не добраться до нашего носа и не активировать наши обонятельные рецепторы. На самом деле этот характерный запах, который мы чувствуем, когда что-то делаем с металлом, исходит от нашей собственной кожи: многие металлы вступают в химическую реакцию с жиром, покрывающим наши руки, и превращают его в летучие вещества, именно они и развеиваются в воздухе, проникают в наши ноздри и активируют обонятельные рецепторы. То есть этот «металлический запах» происходит не от самого металла, а от этих летучих веществ, которые образуются на его поверхности, когда мы его трогаем. Среди этих веществ за металлический запах отвечает 1-октен-3-он¹, он же придает железистый запах крови [9].

Но такие инертные металлы, как золото, не пахнут, потому что не вступают в реакцию с жирами, покрывающими нашу кожу, и не превращают их в летучие соединения, способные рассеяться в воздухе. Если к этому добавить, что атомы золота тоже не испаряются с его поверхности, как и следовало ожидать, становится понятно, почему мы не можем почуять этот элемент.

¹ 1-октен-3-он (с англ. Oct-1-en-3-one) — одорант (отдушка, химическое соединение), отвечающий за типичный «металлический» запах металлов и крови при контакте с кожей. — *Прим. ред.*

Твое объяснение, конечно, логично, но есть ли способ доказать экспериментально, что оно справедливо?



Я рад, что ты спросил, потому что это очень просто доказать: достаточно взять несколько пахучих монет, помыть их с мылом, чтобы избавиться от всех этих летучих веществ, которые покрывают их поверхность, и высушить их. Если затем их понюхать, то скорее всего вы ничего не почувствуете, но если вы их подержите какое-то время в руках, то они снова обретут запах. И наоборот, если вы возьмете монету или украшение из золота, вы заметите, что никакого запаха нет, как бы долго вы ими ни пользовались.

Хорошо, отлично! Но мне уже надоело слушать о плохих запахах. Ты мог бы посвятить эту главу происхождению более приятных запахов, например свежих или фруктовых ароматов.

Мне показалось банальным романтизировать химию рассказами о приятных ароматах. Но если уж тебе так хочется поговорить о фруктах, давай узнаем, почему бананы радиоактивны.

Почему что ???

ГЛАВА 4 ПОЧЕМУ БАНАНЫ НЕМНОГО РАДИОАКТИВНЫ?

Этот абзац предназначен для тех, кто ел себе банан, но, прочитав название этой главы, перестал жевать, задаваясь вопросом, нужно ли выплевывать измельченный кусочек фрукта: не пугайтесь, радиоактивность бананов настолько мала, что не представляет никакой опасности. Собственно говоря, чтобы получить дозу радиации, соотносимую с рентгеном, вам придется съесть около трехсот бананов подряд, не отвлекаясь даже на туалет в течение всего процесса.

Но если вы все-таки еще переживаете по поводу бананов, вас должен успокоить тот факт, что практически все, что нас окружает, радиоактивно: от воздуха, которым мы дышим, до пола, на который мы наступаем, даже наши собственные тела и тела всех остальных организмов, которые населяют нашу планету. Из космоса нас тоже, кстати, постоянно облучают.

Не уверен, что эта информация многих успокоит.

Может, ты и прав, *курсив*. Пожалуй, стоит разобраться с некоторыми фактами и понятиями, касающимися радиации, прежде чем продолжать.