

## ПОРОХА И ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

В. А. ПЕСТРЕЧИХИН

Уже в первые века нашей эры у различных народов были зажигательные снаряды, для изготовления которых применялись сажа, селитра и смола. Но они легко гасли при охлаждении или при попадании в воду, что ограничивало их скорость, а следовательно, и дальность полета.

Основной составной частью всех зажигательных смесей была селитра (нитрат калия), которая добывалась из осадков солевых растворов, образующихся в почве многих сухих местностей. Селитру открыли китайцы, которые применяли ее в смеси с серой и углем для изготовления фейерверков, и это уже был дымный порох.

В дальнейшем было замечено, что если у горящих снарядов имелись полости (щели), заполненные зажигательной смесью, то они продолжали гореть и под водой. На этой основе византийцы изобрели так называемый греческий огонь, первое упоминание о котором встречается в 673 году. Греческий огонь помещался в сосуды с отверстиями, изготовленные из камня или железа, которые бросали в сторону противника с помощью металлических машин или руками. Секрет изготовления греческого огня постепенно стал известен в других странах. В течение нескольких веков дымный порох применялся в ракетах, и только в конце XIII века арабы стали использовать баллистическое действие пороха. При этом в трубу помещался не только порох, но и снаряд, который выбрасывался из нее продуктами горения. Затем вместо сплошных снарядов стали применяться полые, которые заполнялись порохом. Действие таких снарядов усиливалось взрывом их содержимого.

В Европе первые пушки и пороховые заводы появились в первой половине XIV века. В России пушки впервые были применены при Дмитрии Донском в 1382 году при обороне Московского Кремля от нашествия татар. Первый пороховой завод был построен в Москве в 1494 году. Наибольшего расцвета производство пороха в России достигло при Петре Первом, и это неудивительно: шли непрерывные войны, окно в Европу прорубалось не топором, а порохом. При Петре были построены

наиболее крупные пороховые заводы: Охтинский, Сестрорецкий и Петербургский, а позднее Шосткинский и Казанский. Для подземных взрывов порох в России впервые был применен в 1552 году при осаде Казани. Под городскую стену был сделан подкоп, в который заложили около трех тонн пороха. Взрыв разрушил стену.

В горном деле порох впервые был применен также в середине XVI века.

При Петре Первом широко развивалось и пиротехническое искусство. Посмотреть, как в небо выплеснутся многие тысячи разноцветных огней, приглашали высокопоставленных гостей. До сих пор фейерверк (или салют, как его теперь принято называть) является лучшим украшением любого праздника.

Технический прогресс требовал новых порохов и взрывчатых веществ. В 1832 году Анри Браконно, растворяя древесные волокна и крахмал в азотной кислоте, получил ксилоидин, а при растворении бумаги был получен нитроамидин. Но эти вещества отличаются нестабильностью свойств и низкой химической стойкостью. В 1845 году профессор Базельского университета Шейнбейн обнаружил, что при погружении хлопка в смесь азотной и серной кислот получается взрывчатое вещество, которое он назвал пироксилином. Это открытие вызвало большой интерес, сразу же было налажено опытное производство пироксилина и развернуты широкие исследования свойств нового взрывчатого вещества. Однако ряд взрывов, происшедших в разных странах, привел к прекращению опытов с пироксилином, только в Австрии они продолжались под руководством барона фон Ленка. При тщательной промывке получался продукт более высокого качества, что позволило наладить его безопасное промышленное производство. Однако после взрыва пироксилинового склада около Вены в 1862 году австрийское правительство распорядилось прекратить все работы с пироксилином.

Исследования пироксилина были продолжены в Англии профессором Абелем, который начал свои работы в том же 1862 году. В 1868 году

Абель ввел в технологию производства пироксилина важную операцию — превращение его для лучшей промывки в мезгу, из которой потом прессовались листы, бруски и шашки. Производство прессованного пироксилина напоминало производство бумаги. Из-за неравномерного горения прессованный пироксилин не мог применяться в качестве пороха, но в качестве дробящего вещества для горных работ его можно было применять совершенно безопасно.

Одновременно с пироксилином в 1846 году профессор Туринского университета Асканио Собrero получил нитроглицерин, оказавшийся очень мощным взрывчатым веществом, но очень чувствительным к механическим воздействиям. Необычайная мощность нитроглицерина привлекла к нему внимание исследователей во многих странах. В России одним из первых нитроглицерином стал заниматься профессор Николай Николаевич Зинин, который определил температуру его воспламенения и разработал правила безопасного обращения с ним. Дальнейшие работы с нитроглицерином в России проводили ученики Зинина Василий Фомич Петрушевский и Альфред Нобель. Под руководством Петрушевского был проведен ряд опытов по подрыву рельсов и других конструкций, а также по снаряжению нитроглицерином подводных мин и воздействию их на днища броненосных судов. Опыты показали огромное преимущество нитроглицерина по сравнению с дымным порохом.

В 1863 году Альфред Нобель уехал из России в Швецию и взял патент на применение нитроглицерина в технике. Он основал две фабрики (в Стокгольме и Гамбурге) для производства нитроглицерина. Так благодаря усилиям русской химической школы во главе с Зининым появилось новое бризантное взрывчатое вещество. В 1863 году Альфред Нобель создал воспламенитель нитроглицерина на дымном порохе, что позволило применять нитроглицерин в горном деле.

В XVIII и XIX веках было синтезировано несколько потенциально взрывчатых веществ, но их либо не могли взорвать вовсе, либо они взрывались нестабильно. Только после того, как в 1865 году Альфред Нобель сделал свое первое крупное изобретение — детонатор на основе гремучей ртути, стало возможным вызывать детонацию практически любого взрывчатого вещества.

Изобретение детонаторов следует считать более значительным, чем изобретение динамита. После изобретения капсюля-детонатора были применены на практике (как в военном деле, так и в промышленности) пироксилин, пикриновая кислота, нитроманнит, тротил, тетранитропентаэритрит (ТЭН), гексоген, октоген и другие.

Все же обращение с нитроглицерином, особенно в процессе его производства, требовало особой осторожности. В 1864 году взорвалась одна из фабрик Нобеля. В Панаме взлетел на воздух груженный нитроглицерином пароход «Европа». Серия взрывов потрясла Лондон, Сан-Франциско, Сидней и другие города. Эпидемия взрывов вселила в людей страх. Франция и Бельгия запретили производство нитроглицерина. Швеция наложила запрет на его перевозку, Англия сократила ввоз. Вводились ограничения и в других странах. Однако спрос на мощное взрывчатое вещество был так велик, что нитроглицерином торговали тайно, как спиртным во времена «сухого закона».

Все это заставило Нобеля тщательно проанализировать все стадии производства нитроглицерина и разработать правила его безопасного получения. С тех пор на заводах Нобеля больше не было взрывов. Основным недостатком нитроглицерина Нобель считал то, что это взрывчатое вещество — жидкое. После долгих поисков к концу 1864 года он нашел идеальный материал для смешения с нитроглицерином — кизельгур. Кизельгур — это рыхлая порода, 90 % объема которой приходится на поры, способные впитывать нитроглицерин. Полученный состав, содержащий от 30 до 70 % нитроглицерина, был намного безопаснее и удобнее в обращении, в



то же время по мощности взрыва он превосходил дымный порох в пять раз. Нобель назвал новый взрывчатый состав динамитом и запатентовал его в 1867 году в Англии, а затем в Швеции, России, Германии и других странах.

Со второй половины XIX века в различных лабораториях всего мира шли исследования, направленные на получение бездымного пороха. К этому времени теория взрывчатых веществ уже достигла необходимого уровня, сырье — пироксилин, коллоксилин и нитроглицерин — было уже известно. Все эти попытки завершились открытием Вьеля, который в 1884 году предложил полностью желатинировать пироксилин с коллоксилином в спиртоэфирном растворителе и делать из полученной массы ленты, которые затем разрезать на полоски или квадратики. Основным недостатком пороха Вьеля являлась трудность удаления растворителя из крупных зерен пороха.

Этот недостаток удалось устранить Альфреду Нобелю, который в 1887 году предложил нитроглицериновый порох — баллистит. Он применил для изготовления баллиститов коллоксилин, желатинировав его нитроглицерином. Для флегматизации полученной смеси он добавил небольшое количество камфары. Из полученной смеси на горячих вальцах получали однородное полотно. Из готовой пороховой массы фильеруют пороховые зерна заданной формы: чешуйки, ленты, многоканальные трубки, пашки массой до нескольких десятков килограмм. Из баллиститов не нужно было удалять растворитель (нитроглицерин), так как он сам — взрывчатое вещество. Так был создан отличный артиллерийский порох, который позволил повысить начальную скорость пушечного снаряда с ~500 до 1500 м/с. Это во многом способствовало переходу к малокалиберному оружию, ярким образцом которого можно назвать легендарную русскую винтовку-трехлинейку.

В России создание бездымного пороха было поручено в 1890 году Д. И. Менделееву, который в первую очередь поехал в Париж и Лондон. Ему, как члену Парижской академии наук и Лондонского Королевского общества, показали все, что он хотел, и даже подарили немного бездымного пороха. Вскоре Д. И. Менделеев сообщил, что хотя французы официально оставили в секрете способы производства своего бездымного пороха, но их путь нам ныне вполне известен, и возможно не только достичь результата, равного французскому, но и пойти дальше. Он предложил заменить очень опасную операцию — сушку пироксилинового пороха — обезвоживанием его спиртом. С тех пор во всем мире она проводится только по способу Менделеева. Затем им был создан пироколлодий, который объединил свойства пироксилина и коллодия, обладал мощной взрывчатой силой и хорошо растворялся в спиртоэфирной смеси. Он оказался

очень хорошим сырьем для изготовления пороха для оружия любых калибров. Но из-за разногласий между военным и морским министерствами промышленное производство нового пороха в России так и не было налажено.

Все современные рецепты бездымного пороха являются вариантами двух основных типов — нитроглицеринового и пироксилинового. Нитроглицериновые пороха более стойки, просты в изготовлении, дешевле, разнообразнее по свойствам и форме, а самое главное — мощнее пироксилиновых. Но дымный порох и сейчас применяется для изготовления огнепроводных шнуров и заряжания охотничьих патронов. Он незаменим в пиротехнических составах и фейерверках. В горном деле он применяется при добыче дорогого декоративного камня, который нужно откалывать крупными глыбами, чтобы затем распиливать их на плиты.

Аммиачная селитра долгие годы производилась в огромных количествах как удобрение. В 1867 году шведские ученые Ольсон и Норрбин впервые пришли к выводу, что, добавляя к аммиачной селитре уголь, можно получить мощное взрывчатое вещество. В 1869 году они взяли патент на так называемый аммиачный порох. Патент купил Альфред Нобель. Но так как смеси на основе аммиачной селитры сильно уступали динамитам по мощности, не всегда взрывались даже от мощных детонаторов, отсыревали и стоили в то время дорого, Нобель отказался от ее применения.

Длительное время аммиачная селитра использовалась в качестве взрывчатого вещества лишь изредка. Однако горняки заметили, что при применении аммиачной селитры никогда не происходит взрывов рудничного газа и угольной пыли. В связи с этим смеси с аммиачной селитрой были тщательно исследованы французской комиссией по взрывчатым веществам под руководством Марселена Бертло. Было выяснено, что это объясняется низкой температурой взрыва аммиачной селитры — всего 1600 °С (у динамита более 4000 °С), а метан взрывается только при высокой температуре.

В 1885 году французский ученый П. А. Фавье получил несколько взрывчатых смесей, сходных по составу и очень богатых аммиачной селитрой, содержащих нафталин в разных степенях нитрации. Эти смеси получили общее название аммониты, а смеси аммиачной селитры с горючими — динаммоны. Дешевизна и способность аммиачной селитры образовывать разнообразные смеси с универсальным набором свойств обеспечивают ей преобладающее место среди современных взрывчатых соединений мирного назначения.

Одним из заслуживающих внимания событий в истории взрывчатых веществ, является практическое применение бертоллетовой соли. Первая попытка ее применения для изготовления пороха

была сделана еще в 1788 году Бертолле и Лавуазье. Однако она оказалась неудачной и стоила жизни двум очевидцам. Но идея не была забыта, время от времени продолжали появляться взрывчатые смеси, содержащие бертоллецову соль. Основным недостатком этих смесей являлась их высокая чувствительность к внешним воздействиям. С 1867 года для уменьшения чувствительности взрывчатых смесей стали применять флегматизаторы. Первой смесью, которая нашла практическое применение, стал в 1896 году шеддит, флегматизатором в котором служило касторовое масло. Тогда же обратили серьезное внимание на перхлораты, то есть соли хлорной кислоты. Появилась целая серия взрывчатых смесей на основе перхлоратов.

Вышеописанные взрывчатые вещества способны проявлять свои бризантные свойства только в смесях. Первым индивидуальным бризантным взрывчатым веществом, нашедшим широкое практическое применение, была пикриновая кислота, открытая еще в 1788 году и в течение столетия применявшаяся как краситель. Первые попытки использования пикриновой кислоты в качестве взрывчатого вещества были сделаны Шпренгелем в 1871 году, который предложил применять ее во взрывчатых смесях в качестве горючего и первый взорвал ее от капсуля-детонатора. Опыты показали, что она небезопасна в обращении и чувствительность к внешним воздействиям у нее непостоянна, поэтому вначале она не нашла широкого применения. Было установлено, что при хранении пикриновой кислоты образуют очень чувствительные соли (пикраты). Только в 1886 году Евгений Тюрпен показал, что литая пикриновая кислота теряет свою опасную чувствительность и может применяться для снаряжения снарядов. Вскоре во Франции под покровом секретности стали выпускать новое взрывчатое вещество — мелинит, но вскоре секрет был разгадан, а в конце XIX века пикриновая кислота под различными названиями была взята на вооружение во всех армиях мира. Однако недостатки, которыми обладает пикриновая кислота — высокая температура плавления ( $>122\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), образование при взаимодействии с большинством металлов чувствительных пикратов, высокая токсичность — привели к значительному сокращению ее производства и применения. К тому же в начале XX века у нее появился грозный конкурент — тринитротолуол (тротил).

Тринитротолуол впервые был синтезирован еще в 1863 году, но применяться в качестве взрывчатого вещества начал только в начале XX века. Его уникальные свойства — низкие чувствительность и температура плавления, химическая стойкость и дешевизна — позволили ему сразу же занять лидирующее положение на мировом рынке взрывчатых веществ как мирного, так и военного назначения.

Тротил хорошо сплавляется с другими взрывчатыми веществами, например гексогеном, полученные смеси обладают лучшими взрывчатыми свойствами, чем сам тротил.

Гексоген впервые был синтезирован в конце XIX века немецким химиком Ленцем. В 1920 году Герц показал, что гексоген является сильнейшим взрывчатым веществом. Вскоре в Англии, а затем и в других странах развернулось его промышленное производство. Ко Второй мировой войне масштабы производства гексогена уступали только тротилу. Чаще всего гексоген применялся и применяется в виде смеси с тротилом в различных пропорциях для заливки авиабомб, торпед и снарядов, а также в мирных целях.

Практически одновременно, как примесь при производстве гексогена, был выделен октоген, который оказался еще более мощным взрывчатым веществом, чем гексоген. Но долгое время из-за высокой стоимости он практически не применялся, и только во второй половине XX века стал использоваться сначала в военных, а потом и в мирных целях.

К современникам тротила относится тетрил. Из-за высокой чувствительности к механическим воздействиям он применяется только в капсулях-детонаторах. В мирных целях тетрил практически не используется.

ТЭН впервые был синтезирован в 1894 году. У ТЭНа есть важное достоинство — он обладает хорошей иницилирующей способностью, поэтому широко применяется при производстве капсулей-детонаторов и, главным образом, для изготовления детонирующего шнура.

Таким образом, создание сотен индивидуальных взрывчатых веществ и смесей обеспечило необходимые предпосылки для грандиозного прогресса науки и техники, который произошел в XX веке. С помощью взрывчатых веществ удалось осуществить грандиозные стройки и проложить дороги в самых труднодоступных местах. Взрывчатые вещества послужили той искрой, которая «зажгла» ядерную реакцию в атомном оружии, благодаря которому вот уже более 60 лет человечество живет без мировых войн. Применение взрывчатых веществ в качестве жидких и твердых ракетных топлив позволило человеку покорить просторы космоса. Другими словами, взрывчатые вещества кардинально изменили картину мира и жизнь людей.

**ПЕСТРЕЧИХИН Владимир Алексеевич —**  
старший научный сотрудник  
РФЯЦ-ВНИИТФ