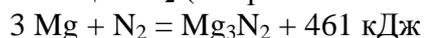


**Общая и неорганическая химия**  
**ЛЕКЦИИ**

**Лекция 10. Азот, фосфор, мышьяк**

Свойства простых веществ			
	N <sub>2</sub>	P(бел)	As
Температура плавления, °С	-210	44,2	817 (36 атм)
Температура кипения, °С	-195,8	280	613 (возг)
Радиус атома, пм	52	92	100

**Реакции N<sub>2</sub>** (Энергия связи NN 945 кДж)



В 1990 г. в мире произведено 97 млн. т. аммиака по реакции:



Катализаторы А.Е.Шилова (Ti<sup>II</sup>, V<sup>II</sup>, V<sup>III</sup>, Mo<sup>III</sup>, W<sup>III</sup>) давали при 20°C выход аммиака из воздуха до 35%.

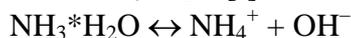


Водородные соединения элементов VA группы				
	NH <sub>3</sub>	PH <sub>3</sub>	AsH <sub>3</sub>	SbH <sub>3</sub>
Температура плавления, °С	-77,8	-133,5	-116,3	-88
Температура кипения, °С	-33,4	-87,5	-62,4	-18,4
ΔH <sub>298</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	-46,1	-9,6	66,4	145,1

**Соединения с водородом**

NH<sub>3</sub> **аммиак**, сжижается при 20°C при давлении 8,46 атм. Температура плавления при 1 атм -77,7°; температура кипения -33,4°C. Благодаря большой теплоте испарения (23,5 кДж/моль) и удобным параметрам сжижения широко используется в крупных холодильных установках (промышленные пищевые холодильники, катки с искусственным льдом).

В водных растворах аммиак проявляет слабые основные свойства. При этом соединение NH<sub>4</sub>OH **не существует**, ионы аммония находятся в равновесии с комплексом NH<sub>3</sub>\*H<sub>2</sub>O [1]:



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

При смешивании газообразных хлороводорода и аммиака идет обратимая реакция:



При нагревании большинство солей аммония “дымят” благодаря сдвигу равновесия влево (диссоциативная возгонка).

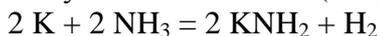
**Демонстрации:**

- а) получение хлорида аммония (дым);
- б) возгонка хлорида аммония

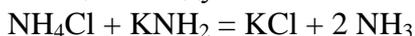
Щелочные и щелочноземельные металлы растворяются в жидком аммиаке, образуя ярко-синие растворы. Эти растворы постепенно превращаются с выделением водорода в прозрачные растворы амидов металлов.

Аммиак как растворитель во многом **подобен воде**.

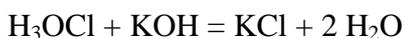
Получение основания (амида) при растворении в аммиаке щелочного металла:



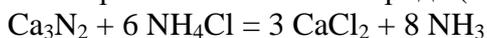
Реакция между сильной кислотой и сильным основанием:



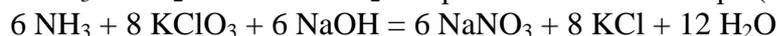
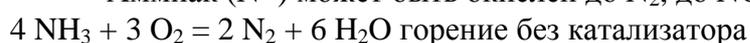
Сравните:



Растворение основного нитрида (аналог оксида) в кислоте:



Аммиак ( $N^{-3}$ ) может быть окислен до  $N_2$ , до  $NO$  или  $N^{+5}$  :



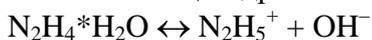
$N_2H_4$  **гидразин** можно рассматривать как аналог пероксида водорода. Гидразин эндотермичен:  $\Delta H^0_{298} = +95,2$  кДж/моль [2]. Он горит с большим выделением тепла:



В течение ряда лет 1,1-диметилгидразин (“гептил”) был основным горючим для жидкостных ракетных двигателей в СССР и США.

Например, легкая двухступенчатая ракета-носитель (РН) «Космос-3М» (11К65М) служит для выведения автоматических космических аппаратов (КА) легкого и среднего класса различного назначения на круговые и эллиптические орбиты. На обеих ее ступенях установлены маршевые жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) открытого цикла с турбонасосной подачей долгохраняемого самовоспламеняющегося топлива (окислитель – 27% раствор тетроксид азота в азотной кислоте (АК-27И), горючее – несимметричный диметилгидразин (НДМГ)) [3]

Как и аммиак, гидразин – слабое основание, причем двухосновное:



$$K_{b1} = 9,3 \cdot 10^{-7}$$

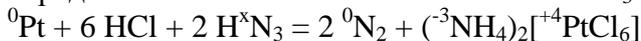
$$K_{b2} = 8,5 \cdot 10^{-15}$$

$HN_3$  **азотистоводородная кислота**, по силе близка к уксусной; соли – **азиды**.

Строение иона  $N_3^-$  :



Общую среднюю степень окисления азота в ионе  $N_3^-$  можно проверить по реакции:



$$0 + 6x = 4 \cdot 0 + 2 \cdot (-3) + (+4); \quad x = -2/6 = -1/3$$

Азиды щелочных металлов разлагаются при нагревании, азид свинца  $Pb(N_3)_2$  используется как инициирующее ВВ в детонаторах. Азид натрия, разлагающийся с выделением азота, применяют в пиротехнике для быстрого наполнения газом автомобильных подушек безопасности.

**Водородные соединения фосфора** гораздо менее устойчивы, чем их азотные аналоги. Фосфин  $PH_3$  и дифосфин  $P_2H_4$  самовоспламеняются на воздухе. Соли фосфония образуются только с сильными кислотами, например  $PH_4I$ . Водой соли фосфония разлагаются.

**Мышьяковистый водород**  $AsH_3$  еще менее устойчив – легко разлагается при нагревании.

## Оксиды азота





### Демонстрация:

растворение меди в азотной кислоте

Если вещество сочетает в себе азот в минимальной и максимальной степенях окисления, оно обычно способно к самопроизвольному разложению.

Такая реакция идет сравнительно медленно с нитратом аммония, к которому добавлен катализатор – 5-8% по массе бихромата калия:



Нитрат аммония способен и к **детонации** – распространению со сверхзвуковой в данном веществе скоростью зоны быстрой экзотермической химической реакции, следующей за фронтом ударной волны.

Еще легче детонируют органические нитроэфиры и нитросоединения, например, циклотриметилентринитрамин (*гексоген*)  $(\text{CH}_2\text{N}-\text{NO}_2)_3$ .

### Демонстрации:

- каталитическое разложение нитрата аммония;
- горение тротила

### Кислородные кислоты фосфора

Фосфор образует ряд кислот, где валентность фосфора равна 5, а степень окисления может быть +1, +3, +5.

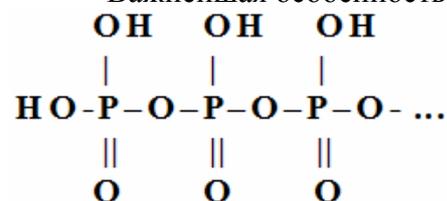
#### Кислородные кислоты фосфора

Формула	$\text{H}_3\text{PO}_2$	$\text{H}_3\text{PO}_3$	$\text{H}_3\text{PO}_4$
Степень окисл. фосфора	+1	+3	+5
Осно'вность	1	2	3
Название кислоты	фосфорноватистая	фосфористая	(орто)фосфорная
Название средней соли	гипофосфит	фосфит	фосфат

В фосфорноватистой и фосфористой кислотах водороды (соответственно 2 и 1) связаны непосредственно с фосфором и не являются кислыми.

Ортофосфорная кислота – сильная кислота по первой ступени диссоциации ( $K_1 = 7,6 \cdot 10^{-3}$ ), довольно слабая (слабее уксусной) по второй ( $K_2 = 6,2 \cdot 10^{-8}$ ) и очень слабая (слабее угольной) по третьей ( $K_3 = 4,4 \cdot 10^{-13}$ ).

Важнейшая особенность фосфорных кислот – образование полифосфатов:



Подобные структуры являются фрагментами АТФ. Высвобождение и аккумуляция энергии в АТФ обеспечивается за счет обратимого гидролиза трифосфата до дифосфата и наоборот.

### Кислородные кислоты мышьяка

Оксидам мышьяка (III) и мышьяка (V) соответствуют мышьяковистая ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) и мышьяковая ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) кислоты. Для первой из них характерны восстановительные, для второй – окислительные свойства.

## Содержание в живом организме и биологическое действие

В человеке 3,1 % азота, 0,95% фосфора, 10<sup>-6</sup>% мышьяка. Азот входит в белки, ДНК, витамины, гормоны. Фосфор содержится в нуклеиновых кислотах, АТФ, костях и зубах. В крови работает фосфатная буферная система. Мышьяк содержится в мозговой ткани и в мышцах, накапливается в волосах.

Токсические свойства водородных соединений [4]					
	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	HN <sub>3</sub>	PH <sub>3</sub>	AsH <sub>3</sub>
Температура кипения, °С	-33,4	113,5	36	-87,8	-62,5
ПДК (8 часов в сутки), мг/м <sup>3</sup>	20	0,1		0,1	0,1
Раздражение глаз и носа, мг/м <sup>3</sup>	0,5	4	0,5	2	-*
Смертельно за 1 - 3 часа, мг/м <sup>3</sup>	700	500	300	10	100

\*Чистый арсин практически не пахнет, сильный чесночный запах обусловлен примесью диэтиларсина AsH(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>

Токсические свойства оксидов азота			
	N <sub>2</sub> O	NO	NO <sub>2</sub>
Температура кипения, °С	-89,5	-151,8	20,7
ПДК (8 часов в сутки), мг/м <sup>3</sup>	5	5	5
Раздражение глаз и носа, мг/м <sup>3</sup>	-	76	0,2
Смертельно за 1 - 3 часа, мг/м <sup>3</sup>	-	1000	220

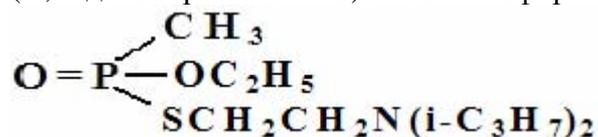
Воздух с концентрацией NO 1,13 мг/м<sup>3</sup> считается нездоровым, 3 мг/м<sup>3</sup> – опасным, а свыше 3,75 мг/м<sup>3</sup> – очень опасным [5].

Довольно часты бытовые отравления **нитритом** натрия (смертельно свыше 3 г для взрослого), напоминающим по вкусу поваренную соль. Нитриты окисляют аминокгруппы нуклеиновых оснований и железо гемоглобина.

Человек в сутки получает с пищей около 400 мг **нитрат**-она, что сопоставимо с количеством нитрата, производимого организмом при окислении NO (см. дополнение 1). Поэтому нельзя однозначно считать нитраты ядом. Нитраты опасны только при чрезмерных одноразовых дозах [6].

### Боевые ОВ – производные фосфоновой кислоты

В 1952 г. были синтезированы наиболее ядовитые из нервно-паралитических ОВ – фосфорилтиохолины, названные V-газами. Самый ядовитый из них – О-этиловый-S-(N,N-диизопропиламино)этиловый эфир метилфосфоновой кислоты или VX:



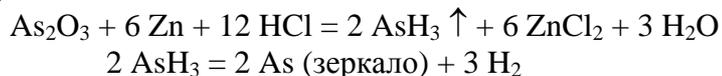
Попадание на кожу даже одной мельчайшей капельки (около 3 мг) VX смертельно.

**В быту** используются аналоги зарина и VX – дезактиваторы холинэстеразы насекомых. Наиболее известны дихлофос (R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>O-; X = CCl<sub>2</sub>=CHO-), хлорофос (R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>O-; X = CCl<sub>3</sub>CH(OH)O-) и карбофос. ПДК паров дихлофоса 0,2 мг/м<sup>3</sup>, смертельная доза (для крыс) 50 мг/кг. Для хлорофоса и карбофоса ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Смертельная доза **оксидов мышьяка**, арсенитов и арсенатов для человека 0,06-0,2 г. Для алкоголиков требуются меньшие дозы. При хроническом действии все соединения мышьяка – сильные канцерогены.

В то же время в некоторых местностях традиционно употребляют в пищу  $As_2O_3$  – до 300-400 мг (!) в день (см. дополнение 2).

В судебной медицине используется реакция Марша, она обеспечивает предел обнаружения  $7 \cdot 10^{-7}$  г мышьяка:



## Дополнение 1 к лекции 10

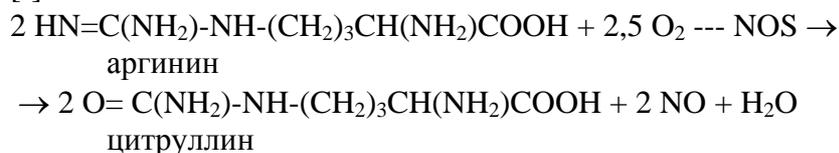
### NO – простейший информон

#### Выбирайте – любопытство или память [7]

Информонами называют вещества-посредники, выделяющиеся из нервных окончаний непосредственно на поверхность той клетки, которой адресован сигнал. Регуляторными свойствами простой молекулы оксида азота человек пользуется давно. Нитроглицерин и эринит (тетранитропентаэритрит) спасают больного от инфаркта, расширяя сосуды сердечной мышцы именно благодаря тому, что эти вещества являются донорами NO.

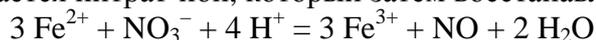
NO – свободный радикал, среднее время жизни которого в организме около 5 секунд. Вырабатывается в клетках почти всех органов и тканей человека. NO может быть и медиатором, и модулятором, и регулятором процессов жизнедеятельности внутри клетки. Ни одна система нашего организма не может работать нормально, если в ней не вырабатываются небольшие количества оксида азота. В физиологических концентрациях NO снижает кровяное давление, расширяя сосуды; ослабляет свертывание крови, препятствуя образованию тромбов; стимулирует активность макрофагов, защищающих организм от чужеродных бактерий. Роль NO как информона в организме обнаружили С.Монкада (Великобритания) и Л.Иньярро (США) в 1986-1987 гг. В 1992 г. журнал “Science” назвал окись азота молекулой года.

Для производства NO используются NO-синтазы (NOS); сейчас известны три разновидности этого фермента. Оксид азота получается из аминокислоты L-аргинина [8]:



В сутки в организме производится более 100 мг окиси азота.

Из сложных эфиров азотной кислоты (нитроглицерин, эринит) сначала при гидролизе получается нитрат-ион, который затем восстанавливается железом гемоглобина до NO:



В отличие от сложных эфиров, нитраты не эффективны как доноры NO, поскольку плохо всасываются стенками пищевода и желудка.

Специалисты кафедры физиологии биофака МГУ установили, что избыток аргинина в пище крыс увеличивает содержание NO в мозге; при этом у крыс возрастает любопытство, но ухудшается память и снижается способность к обучению, а также притупляется чувство боли.

#### Виагра – “зарин точечного действия” [9]

Знаменитый препарат для повышения потенции – “виагра” – является всего лишь средством противодействия остановке механизма, который запускает NO в пещеристых телах мужского полового органа. Неспецифический нейромедиатор парасимпатических нервов ацетилхолин активизирует NO-синтазу в клетках эндотелия пещеристых тел, в результате чего снижается мышечный тонус сосудов, артерии расширяются, пещеристые тела наполняются кровью – возникает эрекция. Эффект “выключения” обеспечивает в пещеристых телах фермент фосфодиэстераза. Активное вещество “виагры” силденафил останавливает метаболизм на стадии локального возбуждения парасимпатической системы, “выключая выключатель” – фосфодиэстеразу. Очень грубо говоря, “виагра” подобна нервно-паралитическим ОВ (зарин, зоман, VX), которые дезактивируют неспецифический “выключатель” – холинэстеразу, только действует гораздо более локально. Однако в 1998 г. в США зафиксировано несколько десятков смертей в результате быстрого падения давления, вызванного нарушением дозировки “виагры”.

В конце концов, давно известен и обратный эффект – противоишемный нитроглицерин способствует эрекции благодаря подаче NO в ткани. Так что грубое неумеренное вмешательство в тончайшие биохимические процессы всегда дает побочные эффекты.

Кстати, открытие фрагментарно описанного выше механизма обошлось Нобелевскому комитету в 6 премий (1932, 1936, 1970, 1971, 1994, 1998 гг.).

## Дополнение 2 к лекции 10

### Мышь как приправа [10]

В примечаниях к основному тексту «Основ химии» Д.И.Менделеев писал: «Замечательно, что жители некоторых горных стран приучают себя к употреблению мышьяка как средства, помогающего, по их опыту, преодолевать трудности движения в горах». Эту тему развивает статья Дж.Фельдмана в журнале «*Chemistry in Britain*» за 2001 г. в № 1 тома 37. «В австрийской провинции Штирия, – говорится в статье, – крестьяне с XVII в. потребляли мышьяк в огромных по современным понятиям дозах.

Выделяли его из белого дыма, который выходил из труб небольших кустарных плавильных для цветных металлов. Было известно, что это триоксид мышьяка и что он ядовит, но крестьяне верили в его магическую силу. С волшебным действием мышьяка связывали облегчение дыхания высоко в горах и улучшение цвета лица. Считалось также, что он придает человеку отваги и защищает от болезней».

Правда, приобретение и потребление дьявольского магического средства запрещалось церковью и законом, такое самолечение считалось грехом, и любители занимались им тайно. Порошок триоксида нерастворим в воде, и его принимали сухим, иногда лишь смешивая с истолченной серой. Начинали обычно с небольших доз – около 10 миллиграммов, постепенно доводя ежедневный прием до сотен миллиграммов. «Навеску» определяли на глазок: рассыпали порошок на ровной поверхности, разравнивали и разделяли на дозы ножом. Некоторые готовили себе «бутерброды», приправляя порошок хлеб, кое-кто сверху добавлял сало, поскольку считалось, что жирная пища устраняет изжогу и замедляет усвоение мышьяка.

Находились люди, которые лет по 30 или 40 не обходились без ежедневной дозы и чувствовали себя прекрасно.

Привычка потреблять сладковатый, имеющий металлический привкус белый порошок была впервые описана в 1851 г. Химический анализ бодрящего порошка был проведен в 1860 г., а на конференцию Ассоциации немецких ученых и врачей в 1908 г. были привезены два жизнерадостных крестьянина, которые показали, какое количество порошка они съедали ежедневно (оказалось, и это подтвердили химические анализы

выделений, что один – 300, а другой – 400 миллиграммов). По современным нормам смертельная доза для человека при попадании в желудок составляет менее 100 миллиграммов.

### Дополнение 3 к лекции 10

## Селитра и порох

### История [11]

**Порохами** называют метательные взрывчатые вещества, способные устойчиво гореть, не детонируя, с высокими скоростями, при высоких температурах и давлениях, например, во время выстрела в орудийном стволе.

Первое описание состава и рецепта приготовления горючей смеси из селитры, серы и угля (или бамбуковых опилок) обычно связывают с именем даосского алхимика и врача династии Тан Сунь Сымяо (Сунь Сымо) (601-682 г. н.э.). В его трактате "Цянь цзинь яофан" ("Бесценные рецепты"), впервые напечатанном в 1066 г. и переизданном в 1307, 1544 и 1604 гг., вспышка пороховой смеси трактуется как слияние холодного и спокойного женского начала "инь" – селитры – с горячим и подвижным мужским началом "ян" – серой. Приводимый состав смеси (40 частей селитры, 20 частей серы, 5 частей угля) соответствует медленно горящему ракетному топливу, но не взрывчатому пороху. Фейерверки на основе горючих смесей были известны в Китае и раньше, при династии Суй (589-618 гг.н.э.), а "огненные стрелы" упоминаются как средство обороны в летописи "Трех царств" (181-234 гг.н.э.) [12]. Упоминание об "изобретателе пороха" Сунь Сымяо есть почти во всех современных учебниках по технологии взрывчатых веществ. На самом же деле Сунь Сымяо был специалистом по "дао любви" – сексологом, выражаясь современным языком [13]. Его поэтическое сравнение полового акта с горением фейерверочного состава прочитали узко-технологически и вставили в учебники по технологии [14].

Возможно, что именно селитра ("земляная соль") описана как лекарственное средство в медицинской книге "Шеньнун бэньцацзин" во 2 в. до н.э. [15]

Первые упоминания о применении боевых горючих смесей в Европе относятся к "греческому огню" – таинственному и страшному оружию Византийской империи. Так, в 670 и 718 г н.э. этим зажигательным средством были уничтожены корабли арабского флота, осаждавшего Константинополь (Царьград). Изобретение "греческого огня" обычно приписывают механику и архитектору Каллиникосу из Гелиополиса (византийская провинция на территории современной Сирии) [16].

Достоверных сведений о составе "греческого огня" нет; судя по описаниям очевидцев, он мог гореть без доступа воздуха. Вполне возможно, что он содержал селитру – нитраты металлов первой и второй групп или аммония. Откуда могли взять селитру в Византии? Селитра получается при разложении животных и растительных остатков. Древний термин "sal petre" (англ.) или "nitrum" (лат.) означает белую соль, добываемую из земли, – им называли и поваренную соль, и соду. Латинский термин происходит от арабского "ntrum". В условиях жаркого климата и длинного сухого сезона, обеспечивающих достаточно быстрое разложение органических веществ и накопление кристаллического налета на почве, образование смеси нитратов – обычное явление. Эта смесь содержит 30-65% нитрата калия, до 14% нитратов кальция и магния, 15-35% хлорида натрия, 15% сульфата натрия [17]; из-за высокого содержания хорошо растворимых солей смесь легко поглощает влагу из воздуха и отсыревает. Выделение из естественной смеси достаточно чистой калиевой селитры, пригодной для приготовления горючих составов, требовало значительных химических знаний. Наиболее подходящий для накопления "селитряной земли" климат был в Южном Китае, Северной Африке, Сирии и Индии.

## “Христианская” селитра

Сопоставление литературных источников, никак, казалось бы не связанных тематически, позволяет сделать очень интересное предположение. В самой известной книге по истории Православной Церкви (Смирнов П. История христианской Православной Церкви – 30 изданий до 1917 г.) сообщается, что один из первых христианских монахов, Аммон (обратите внимание на “химическое” имя!), в середине IV в н.э. основал монастырь в 80 километрах от Александрии (Египет) на горе Нитрийской [18]. Гора так называлась из-за обилия на ней “нитры”. Хотя такое название использовалось в это время не только для селитры, нельзя исключить, что христианин Каллиникос получал необходимый для “греческого огня” окислитель из нитрийских монастырей (к концу IV в. их было 50). К сожалению, нет достоверных сведений о производственной деятельности иноков нитрийских монастырей, поэтому приоритет открытия пиротехнического применения селитры традиционно остается за Китаем.

В книге современника нитрийских монахов Руфина (ок.345-ок.410) указано, что Нитрийская гора расположена примерно в 40 милях к югу от Александрии и названа по имени близлежащего селения, где добывается селитра. Получается, что это упоминание селитры древнее китайского! [19]

## Современные пороха [20]

Внешний вид одного из важнейших промышленных химических продуктов уже с ХУ1 века перестал соответствовать его названию на большинстве языков - черные блестящие зерна, кубики, трубки с каналами трудно связать с термином “тонкий порошок” (порох или “powder” -англ.). Тем не менее название отражает основной технологический процесс производства смесевых **порохов** - тщательное измельчение и перемешивание твердого горючего и окислителя.

Древнейшее *взрывчатое вещество* - **черный (дымный) порох** представляет собой смесь азотнокислого калия (от 40 до 80%), древесного угля (от 12 до 30%) и серы (от 0 до 30%). Использование черного пороха как боевого взрывчатого вещества началось в конце 13 века в Европе и, возможно, в Китае. В России применение артиллерии впервые упомянуто в 1382 г. Легендарный Бертольд Шварц жил в конце 14 века и мог только усовершенствовать, но не изобрести порох.

В настоящее время черный порох используется в огнепроводных шнурах, вторичных воспламенителях в артиллерийских снарядах, а также в фейерверочных изделиях.

По современной терминологии **порохами** называют индивидуальные вещества или смеси, способные быстро сгорать без доступа воздуха с выделением большого количества газов (до 100 л на кг). При зажигании порохов в замкнутом пространстве происходит *взрыв*, но *горение* порохов не переходит в *детонацию* даже при высоких (до 100 МПа) давлениях и температурах. Образующиеся при горении порохов газы используются для приведения в движение пули или снаряда в стволе оружия, а также для обеспечения реактивной тяги ракет.

Современные пороха по составу делятся на два основных класса:

а) нитроцеллюлозные (пироксилиновые) с различными добавками (баллиститы, кордиты), называемые иногда бездымными; б) смесевые пороха (*ракетные топлива*).

Основой нитроцеллюлозных порохов являются продукты нитрования целлюлозы. В том случае, когда для производства пластической массы из нитрованных волокон применяют летучие растворители (смесь этилового спирта и диэтилового эфира), получают пироксилиновые пороха (порох Вьеля, 1884 г., пирокolloдийный порох Д.И.Менделеева, 1890 г.). Механически более прочные и, следовательно, более равномерно сгорающие пороха получают в том случае, когда пластифицирующий нитроцеллюлозу растворитель не удаляется из пороха благодаря своей низкой летучести. Пороха на основе смеси нитроцеллюлозы невысокой степени нитрации (коллоксилин) с нитроглицерином называются баллиститными (А.Нобель, 1888г.).

Баллиститные пороха (57% коллоксилина, 28% нитроглицерина, 11% динитротолуола, стабилизатор, пластификатор) были впервые использованы в качестве твердого ракетного топлива в реактивных снарядах в конце 30-х годов и во время Великой Отечественной войны (установки залпового огня "Катюша").

Если используется высоко нитрованная целлюлоза (пироксилин) в смеси с нитроглицерином и добавкой минерального масла, получается кордитный порох (1889 г). Для улучшения растворимости пироксилина в процессе производства кордитов используется летучий растворитель (ацетон). В настоящее время баллиститные пороха изготавливают на основе менее опасного, чем нитроглицерин, нитродигликоля.

Пороха широко используют в мирных целях, например, для быстрого наполнения газом автомобильных мешков безопасности (спасают людей от удара при столкновении автомобиля с препятствием); для выброса пламегасящих составов из автоматических огнетушителей.

## Библиография к лекции 10

1. . см., например, Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебн. для химико-технол. вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1988. – 640 с., с.333
2. . Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Спр.: В 4-х тт / Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. – 3-е изд. – Т.1, Кн.2. – М.: Наука, 1978. – 328 с.
3. Ракета-носитель "Космос-3М" *И. Черный* <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/content/numbers/216/17.shtml>
4. . Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. т.3. Неорганические и элементоорганические соединения. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.
5. . Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
6. . Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
7. . Каменский А.А., Савельева К.В. Избыток NO – работе мозга помеха. Химия и жизнь – XXI век, № 2, 2000, с.16-18
8. . Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
9. . Прозоровский В.Б. Лауреаты и виагра Химия и жизнь – XXI век, № 2, 2000, с.19-21
10. Раков Э.Г. И сильный яд, и средство от болезней, и очень нужный полупроводник... Химия (Первое сентября) №08 (605), 23-28.02.2003 <http://him.1september.ru/2003/08/1.htm>
11. . Статья, написанная В.В.Загорским для издательства "Аванта+" в 1999 г.
12. . Li Ch'iao-p'ing, The Chemical Arts of old China, Publ. J.of Chem. Education, Pennsylvania, 1948, 214p.
13. . Лу Куань Юй Даосская йога. Алхимия и бессмертие: Пер. с англ. и предисловие Е.А.Торчинова – СПб.: ОРИС, 1993. – 368 с. (Bibliotheca Orientalia), с. 341
14. . Например: Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: "Машиностроение", 1972. – 208 с., с.5
15. Лукьянов П.М. История химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX века. т.5. История производства пороха и взрывчатых веществ. М.: Изд.АН СССР, 1961, 704 с.
16. A.Marshall, Explosives. Their manufacture, properties, tests and history. London, 1915, 624p.
17. A.Marshall, Explosives. Their manufacture, properties, tests and history. London, 1915, 624p.
18. . Смирнов П. История христианской Православной Церкви. М.: Православная беседа, 1994 – 172 с.
19. . Пресвитер Руфин Жизнь пустынных отцов (по изданию Свято-Троицкой Сергиевой Лавры 1898 года) М.: Издательство Московского Подворья Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, 1998. – 206 с., с.168
20. . Статья, написанная В.В.Загорским для издательства "Большая Российская энциклопедия" в 1996 г.

- 
- <sup>1</sup>. см., например, Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебн. для химико-технол. вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1988. – 640 с., с.333
- <sup>2</sup>. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Спр.: В 4-х тт / Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. – 3-е изд. – Т.1, Кн.2. – М.: Наука, 1978. – 328 с.
- <sup>3</sup> Ракета-носитель "Космос-3М" *И. Черный* <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/content/numbers/216/17.shtml>
- <sup>4</sup>. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд. т.3. Неорганические и элементоорганические соединения. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.
- <sup>5</sup>. Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
- <sup>6</sup>. Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
- <sup>7</sup>. Каменский А.А., Савельева К.В. Избыток NO – работе мозга помеха. Химия и жизнь – XXI век, № 2, 2000, с.16-18
- <sup>8</sup>. Зеленин К.Н. Оксид азота (II): новые возможности давно известной молекулы / Соросовский образовательный журнал, № 10, 1997, с.105-110
- <sup>9</sup>. Прозоровский В.Б. Лауреаты и виагра Химия и жизнь – XXI век, № 2, 2000, с.19-21
- <sup>10</sup> Раков Э.Г. И сильный яд, и средство от болезней, и очень нужный полупроводник... Химия (Первое сентября) №08 (605), 23-28.02.2003 <http://him.1september.ru/2003/08/1.htm>
- <sup>11</sup>. Статья, написанная В.В.Загорским для издательства "Аванта+" в 1999 г.
- <sup>12</sup>. Li Ch'iao-p'ing, The Chemical Arts of old China, Publ. J.of Chem. Education, Pennsylvania, 1948, 214p.
- <sup>13</sup>. Лу Куань Юй Даосская йога. Алхимия и бессмертие: Пер. с англ. и предисловие Е.А.Торчинова – СПб.: ОРИС, 1993. – 368 с. (Bibliotheca Orientalia), с. 341
- <sup>14</sup>. Например: Горст А.Г. Пороха и взрывчатые вещества. – М.: "Машиностроение", 1972. – 208 с., с.5
- <sup>15</sup> Лукьянов П.М. История химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX века. т.5. История производства пороха и взрывчатых веществ. М.: Изд.АН СССР, 1961, 704 с.
- <sup>16</sup> A.Marshall, Explosives. Their manufacture, properties, tests and history. London, 1915, 624p.
- <sup>17</sup> A.Marshall, Explosives. Their manufacture, properties, tests and history. London, 1915, 624p.
- <sup>18</sup>. Смирнов П. История христианской Православной Церкви. М.: Православная беседа, 1994 – 172 с.
- <sup>19</sup>. Пресвитер Руфин Жизнь пустынных отцов (по изданию Свято-Троицкой Сергиевой Лавры 1898 года) М.: Издательство Московского Подворья Свято-Троицкой Сергиевой Лавры, 1998. – 206 с., с.168
- <sup>20</sup>. Статья, написанная В.В.Загорским для издательства "Большая Российская энциклопедия" в 1996 г.