

# СПЕЦИАЛЬНАЯ ХИМИЯ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ



Юрий Михайлович Михайлов

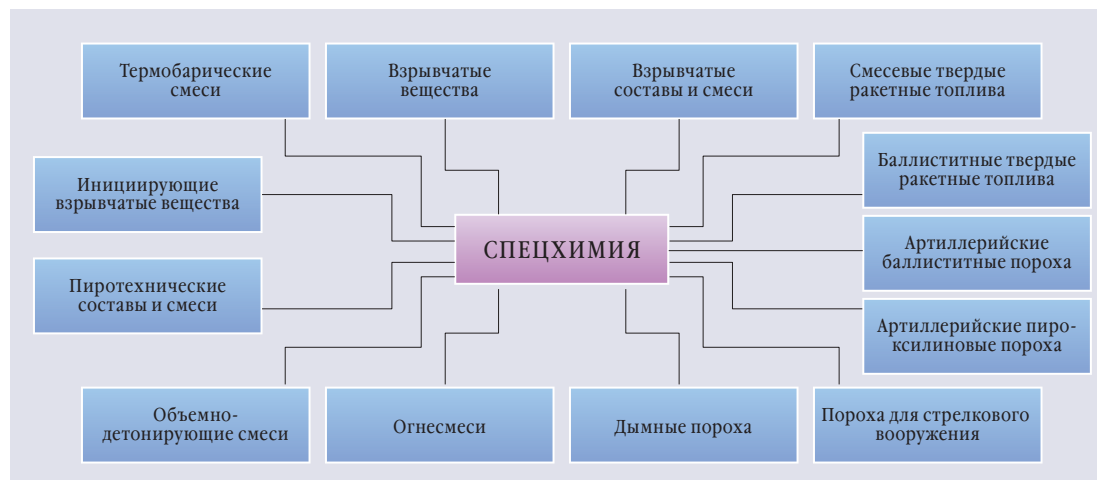
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ  
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ – ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ  
ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Специальной химией принято называть область науки и техники, к которой относятся вопросы химии, технологий и производства энергетических конденсированных систем (ЭКС). К таким системам принадлежат бризантные, инициирующие взрывчатые вещества и составы, твердые смесевые и баллиститные ракетные топлива, баллиститные, пироксилиновые и сферические пороха для ствольного оружия и средств ближнего боя, пиротехнические составы, унитарные жидкие ракетные и торпедные топлива, специальные составы и компоненты (рис. 1).

Открытие и применение в военном деле ЭКС, являющихся гениальным творением многих поколений представителей человеческого общества, изначально позволило коренным образом изменить облик вооружений. Их развитие, которое наиболее активно происходило в XIX–XX веках, позволило достигнуть новых высот в военных технологиях, в том числе обеспечило возможность создания самых современных систем вооружения. Поэтому ЭКС в традиционном восприятии ассоциируются с их применением в вооружении или решением иных задач военного и специального назначения.

Несомненно, процесс развития ЭКС военного назначения продолжается и сегодня, обеспечивая современные качество вооружений и возможности реализации новых принципов ведения боевых действий. Широкое применение ЭКС определяется их основным фундаментальным свойством – высокой плотностью энергии, то есть концентрацией последней в ограниченном объеме и высокой скоростью ее выделения при горении или взрыве. Это свойство используется как в артиллерии и стрелковом оружии, так и в боевых ракетах для всех видов и родов войск. В качестве примера можно отметить, что без ЭКС не было бы ни катюши – легендарной ракетной установки периода Великой Отечественной войны

1



ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОДУКЦИИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ХИМИИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВООРУЖЕНИЙ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

с дальностью полета снаряда ~10 км, ни современных межконтинентальных ракетных комплексов, ракеты которых преодолевают расстояния, превышающие 10 тыс. км.

К ареалу спецхимии, безусловно, относятся и все аспекты применения ЭКС, включая способы и технологии управления процессами горения, детонации ЭКС при их традиционном использовании. Это и горение в камере ракетного двигателя, в стволе артиллерийской или стрелковой системы, и детонация или высокоскоростное дефлаграционное горение при работе боевых частей боеприпасов, в том числе и ядерных. Кроме того, это и нетрадиционное использование энергии горения и взрыва ЭКС.

В странах с развитой военной промышленностью всегда проводились и проводятся интенсивные исследования и разработки по всем перечисленным направлениям. Цель очевидна: создание современных систем вооружения, эффективность которых во многом определяется эффективностью ЭКС.

Наряду с использованием ЭКС в военных целях развивалось и неизбежно расширялось их применение в мирном секторе экономики развитых стран. Ярким примером может служить разработка в XIX веке динамита, впервые использованного в промышленных масштабах для добычи полезных ископаемых и ведения инженерных взрывных работ. Необходимо отметить роль отечественных ученых Н.Н. Зинина и В.Ф. Петрушевского, которые еще в начале 1850-годов разработали отечественную технологию получения нитроглицерина, а также снаряжения им бомб и снарядов для орудий. Более того, предложив для снижения чувствительности нитроглицерина его смешение с окисью магния и другими ингредиентами, отечественные изобретатели применили сотни пудов такого промышленного взрывчатого вещества, названного динамитом В.Ф. Петрушевского, на золотых приисках Сибири еще в 1866 году, то есть до появления патента А. Нобеля на гурдинамит (1867 год), в котором вместо оксида магния был использован кизельгур.

Со временем во всем мире невоенные аспекты использования энергии, выделяющейся при горении и взрыве ЭКС, стали привлекать все более пристальное внимание ученых и инженеров.

Сегодня можно выделить несколько основных направлений в развитии энергетических конденсированных систем и использовании их в гражданских секторах экономики, обеспечении безопасности промышленных предприятий, предотвращении и ликвидации последствий катаклизмов.

1. Использование ЭКС и устройств на их основе в интересах повышения эффективности добычи энергетических и сырьевых ресурсов, включая добычу полезных ископаемых с использованием промышленных взрывчатых составов открытым (карьеры,

2



ОБЪЕМЫ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ТЫС. Т

угольные разрезы) и подземным способом (рудники, угольные шахты, нефтяные и газовые скважины).

2. Получение различных материалов промышленного назначения в процессе взрывчатого превращения ЭКС, в том числе технических алмазов, нитрида бора и т.д.; технологии получения новых биметаллических композитов и сложных конструкций сваркой взрывом; получение высокоэффективных композиционных каталитических систем и наноразмерных частиц d-переходных металлов и их производных с использованием энергии взрыва и горения ЭКС, а также технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
3. Создание экологически чистых, безопасных в обращении высокоэффективных жидких и твердых ракетных топлив для стартовых ускорителей космических ракет гражданского назначения.
4. Применение технологий получения ЭКС для синтеза перспективных лекарственных средств.
5. Производство лаков, красок и эмалей, спирторастворимых нитратов целлюлозы для экологически чистых лаков.
6. Создание фейерверков, спортивных и охотничьих порохов.
7. Разработка пиротехнических экологически чистых технологий уничтожения биологических и химических отходов.
8. Использование ЭКС и устройств на их основе в борьбе с техногенными и природными катастрофами и стихийными бедствиями: борьба с пожарами в производственных и жилых помещениях, на транспорте, лесными пожарами; прогноз и предупреждение землетрясений; предупреждение взрывов в загазованных шахтных выработках; борьба с градом, ливнями и лавинами.

Приведем несколько возможных примеров реализации перечисленных направлений.

Сегодня для эффективного функционирования любого государства требуются углеводороды, основными источниками которых являются нефть, газ, уголь, необходимы также разнообразные металлы, другие виды природного сырья. Добыча жидких и твердых рудных (металлы и самородные элементы), горючих (уголь, торф, нефть, природный газ) и нерудных (строительные материалы, химическое сырье, технические и драгоценные камни) полезных ископаемых из недр земли по-прежнему остается одной из важнейших составляющих экономического развития страны и обеспечения национальной безопасности.

Применение ЭКС потенциально позволяет обеспечить поиск полезных ископаемых, эффективно осуществлять их добычу. Объемы используемых промышленных взрывчатых веществ из года в год растут (рис. 2). При этом коренным образом меняется и номенклатура взрывчатых составов.

Если всего лишь 20–30 лет назад во всем мире для ведения взрывных работ при добыче полезных ископаемых в огромных объемах традиционно использовались взрыв-

чатые составы на основе тротила, известного боевого взрывчатого вещества, то сегодня известен широкий спектр промышленных взрывчатых составов, которые уже совсем непохожи на современные боевые взрывчатые материалы. Это, в первую очередь, специальные жидкие эмульсионные взрывчатые составы на основе водного раствора аммиачной селитры, обладающие высоким уровнем эксплуатационной безопасности и получившие массовое применение. В отличие от взрывчатых составов, содержащих тротил, продукты взрыва эмульсионных составов являются более экологически чистыми, так как в них практически отсутствуют оксиды азота (рис. 3 и 4). Помимо этого созданы уникальные термостойкие взрывчатые составы для работы в скважинах глуби-

3



3. Взрыв взрывчатого вещества на основе гранулола  
4. Взрыв эмульсионного взрывчатого вещества  
5. Кумулятивная перфорационная система и ее составные элементы  
6. Запуск многоразового комплекса «Спейс Шаттл»

4



5



ной до 4–5 км, температура в которых достигает 200–300°C, и многие другие взрывчатые материалы, а также изделия на их основе.

Ярким примером активного использования ЭКС и процессов, происходящих при их превращении в освоении природных ресурсов, является применение кумулятивных перфорационных систем, газогенераторов различных конструкций, обеспечивающих заметное повышение дебита нефтяных скважин (рис. 5).

Одним из факторов, влияющих на повышение издержек нефтедобычи, является истощение месторождений и, как следствие, повышение затрат, связанных с освоением и повышением продуктивности нефтедобывающих скважин. От качества выполнения этих работ зависит текущая продуктивность (дебит) и продолжительность работы скважин, нефтеотдача пласта.

Перфорация пласта применяется как при первичном освоении скважины, так и при проведении мероприятий по увеличению продуктивности малодебитных нефтяных сква-

жин. По оценкам Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, объем рынка кумулятивных зарядов и перфорационных систем России приближается к 2 млрд долларов. В ближайшее время отечественные производители прострелочно-взрывного оборудования смогут занять на нем не менее 70%. При этом спрос на кумулятивные заряды, который напрямую зависит от объемов добычи нефти и ввода в эксплуатацию новых скважин в России ежегодно увеличивается примерно на 20%.

Новые и известные технологии предполагают использование ЭКС для получения уникальных материалов и конструкций. Например, горение и взрыв систем, содержащих ЭКС, можно положить в основу новых технологий получения самых разнообразных мате-



риалов, среди которых наноразмерные алмазы, уникальные химические соединения, каталитические и иные материалы.

Так, в результате фундаментальных исследований процессов низкотемпературного горения энергетических систем, балластированных соответствующими металлосодержащими прекурсорами, показано, что в продуктах превращения можно получать каталитически активные материалы, содержащие наноразмерные частицы переходных металлов и их производных. Если таким образом изготовить материал, содержащий нанодисперсный никель (6–15 нм), то он проявляет высокую каталитическую активность в разнообразных реакциях гидрирования. Сформированные по данной технологии железокобальтовые катализаторы обеспечивают высокую эффективность при получении углеводородов синтезом Фишера – Тропша. Получаемую при этом смесь жидких углеводородов можно использовать как основу для синтетических моторных топлив и смазочных материалов. Их преимущес-

твом перед аналогами на основе наноразмерных металлов является отсутствие пирофорных свойств, несмотря на высокое содержание (до 80% массы) активных наноразмерных частиц металла, а также отсутствие необходимости активирования катализаторов непосредственно перед использованием.

Надежным партнером предприятий спецхимии может стать фармацевтическая промышленность. Некоторые соединения, имеющие в составе энергетические группы, могут служить основой для получения субстанций лекарственных препаратов: нитроглицерина, пентаэритриттетранитрата, динитросорбида, метронидазола, тинидазола, нитазола, левомицетина, препаратов нитрофуранового ряда и др. В настоящее время ряд нитропроизводных ароматических соединений используется в качестве исходных продуктов синтеза анестезирующих лекарственных средств: анестезина, новокаина, лидокаина, суперкаина.

Известно, например, что в настоящее время наиболее широко применяемым препаратом от сердечно-сосудистых заболеваний и приступов стенокардии является нитроглицерин, на основе которого разработаны десятки лекарственных форм, а отдельные предприятия спецхимии выпускают нитроглицерин для производства лекарственных форм.

Мировой рынок сердечно-сосудистых препаратов, согласно прогнозам Global Industry Analysts, превысит 111,8 млрд долларов к 2015 году. В России, где ежегодно от заболеваний сердечно-сосудистой системы погибает 1,5 млн человек, в 2009 году было реализовано 432 млн упаковок сердечно-сосудистых препаратов на сумму более 40 млрд рублей. Поэтому потребности рынка и ценовая политика требуют увеличения объемов производства субстанций и расширения ассортимента применяемых лекарственных форм. Это возможно путем сосредоточения усилий химиков технологов и фармацевтов на предприятиях с особым режимом производства и условиями, которые сложились на предприятиях, производящих ЭКС.

Для обеспечения эффективного функционирования патронов гражданского и спортивного стрелкового оружия, управления взрывом гражданских промышленных взрывчатых составов создаются современные системы инициирования. Разработаны, в том числе и экологически чистые, композиции, не содержащие тяжелых металлов, в отличие от капсюльных составов на основе гремучей ртути и оксида свинца.

Анализ показывает, что из всей совокупности проблемных вопросов, от которых зависит состояние и развитие ЭКС в России, можно выделить несколько основных.

Сегодня необходимым условием развития промышленности спецхимии является техническое перевооружение производственных мощностей предприятий и изменение принципов производства. Проблемой предприятий промышленности спецхимии является избыточность ранее созданных производств, несоответствие их потребностям сегодняшнего дня, а также огромные территории, хоть и обеспечивающие взрывобезопасные расстояния между производственными зданиями. В этой связи необходимо создавать современные малотоннажные, автоматизированные, технологически переоснащенные производства ЭКС. Причем там, где отставание от мирового уровня является радикальным, вопрос следует решать приобретением необходимых импортных технологий и оборудования с последующим их тиражированием.

Определенные мероприятия по техническому перевооружению и развитию производственных мощностей, в том числе предусматривающие закупки импортного оборудования, частично реализованы или планируются к реализации в соответствующих федеральных целевых программах.

Вместе с тем необходимо развивать новые технологии, основанные на иных принципах организации процессов, среди которых, в частности, технологии адиабатического нитрования, технологии нитрования в сверхкритических средах, технологии получения композиционных ЭКС повышенной эксплуатационной безопасности. За такими и им подобными технологиями видится и экологическая, и экономическая перспектива.

Важнейшим для развития спецхимии является вопрос компонентной базы ЭКС. Известно, что свойства ЭКС определяются в основном их составом. Сегодня во всем мире при создании ЭКС пользуются хорошо известными штатными компонентами. Это нитраты целлюлозы, нитроглицерин, другие нитраты спиртов, октоген, гексоген, перхлорат аммония,

алюминий. В случае гражданских взрывчатых составов к вышеперечисленным компонентам добавляется нитрат аммония. Перечисленные соединения являются базовыми. Однако свои возможности для создания новых систем они практически исчерпали. Надо отдать должное ученым в области горения и взрыва, специалистам по конструированию зарядов ЭКС на основе этих материалов. Используя достижения в области химии, глубокое понимание основ физики и химии процессов горения и взрыва, они смогли многократно увеличить эффективность и различных систем вооружения, и изделий гражданского назначения, базирующихся на вышеперечисленных материалах.

Вместе с тем для выхода на новые уровни свойств ЭКС необходимы новые компоненты. Во многих странах мира, в первую очередь для военного применения, идет активный поиск новых веществ с высокой энергетикой и безопасных в обращении. Среди известных можно назвать гексанитрогексаазаизовюрцитан, нитропроизводные кубана, ряд других перспективных, в том числе малочувствительных, плавких взрывчатых веществ, таких как 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол, 1,1-диамино-2,2-динитроэтилен, 1,3,3-тринитроазетидин, а также новые нитро- и азидопластификаторы. Иные окислители и горючие композиционные энергетические составы, например соли динитразовой кислоты, гидрид алюминия, новые энергетические полимеры и наноразмерные компоненты, смогут обеспечить новые возможности для ЭКС, создаваемых на их основе.

В этой связи следует особо отметить перспективы использования в ракетно-космической технике аммониевой соли динитразовой кислоты – соединения, полученного российскими учеными под руководством В.А. Тартаковского примерно на 20 лет раньше, чем о нем стало известно за рубежами нашей страны.

Например, для вывода ракетно-космических систем со значительной грузоподъемностью на околоземную орбиту целесообразно использование ракетных бустеров с силовыми реактивными установками. В частности, для запуска многоразового комплекса «Спейс Шаттл» применялись бустеры с зарядами из твердого топлива на основе перхлората аммония массой несколько сотен тонн. Эти ракетные ускорители работали с момента запуска в нижних слоях атмосферы. В процессе их работы в атмосферу выбрасывалось около 200 т хлористого водорода (рис. 6).

Кроме того, при сгорании топлив такого состава существует высокая вероятность образования высокотоксичных диоксинов. Это огромная нагрузка на окружающую среду с непрогнозируемыми последствиями для экосистемы. Аналогичные проблемы возникают и при использовании ракетных систем метеорологических, геофизических и других гражданских комплексов, а также многих классов боевых ракет.

Следовательно, важной задачей современности является создание новых топливных систем, в которых окислитель не содержит хлора. В отличие от топлив на основе перхлората аммония, при горении составов на основе аммониевой соли динитразовой кислоты в качестве продуктов выделяются в основном вода, азот и двуокись углерода, а грузоподъемность повышается примерно на 10%.

Интерес представляют и жидкие ракетные монотоплива на основе спиртоводных растворов аммониевой соли динитразовой кислоты. В соответствии с выводами, представленными специалистами шведских компаний Eurenco Dofors и ECAPS, перспективным может оказаться использование монотоплива LMP-103S, состоящего преимущественно из воднометанольного раствора АДНА. Оценки показывают, что применение подобного топлива вместо крайне токсичного гептила и окислителей позволит существенно повысить эффективность ракетно-космических комплексов с жидкостными ракетными двигателями.

В своей программной предвыборной статье «Быть сильными: гарантии национальной безопасности» В.В. Путин особо отметил необходимость обеспечения встречных потоков инноваций, технологий между оборонным и гражданским секторами, выделив необходимость увеличения выпуска гражданской продукции на оборонных предприятиях. Необходимо подчеркнуть, что данный вектор развития является спасательным кругом для предприятий спецхимии. Причем реальные задачи развития экономики этому способствуют.

Специфическим аспектом спецхимии в современной России является также ее межведомственный и межкорпоративный характер. В первую очередь в России проблемы спецхимии решаются, безусловно, на предприятиях Минпромторга России и Государственной корпорации «Ростехнологии». Но, кроме этого, в рассмотрении вопросов, имеющих непосредственное отношение к ЭКС, принимают участие организации Минобороны России, Минобрнауки России, Роскосмоса, Госкорпорации «Росатом», Российской академии наук, а также частные компании, включая горно-обогатительные комбинаты, предприятия геофизического профиля нефтедобывающих компаний и т.д.

К проблемным вопросам развития спецхимии относится и подготовка кадров. Сегодня в России подготовкой специалистов по профилю спецхимии занято несколько вузов, среди которых РХТУ имени Д.И. Менделеева, КГТУ, Бийский технический университет, Пермский технический университет, Самарский государственный технический университет и некоторые другие. Проблемные вопросы те же, что и при подготовке специалистов других областей: падение интереса к профессии и снижающийся уровень подготовки абитуриентов.

Сегодня необходимы активные действия по сохранению и развитию научных школ, которые базируются в учреждениях Российской академии наук и высшей школы, отраслевых научных центрах, и по проведению фундаментальных и поисковых научных исследований в области ЭКС.

Важной задачей развития спецхимии является создание фундаментального научно-технического задела. Россия в области ЭКС всегда занимала одно из лидирующих мест. Поэтому в нашей стране впервые в мире были синтезированы такие уникальные соединения, как вышеупомянутые аммониевая соль динитразовой кислоты, гидрид алюминия, разработаны промышленные технологии их производства, выполнены не имеющие аналогов другие работы в области синтеза высокоэнергетических соединений, а также приоритетные работы в области химической физики горения и взрыва, среди которых, в частности, открытие самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, разработка промышленных технологий на его основе и др.

В заключение можно отметить, что для сохранения передовых позиций России в области спецхимии и всего научно-технического комплекса, касающегося ЭКС, необходимо постоянное совершенствование и динамическое развитие научных основ этой отрасли в совокупности с созданием современных безопасных промышленных технологий и производств.