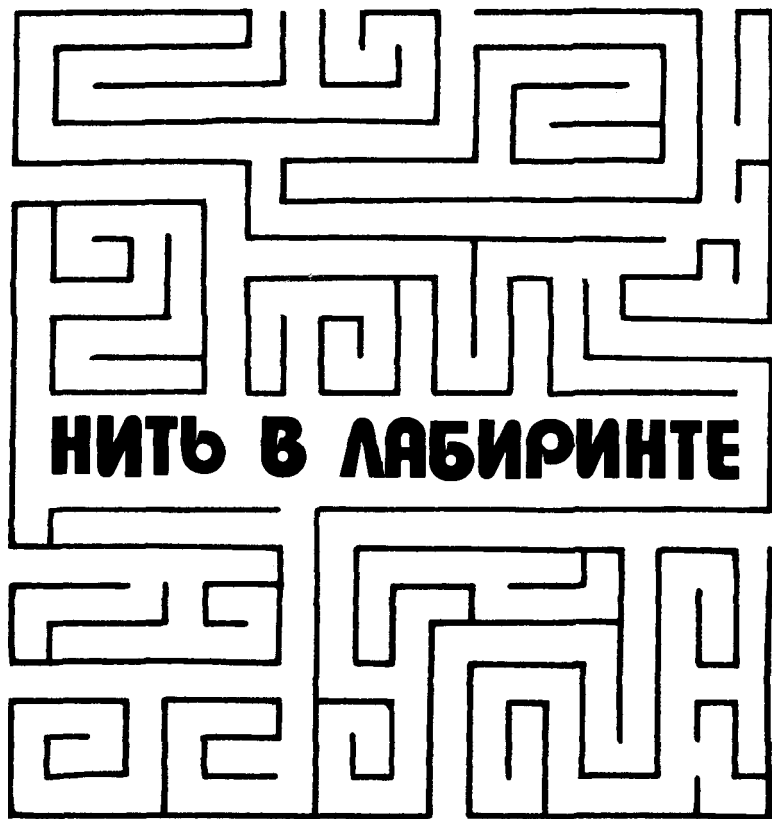




ТЕХНИКА
МОЛОДЕЖЬ
ТВОРЧЕСТВО



НИТЬ В ЛАБИРИНТЕ

ПЕТРОЗАВОДСК
«КАРЕЛИЯ»
1988

30у
Н69

Составитель А. Б. Селюцкий
Рецензент — кандидат технических наук
Е. Г. Немкович

OCR&spellcheck vCh

Н 2101000000—037 19—88
М127(03)—88

ISBN 5—7545—0020-3

© «Карелия», 1988

Ю. П. Саламатов

An abstract graphic consisting of numerous overlapping circles and solid black dots of various sizes, scattered across the upper and middle portions of the page. Some circles are empty, while others contain a solid black dot. The circles overlap in a way that creates a sense of depth and complexity, resembling a molecular model or a network diagram.

ПОДВИГИ НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

Химия помогает решать трудные
изобретательские задачи

2. АГЕНТ 000

2.1. ОКС + ИГЕН = ОКСИГЕН

Не ищите на картах Кикандон. Этот маленький городок на юге Франции существует только в повести Жюль Верна «Фантазия доктора Окса»*. В сонный, захолустный Кикандон (население 2 393 человека) приезжают доктор Окс и его помощник Иген. Доктор неслыханно щедр: он берется построить городскую систему газового освещения. Прокладываются трубы, сооружается газовый завод. И в тишайшем Кикандоне происходят невероятные события. Чудовищно разрастаются овощи и фрукты. Появляются колоссальные цветы. Кошки, собаки, лошади непонятно почему проявляют буйную энергию. Наконец, сами кикандонцы, кроткие и флегматичные, превращаются в забияк, драчунов, дуэлянтов. Всеобщее возбуждение достигает такого накала, что Кикандон объявляет войну соседнему городу... А потом взрывается газовый завод — и мгновенно наступает успокоение. Оказывается, завод вырабатывал кислород и насыщал им атмосферу города, а Окс и Иген исследовали влияние кислорода («оксигенума») на людей, животных, растения...

2.2. КИСЛОРОДНЕЕ КИСЛОРОДА

2.2.1. Земля — «воздушная» планета. И неудивительно, что земная техника тоже «воздушная»: воздух используют в самых различных технологических процессах, прежде всего — в процессах горения и окисления. Но воздух, как известно, на $\frac{4}{5}$ состоит из пассивного азота и лишь на $\frac{1}{5}$ — из активного кислорода. Поэтому фантазия доктора Окса — подобно идеям многих других героев Жюль Верна — оказалась реальным техническим предвидением: должно было наступить время, когда для увеличения мощности и производительности «технических организмов» потребовалась искусственная атмосфера с более высоким содержанием кислорода. Повесть Жюль Верна была опубликована в 1874 году, а с начала двадцатого века все чаще и чаще патентуются *решения, основанные на увеличении содержания кислорода в воздухе, используемом для технических целей*. Это стало одной из главных тенденций в развитии современной техники.

2.2.2. Типичный пример: для интенсификации горения при обжиге и спекании дисперсного материала предложено применять воздух, обогащенный кислородом (а. с. 254 536). Естественно, следующим шагом является переход к чистому кислороду. А. с. 185 418: плазменно-дуговую резку нержавеющей сталей

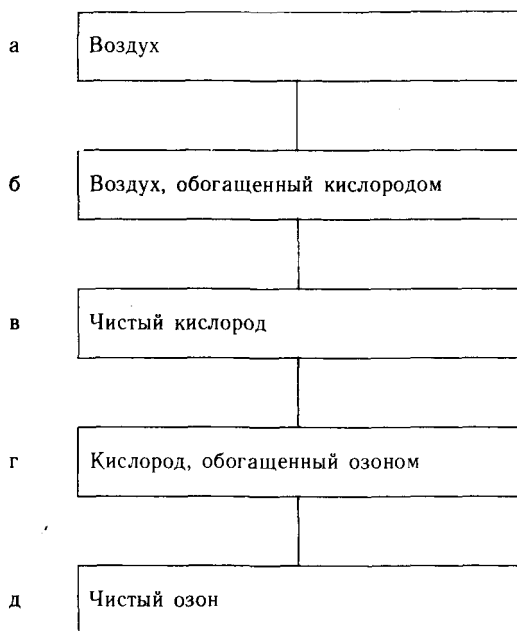
* Верн Ж. Собр. соч. Т. 12.—М., 1957.

ведут (для повышения качества и производительности) в чистом кислороде.

Закономерный вопрос: а что дальше? Что может быть «кислороднее кислорода»?

2.2.3. Молекула кислорода состоит из двух атомов. «Кислороднее кислорода» — озон, молекула которого построена из трех кислородных атомов. Вслед за применением кислорода начинается полоса технических решений, основанных на использовании озона. Примеры: обработка питательной воды энергетических установок кислородно-озонной смесью (а. с. 771 026), окисление озоном при химическом анализе металлоорганических примесей (а. с. 792 095).

2.2.4. Итак, логику развития технических систем, использующих кислород, можно представить схемой:



Линия «а — д» отражает общую тенденцию развития техники — переход ко все более сильным окислителям. В терминах ТРИЗ это принцип (или цепь приемов). «Остановки» на линии — структуры, формы используемого вещества. Это область химии, в частности, физической химии. На каждом уровне существуют боковые ответвления, боковые линии. Это уже сфера действия физики — физические эффекты. В воздухе только 21 процент кислорода, но активность воздуха можно повысить ионизацией.

В чистом кислороде «только» 100 процентов кислорода, активность его можно повысить дроблением кислородных молекул, переходом к атомарному кислороду.

2.3. ЩИТ И МЕЧ

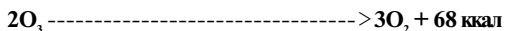
2.3.1. Озон, замыкающий цепь «а — д», очень сильный окислитель. Есть, правда, окислители еще более сильные — фтор, нестабильные радикалы. Но озон можно получить прямо из воздуха — самого доступного сырья. В этом его принципиальное преимущество.

Воздух и коронный разряд — вот все, что нужно для получения озона. Современное мировое промышленное производство озона составляет около 500 тонн в сутки. В лабораторных условиях используют и другие способы получения озона: радиоактивное излучение, электронную бомбардировку кислорода (пат. США 4 095 115), фотохимические реакции (заявка Японии 51-77432), электролиз воды (пат. Австрии 293 295, европейская заявка 0 068 522, заявка Японии 56-45806), СВЧ-излучение (а. с. 874 603).

Для производства озона в особо больших количествах (прогноз на конец двадцатого века) коронный электрический разряд не подходит — низкий энергетический выход. Поэтому особое внимание уделяется разработке более экономичных способов с использованием радиоактивного излучения — радиоизотопного и хемоядерного. Например, способ массового производства озона из жидкого кислорода (заявка ФРГ 2 659 702). В США существуют проекты хемоядерного реактора на 420 тонн озона в сутки с использованием отходов АЭС и небольших установок на изотопах (1 т/сут).

Использование изотопов выгодно и для озонирования малыми дозами больших объемов воздуха — не требуется обеспыливание и осушка воздуха как в электроозонаторах. Такой способ разработан, например, для обработки воздуха овощехранилищ («Техника и наука», 1983, № 11, с. 11).

2.3.2. Критическая температура озона — 12° С (для сравнения: критическая температура кислорода — 118°С). Жидкий озон — при умеренном давлении — можно без потерь хранить в обычном холодильнике. Возможность весьма заманчивая, но пока нереализуемая. Дело в том, что озон неустойчив и легко разлагается с выделением большого количества тепла:



Считается, что устойчива лишь кислородно-озонная смесь, содержащая не более 20 процентов озона. Впрочем, совсем недавно в учебниках химии писали, что перекись водорода (тоже сильный окислитель) уже при концентрации в 60—70 процентов становится опаснее гремучей ртути. Но когда промышленности потребовалось в больших

количествах получать и хранить высококонцентрированную перекись водорода, без особых трудностей удалось найти условия, обеспечивающие ее стабильность. Наверное, так будет и с озоном. Научимся хранить чистый сжиженный озон — и уйдут в прошлое тяжелые стальные баллоны для сжатого кислорода и громоздкие сосуды Дьюара, из которых непрерывно испаряется жидкий кислород.

А пока сжиженный озон хранят и перевозят в виде раствора во фреоне (пат. Франции 1344 944) или «в паре» с адсорбентами — цеолитом (пат. США 3 006 156), силикагелем (пат. США 3 514 963).

2.3.3. Как «у природы нет плохой погоды», так и у химических веществ нет плохих свойств. Все зависит от того, как использовать то или иное свойство. Может оказаться полезной и способность озона легко разлагаться с выделением большого количества тепла.

В горной технике применяют оксиликвит — взрывчатое вещество (ВВ), состоящее из угольного порошка и жидкого кислорода. Аналогичное и притом значительно мощное ВВ (его следовало бы назвать озоликвитом) возможно и на основе жидкого озона. Пока такое ВВ существует только на бумаге — в экзотическом аргентинском патенте, выданном еще в 1916 году. Но «пиротехнические способности» кислородно-озонных смесей уже используют на практике. Так, по а. с. 332 959 производительность газокислородной резки повышают подачей озонированного кислорода.

2.4. с ПРАВОМ НА УБИЙСТВО...

2.4.1. Интенсификация процессов горения — завтрашняя специальность озона. Сегодня озон применяют главным образом в процессах окисления, то есть того же горения, но только «тихого».

У «тихого» горения свои преимущества. Можно, например, получить свет без пламени — это явление называется хемилюминесценцией. Известны десятки веществ, способных светиться при смешивании с озоном. Прежде всего к таким веществам относится этилен — дешевый и доступный газ. Возникновение свечения при смешивании озона с этиленом открывает ряд интереснейших изобретательских возможностей...

2.4.2. Знаменитый Джеймс Бонд, как известно, был агентом 007, нули перед семеркой означали, что агент имел право на убийство. Кодовое обозначение (то есть химическая формула) озона грознее — 000 (или O-O-O, или O₃). Озон — агент с «правом на массовое убийство»... бактерий и всевозможных вредных примесей.

Это ценнейшее свойство озона используют, прежде всего, для очистки воды. Построено свыше тысячи станций для озонирования питьевой воды (наиболее крупные — во Франции, СССР,

Канаде). Озон не только обеззараживает воду, но и обесцвечивает ее, устраняет посторонние запахи и привкусы (а. с. 785 212, пат. Франции 1 112 378, пат. США 3 685 656 и др.). Обработанная озоном вода по качеству близка к родниковой.

2.4.3. Особое значение имеет использование озона при очистке сточных вод, например, от нефтепродуктов (а. с. 513 013 и др.), поверхностно-активных веществ (а. с. 607 785), цианидов (а. с. 592 761), органических примесей (а. с. 718 376), фенолов (заявка Франции 2 267 985), гидразина (заявка ФРГ 1517 634)... Практически все классы органических соединений искусственного и естественного происхождения реагируют с озоном.

2.4.4. Бактерицидные свойства «агента 000» позволяют очищать воздух, консервировать овощи (а. с. 829 484, 934 994), фрукты (а. с. 923 505), зерно (а. с. 718 072), стерилизовать жидкости (а. с. 1 007 678) и т. д. Озон — экологически безопасный стерилизатор, при его использовании не образуются вредные газовые выбросы (при условии, что сам озон полностью расходуется в реакциях). Вообще, сильное биологическое действие озона (и продуктов его распада) может быть широко использовано для активации или подавления биопроцессов. Примеры: борьба с обрастанием подводной части судна (а. с. 413 664), активизация яиц ракообразных (а. с. 712 065), улучшение хлебопекарных свойств муки (а. с. 839 462), активизация семян зерновых культур перед посевом (а. с. 718 033), обработка почвы с одновременной интенсификацией роста растений (а. с. 917 760). По способу очистки подводной поверхности корпуса судна от обрастаний (а. с. 887355) предлагается подавать озон в прилегающий к корпусу слой воды и одновременно воздействовать ультразвуком. Озон используется даже для повышения качества икры рыб — ее обеззараживания и обесклеивания (а. с. 1 009 358).

Американские исследователи испытали действие озона на клетки опухолей, при этом рост клеток тормозился. Ученые считают возможным использовать этот метод (один или в сочетании с другими методами) для лечения рака легких.

В 70-е годы страницы многих журналов облетела сенсационная фотография: обыкновенный лабораторный стакан, прозрачная жидкость, а на дне — живая белая мышка с привязанной к хвосту гирькой. Подпись гласила, что длительное пребывание мышки в стакане не принесло ей никакого вреда.

Эта жидкость — фторуглерод (фреон), хорошо растворяющий кислород (и все его производные). Фторуглероды оказались совершенно безвредными для человека. Фреоново-кислородным «коктейлем» можно заменить часть крови человека (впервые этот опыт проделал на себе японский врач Р. Наито). Аналогично «озонная кровь» (концентрат озона) может быть использована в промышлен-

ности. Так, по патенту США 3 781 200 озоном насыщают тяжелый фреон (температура испарения 28° С) и вводят его в сточную воду. Об опытах по озонированию (малыми дозами O_3) крови человека при переливании (происходит активация эритроцитов) сообщила газета «Социалистическая индустрия» (1984, 22 марта).

Следует помнить, что озон, как и любое другое биоактивное вещество, полезен только в определенных (очень малых) концентрациях. Повышение содержания озона выше предельно допустимой нормы становится опасным для живых организмов. Они начинают защищаться от озона, применяя внешние или выделяя собственные антиозонанты (вещества, поглощающие или связывающие озон). Особенно это заметно перед грозой: насекомые скапливаются в тонком (40—60 см) слое воздуха над водой (вода хорошо поглощает озон), на длинных усах пшеницы выделяются капли влаги, все растения усиленно благоухают (душистые вещества — хорошие антиозонанты), воробьи купаются в пыли, хвоя сосен настолько сильно выделяет влагу, что в лесу может выпасть подобие дождя при ясном небе.

Таким же образом, кстати, решена и проблема «Озонной усталости» (разрушения) полимерных деталей высотных самолетов — в них вводят добавки-антиозонанты.

Еще раз напомним, что планета наша «воздушная», а не «кислородная» и тем более не «озонная». Сильные окислители нужны технике, но не нам с вами. Раз они сильные, то и использовать их надо в малых дозах, в идеале — совсем чуть-чуть, не превышая естественного природного фона. Там, где требуются большие дозы озона, необходимо обеспечить условия для его разложения перед выбросом в атмосферу (например, по а. с. 895 923).

Органы обоняния человека очень чувствительны, и мы безошибочно определяем отклонения от нормы в чистоте воздуха. Нам приятен запах свежего воздуха, но что это такое — свежий воздух, — физическая или субъективная характеристика? Казалось бы, абсолютно чистый воздух должен быть свежим. Но это не так, чистый воздух ничем не пахнет (так же и дистиллированная вода безвкусна). Только недавно установлены условия, при которых в воздухе всегда явно ощущается запах свежести — слабое радиоактивное облучение (близкое по интенсивности к природному фону).

Стало ясно, что главным действующим на обоняние химическим агентом оказался озон, а также окислы азота и ионы кислорода. В зависимости от соотношения этих веществ можно вызвать запах зелени, свежих фруктов, талого снега и т. д. Где можно использовать этот химический эффект с таким тонким физиологическим воздействием?

Одно из эффективных применений свежести уже нашли американские промышленники: в США запатентована смесь веществ,

придающих одежде запах свежего воздуха (пат. США 4 434 086). Почти ничего, один только запах, а товар стал намного привлекательнее. Уловка почти по Насреддину, помните? — Подержав над жарившимся мясом кусок хлеба, дав ему пропитаться запахом, он «заплатил» за это звоном монет. Только здесь совсем наоборот...

2.5. РАБОЧИЕ ПРОФЕССИИ ОЗОНА

2.5.1. В химической промышленности озон позволяет интенсифицировать многие процессы, например получение кислот: фталиевой (а. с. 240 700), глиоксалевой (а. с. 235 759), глутаминовой (пат. США 2 833 786) и других. В промышленном масштабе применяется окисление метана озоном до формальдегида. Озон используется также в способах получения: гормонов (пат. США 2575 350), альдегидов (пат. ФРГ 88 901), сульфатов (а. с. 350 752), окисей аминов (англ. пат. 437 566), сульфата окиси железа (а. с. 715 483), высших жирных спиртов (а. с. 497 276) и многих других веществ.

При обычной температуре большинство металлов окисляется озоном. Серебро чернеет в воздухе, содержащем озон, с ртутью он образует окись. Озон способен образовывать озониды щелочных металлов, из которых известнее других озониды калия и аммония (используются для обеспечения жизнедеятельности замкнутого цикла, регенерации воздуха). Озониды имеют красный цвет и парамагниты. На основе реакции озона с гидроокисью никеля и щелочными металлами разработана технология изготовления химических источников тока повышенной емкости (европейская заявка 0 057 783).

2.5.2. Впервые озон был обнаружен в 1785 году Ван-Марумом по характерному запаху и окислительным свойствам, которые приобретает воздух после пропускания через него электрических искр. Ван-Марум приписал эти свойства «электрической материи». В 1840 году Шенбейн сопоставил изменение свойств кислорода при пропускании через электрический заряд и при электрохимическом выделении и объяснил эти изменения образованием особого газа, который он назвал «озон» (от греч. пахну). Позже Мариньяк и де ля Рив показали, что озон является видоизменением кислорода («Краткая химическая энциклопедия»).

Если «колыбелью» озона был химический анализ, а «очагом», откуда началось его распространение, — химическая промышленность, то нынешнее «поле деятельности» озона трудно обозримо. Он все шире и шире захватывает различные отрасли промышленности, техники и сельского хозяйства.

В *целлюлозно-бумажной промышленности* разрабатываются новые технологические процессы с использованием O_2 и O_3 : варка

целлюлозы, обработка древесной массы озоном без варки для выработки газетной бумаги, отбелка целлюлозы, обработка отходов, очистка сточных вод и газовых выбросов.

В *промышленном птицеводстве* озон используется для санитарной обработки зерна и кормов, в инкубации яиц — для стимуляции эмбрионального развития и дезинфекции, для санации воздуха в птичниках, профилактики заболеваний, консервирования трав.

В *пищевой промышленности* озон применяют в холодильниках-хранилищах для торможения образования плесени и бактерий. Концентрации от 1 до 3 мг озона на один кубометр воздуха достаточно для хранения яиц, мяса, овощей и фруктов.

Озон хорошо *окисляет* красящие вещества и потому *отбеливает* воск, масло, хлопок.

Воздействие озона на поверхность различных веществ позволяет создавать окисные пленки, ускоряет сушку лаков и красок, устраняет электростатические заряды.

Окислительные свойства озона используются для обезвреживания пульпы (а. с. 385 621), получения ферритов (а. с. 261 859), в способе газокислородной резки (а. с. 332 959), при продувке жидкой стали в конверторах (а. с. 312 880), в качестве окислителя в ракетном топливе (пат. США 2 704 274), для окисления выхлопных газов автомобилей (а. с. 791 819).

Металлоорганические примеси в воздухе — одни из самых вредных и трудноопределимых обычным химическим анализом. Предложено поступать следующим образом: пробу воздуха смешивают с озоном, примеси окисляются и приобретают электрический заряд. Заряженные частицы становятся ядрами конденсации, на них оседают частицы воды, укрупняя и «проявляя» их (а. с. 792 095).

2.5.3. Боковые ответвления на линии «а — д» (см. схему на с. 125) не показаны по простой причине: и кислород, и озон хорошо сочетаются со многими физическими и химическими эффектами. Области совместного (двойного, тройного и т. д.) применения этих эффектов могут быть самыми разнообразными — они зависят от хода решения конкретной изобретательской задачи.

Остановимся пока на эффектах, которые содействуют процессу озонирования, помогают максимально реализовать окислительный потенциал озона. Цель применения эффектов — *катализировать* (ускорить, улучшить) процесс. Причем установлено, что действие всех катализаторов озона основано на одном и том же механизме — быстром распаде озона (чтобы его молекула не успела вступить в реакцию) с образованием гидроксильных радикалов. Гидроксильный радикал, который по величине окислительного потенциала уступает только атомарному фтору, еще быстрее вступает в реакции, чем молекулярный озон.

Таким катализатором являются, в первую очередь, ОН-ионы, то есть щелочная среда. Проще говоря, озон действует в несколько раз лучше в жидкости, если в нее добавлена щелочь. В нейтральных и кислых средах, а также при реакциях с газами и твердыми веществами нужны другие катализаторы. Примеры: кавитация, вызываемая ультразвуком (пат. США 4 003 832) или специальным ротором (а. с. 223 642), УФ-свет (заявка Японии 43-6714, заявка Франции 2 167 782), электрическое поле (а. с. 802 196), электромагнитное поле или рентгеновские лучи (заявка Франции 2 162 239). Это все физические воздействия, а вот примеры применения химических веществ, ускоряющих процесс озонирования: окислы марганца, железа, никеля, меди (пат. США 4 007 118), окислы азота фосген, хлор, перекись водорода, соединения фосфора (пат. США 3 505 213), соединения брома (пат. ФРГ 2 450 731), соединения фтора и йода (пат. США 2 771 416), окись алюминия (заявка Франции 2 432 483).

2.5.4. Существует множество цветных реакций озона. Многие вещества, например: фуксин, флуоресцеин, о-толуидин, индигокармин и т. д., изменяют цвет, реагируя с озоном. Например, раствор йодистого калия из бесцветного меняет цвет от розового до бордового в зависимости от количества озона, пропущенного через раствор (распространенный метод определения концентрации озона в газе). По патенту ФРГ 1 262 638 предложен способ определения озона по цветной реакции с сульфопфталеином.

2.5.5. О хемилюминесцентной реакции озона с этиленом уже говорилось (2.4.1). Среди других 40 веществ, которые флюоресцируют при наличии озона в воздухе, можно назвать родамин, эозин, феносафранин, рибофлавин, эйхрозин. Часть из них используется в быстрых анализаторах атмосферного озона (например, пат. США 4 232 225). Хемилюминесценция может быть и в ультрафиолетовой области спектра. Так, при озонировании сульфидов наблюдается излучение в полосе 275—340 нм.

Для определения наличия озона в газах и атмосфере могут быть использованы и другие физико-химические свойства озона: магнитная восприимчивость (в 5-Ю⁴ раз меньше, чем у кислорода), способность озона изменять проводимость некоторых кристаллов (пат. США 4 240 799), поглощение света в интервале 550—610 нм (эффект Шаппюи). Кстати, эффектом Шаппюи объясняется такое природное явление: при заходе Солнца за горизонт на противоположной стороне небосвода наблюдается серовато-синяя граница земной тени.

Озон «виноват» еще в одном загадочном природном явлении — шаровых молниях. Дело в том, что статистический анализ шаровых молний показал: только 20 процентов их образуется при вспышках линейных молний, а все остальные появляются над промышленными

городами и при ясной погоде. Типичный случай произошел в Петрозаводске 20 сентября 1977 года в 4 часа утра. На темном небе вспыхнула огромная пульсирующая «звезда», испускавшая на землю снопы света. «Звезда» перемещалась над городом, а затем рассеялась над Онежским озером. В это время в воздухе резко запахло озоном. Ученые объясняют это хемилюминесцентным свечением примесей озона, окислов азота и загрязнений, которые вступают в реакции под действием космических лучей. Недавно эту гипотезу подтвердили теплофизики: построена модель и рассчитаны параметры шаровой молнии, «работающей» на смеси древесно-угольной пыли и озона («Доклады АН СССР», 1985, т. 283, № 2, с. 361). Экзотический озониквит (3.3) все же нашел свое применение...

2.5.6. Разбор *типичной задачи*. Фабрика выпускает маленькие сувенирные самовары. Каждый самовар нужно проверить — нет ли где-нибудь течи. Необходим простой, дешевый, надежный способ контроля. Ваше предложение?

Прежде всего по правилам ТРИЗ сформируем идеальный конечный результат: внешняя среда должна сама обнаружить отверстия в самоваре. Выгодно использовать ту внешнюю среду, которая уже есть, то есть воздух. Правда, воздух никак не реагирует на отверстия в корпусе самовара. Но воздух можно превратить в воздушно-озонную смесь. Задача резко упрощается: как обнаружить озон, выходящий из отверстия в корпусе самовара? Проблемы нет, надо использовать хемилюминесценцию. Ответ: для контроля герметичности сосудов сложной формы предложено заполнять сосуды воздушно-озонной смесью и помещать в камеру с этиленом: дырки, если они есть, сразу начнут светиться (а. с. 807 098).



2.6. ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ...

2.6.1. Открытие озона было вторым и, как оказалось, не последним актом в истории кислорода. Этот удивительный газ, без которого мы жить не можем, еще далеко не полностью изучен.

Только в последние годы открыты (хотя они теоретически «существовали» и раньше) несколько модификаций кислорода — еще более активных, чем озон, — например, супероксид и синглетный кислород. Линия «а — д» (см. схему на с. 125) может быть продолжена.

Супероксид — сверхокись кислорода, молекула которого содержит лишний электрон. Забирая у окисляемого вещества, например металла, один электрон, кислород превращается в анион-радикал. А радикалы — самые сильные окислители. Поэтому, не успев

образоваться, они тут же вступают в реакцию. Отсюда и вытекает единственно возможный (и довольно простой) способ получения супероксида — путем пропускания электрического тока через неводный раствор окисляемого вещества. Уже разработаны способы обезвреживания особо ядовитых хлорированных углеводородов, которые заменят дорогостоящие захоронения в грунт. Супероксид участвует также и в биохимических процессах: окислительном разрушении токсичных веществ в печени и в образовании коллагена при заживлении ран.

Объяснить, что такое синглетный кислород труднее... Вот пояснение из научно-популярного (!) журнала: «Обычный кислород — триплетный. Молекулярный кислород содержит два неспаренных электрона, тогда как в синглетном, более богатом энергией кислороде, спины этих двух электронов антипараллельны (спарены)»*. В общем, возбужденное состояние (синглетное) приобретает кислородом при поглощении энергии. Синглетный кислород — крайне реакционноспособный, он мгновенно передает свое возбуждение (энергию) встретившимся атомам и молекулам, излучает свет (хемилюминесценция). Как его получают? Существует несколько физических и химических способов. К физическим относятся, прежде всего, фотооксигенация — облучение вольфрамовыми лампами реактива с романтическим названием «бенгальская роза» в присутствии кислорода; фотолиз озона — разложение озона УФ-светом; облучение кислорода ИК-светом в присутствии фотосенсибилизаторов. Самый производительный метод — СВЧ-разряд (разряд Ноксона) в потоке кислорода — позволяет получать до 10 процентов синглетного кислорода в смеси с озоном. К химическим методам относятся: разложение перекиси водорода, разложение озонидов и фотоокисленных углеводородов. На химическом способе основана работа генератора сухого синглетного кислорода (пат. США 4 342 116).

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

7. Известен способ получения сульфата окиси железа путем окисления закиси железа воздухом. Спрогнозируйте следующее изобретение.

8. При производстве сыра рассол быстро приобретает неприятный вкус и запах, приходится выливать рассол. Ваше предложение?

9. А теперь задача потруднее. Пусть вас не смущают химические термины, задача — логическая. В мокрых золоуловителях котлов образуется раствор кальциевой соли сернистой кислоты — сульфит кальция. Сульфит плохо растворяется в воде. Образуются отложения, золоуловитель приходится ремонтировать. Ваше предложение?

10. В электромагнитных полях силовых кабелей и других электрических устройств образуется озон, разрушающий полимерные диэлектрики. Как бороться

* Химия и жизнь, 1980, № 10.— С. 29.

с «озонной коррозией»? Даже частичное решение этой задачи имеет большое народно-хозяйственное значение.

11. На высоте 25—30 км расположен природный слой озона, образовавшегося под действием ультрафиолетового излучения Солнца. Слой этот защищает биосферу от жесткой ультрафиолетовой радиации: жизнь на Земле возможна только благодаря озонному «щиту». Однако в последние годы возникли серьезные опасения за судьбу «щита»: увеличивается содержание окиси азота, поступающей в атмосферу с выхлопными газами реактивных самолетов, растет количество фторуглеродов, выбрасываемых в воздух холодильной промышленностью и бытовыми аэрозольными приборами. Окись азота и фторуглероды вступают в реакцию с озоном, постепенно разбывая озонный «щит». Отсюда интересная и перспективная техническая задача: как обеспечить стабильное существование «щита» при высокой концентрации веществ, разрушающих озон?

Примечание. Примером неудачного решения этой задачи может служить изобретение по а. с. 869 776 «Способ для озонирования воздуха окружающей среды и устройство для его осуществления», по которому предлагается с помощью аэростата поднимать баллон с озоном и выпускать озон на высоте малыми дозами. Что здесь плохо? Способ малопроизводителен, требуется специальная техническая система для подъема озона... Идеальнее было бы решение, по которому полученный на земле озон сам поднимался бы в высокие слои атмосферы. А еще лучше — нужное количество озона образовывалось бы по желанию человека в самой атмосфере.

3. ЦВЕТНАЯ ПАМЯТЬ ВЕЩЕСТВА

3.1. ВОЕННЫЕ ХИТРОСТИ И ФОТОХРОМЫ

3.1.1. Многотысячная армия Александра Македонского одерживала победу за победой. Удивительная синхронность действий отличала его иногда разрозненные отряды. Как удавалось им одновременно начинать военные действия, не видя и не слыша друг друга? Представьте те далекие времена, когда самым быстрым «носителем информации» был марафонец. Сигналы костром можно было подавать только ночью, да и то опасаясь быть рассекреченным, а из приборов времени известны были лишь солнечные часы, пользоваться которыми в походах было весьма затруднительно. И все-таки именно солнце, солнечный свет помогали солдатам Македонского узнать время начала атаки — для этого они носили нарукавные повязки, пропитанные красящим веществом из корней растения марены. Под действием ультрафиолетового излучения содержащийся в марене пурпурин приобретал яркую красно-желтую окраску. Рассказывают также, что забрызганные этой краской (по приказу полководца) туники воинов ввели в заблуждение превосходящую по численности персидскую армию. Персы, предположив, что противник изранен в предыдущих сражениях, пошли в наступление без соответствующих предосторожностей и были разбиты...

3.1.2. По-видимому, это было первое практическое применение фотохромного эффекта.

Явление фотохромизма, присущее десяткам сотен веществ неорганического и органического происхождения, характеризуется возмож-