

ГАЗОВАЯ ДЕТОНАЦИЯ:
ОТ КАТАСТРОФ
К НОВЫМ ТИПАМ ДВИГАТЕЛЕЙ

31

СУБРЕГИОНАЛЬНЫЙ ОБЗОР
ИННОВАЦИОННОЙ
ПОЛИТИКИ 2020

38

ОСТРЫЕ ЗАДАЧИ
ФИЛОСОФСКОГО
ОСМЫСЛЕНИЯ

56

ЛАЗЕРНОЕ
ЗОНДИРОВАНИЕ
АТМОСФЕРЫ

68

Наука и инновации

№4 (218)
АПРЕЛЬ 2021

научно-
практический
журнал

УКРОЩЕНИЕ ОГНЯ

ISSN 1818-9857



9 771818 985001 04

ISSN 2412-9372 (online)

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ, РЕАКЦИИ НА ОГОНЬ И ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ

Печи огнестойкости

- Кубические
- Горизонтальные
- Вертикальные

Стенды для исследования реакции на воздействие огня

- Камеры для испытаний на воспламеняемость
- Установки для испытания игольчатым пламенем
- Аппараты распространения огня
- Камеры реакции на огонь
- Лучистые панели
- Колориметры
- Горючие печи
- Дымовые камеры
- Камеры плотности дыма
- Камеры дымоудаления
- Сопутствующее оборудование

Theseus Lab S.r.o., 110 00, Václavské náměstí, 808/66,
Nové Město, Prague, 1, Czech Republic



Камера REFO



Камера для испытаний на воспламеняемость



Аппарат распространения огня



Конический калориметр



Камера плотности дыма



**Обеспечим необходимым оборудованием
для проведения огневых испытаний**

От подготовки оптимального решения и проектирования
до поставки оборудования, монтажа и обучения персонала

Звоните: +375 17 237-42-11 доб. 418 **Пишите:** dg@theseuslab.cz

**Theseus** Lab[®]
theseuslab.by



Зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь, свидетельство о регистрации №388 от 18.05.2009 г.

Учредитель:

Национальная академия наук Беларуси

Редакционный совет:

В. Г. Гусаков – председатель совета	Ж. В. Комарова С. А. Красный Н. П. Крутько
П. А. Витязь – зам. председателя	В. А. Кульчицкий М. В. Мясникович О. Г. Пенязьков
В. В. Байнев	О. О. Руммо
А. И. Белоус	Н. С. Сердюченко
И. В. Войтов	И. А. Старовойтова
И. Д. Волотовский	А. В. Тузиков
С. В. Гапоненко	И. П. Шейко
С. И. Гриб	А. Г. Шумилин
А. Е. Дайнеко	В. Ю. Шутилин
Н. С. Казак	С. В. Харитончик
Э. И. Коломиец	

Главный редактор:

Жанна Комарова

Ведущие рубрик:

Ирина Емельянович	Татьяна Жданович
Наталья Минакова	Юлия Василюшина

Дизайн и верстка:

Алексей Петров

Маркетинг и реклама:

Елена Верниковская

Адрес редакции:

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129.
Тел.: (017) 351-14-46,
e-mail: nii2003@mail.ru,
www.innosfera.by

Подписные индексы:

007 532 (ведомственная)

00 753 (индивидуальная)

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 9,8.

Тираж 535 экз. Цена договорная.

Подписано в печать 13.04.2021.

Издатель и полиграфическое

исполнение: РУП «Издательский дом «Беларуская навука».

Свид. о гос. рег. №1/18 от 02.08.2013.

ЛП №02330/455 от 30.12.2013.

г. Минск, ул. Ф. Скорины, 40. Заказ №76.

© «Наука и инновации»

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламных объявлений редакция ответственности не несет.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов статей.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Содержание

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ

Владимир Гусаков

Эффективность развития и идеология

4

Показана необходимость формирования сильного идеологического и духовного стержня для реализуемой в Беларуси социально-экономической политики.



УКРОЩЕНИЕ ОГНЯ

Жанна Комарова

Наука о горении

10

В интервью с доктором физико-математических наук Оскаром Рабиновичем речь идет о химии горения, новых эффективных и экологически безопасных технологиях, основанных на процессах горения, задачах, стоящих перед учеными, работающими в этой области.

Павел Гринчук

Твердое пламя

16

Дан краткий исторический экскурс по теме горения. Отдельное внимание уделено процессу самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Рассмотрено влияние стохастичной структуры гетерогенной смеси, используемой в СВС-процессах, на особенности ее горения вблизи предела погасания.

Олег Пенязьков

Для чего используется сверхзвуковое горение?

20

Проанализированы процессы создания сверхзвуковых и гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей, что в ближайшей перспективе позволит создать новые летательных аппараты.

Виталий Миронов

Твердые топлива: от черного пороха до смесевых составов с наноструктурированными добавками

25

Описаны этапы эволюции твердых ракетных топлив, указаны особенности и недостатки их смесевых разновидностей, содержащих микро- и наночастицы металлов. Показана перспективность применения в качестве компонента ТРТ наноструктурированного кремния для задач ракетно-космической отрасли.

Павел Кривошеев

Газовая детонация: от катастроф к новым типам двигателей

31

Приведены краткие сведения из истории открытия явления, теории газовой детонации, ее структуре, свойствах, области применения, а также перспективах использования.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА

Ольга Мееровская, Татьяна Ляднова

Субрегиональный обзор инновационной политики 2020: Восточная Европа и Закавказье 38

Представлен новый международный индекс в области инноваций, разработанный Европейской экономической комиссией ООН.

Михаил Попков

Пути совершенствования правового регулирования индивидуального предпринимательства в Республике Беларусь 43

Статья затрагивает вопросы правового регулирования индивидуального предпринимательства в нашей стране и за рубежом, отличия законодательства и возможные направления его совершенствования.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

Юрий Нечепуренко

Система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь 48

В рамках реализации государственной политики в сфере интеллектуальной собственности разработана и описана система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь.

ОТКРЫТЫЕ ДВЕРИ

Ирина Емельянович

Центр изучения и развития философии 54

Представлены основные результаты деятельности Института философии НАН Беларуси, достигнутые за 90 лет работы учреждения.

Анатолий Лазаревич

Острые задачи философского осмысления 56

Интервью с директором Института философии НАН Беларуси о современных вызовах, стоящих перед учеными в цифровую эпоху.

Наталья Кутузова

Консолидация сил в области сценарного прогнозирования международных отношений 61

Показаны достижения Центра исследований глобализации, интеграции и социокультурного сотрудничества, в частности созданного в его рамках Белорусско-китайского исследовательского центра философии и культуры.

Ірына Дубянецкая

Беларуская этнафіласофія 64

Аўтар распавядае пра рэалізацыю праекта «Беларуская этнафіласофія ў сістэме нацыянальнай культуры», прысвечанага даследаванню светлаглядных асноў беларускай культуры на фальклорна-этнаграфічным матэрыяле.

Яўген Сакоўскі

Аванс на будучыню 66

Малады навуковец разважае аб выбранай прафесіі і планах на будучыню.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ БИОГРАФИЯ

Аркадий Иванов

Лазерное (лидарное) зондирование атмосферы в Беларуси 68

Известный профессор, лауреат многочисленных наград, внесший огромный вклад в науку, делится воспоминаниями о своих многолетних исследованиях на стыке двух областей физики, о знаменитых наставниках, коллегах по институту, а также о том, как и почему удалось превратить нашу страну в одного из лидеров лидарных технологий.

ЛАБОРАТОРИЯ НАДЕЖД

Татьяна Жданович

Вечное сияние чистой энергии: как белорусские физики пытаются разгадать величайшую загадку всех времен и народов 75

Очерк о молодом белорусском ученом Максиме Усаченке и его исследованиях плазмы, способных изменить мировую энергетику, медицинские технологии и качество жизни всего человечества.

СПАДЧЫНА

Тацяна Кухаронак

«На Саракі прыляцелі птакі...» Традыцыі святкавання Саракоў у беларусаў 80

Артыкул аб традыцыях адзначэння ў Беларусі вясновага народнага свята Саракі, напісаны па матэрыялах экспедыцыйных даследаванняў у розных рэгіёнах краіны.

К СВЕДЕНИЮ ПОДПИСЧИКОВ И АВТОРОВ

Наука
и инновации



Журнал «Наука и инновации» входит в утвержденный ВАК Беларуси Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по биологическим, медицинским наукам и инновационной экономике.

Журнал включен в базу электронной научной библиотеки eLibrary (РИНЦ), КиберЛенинки, EBSCO.

Научным публикациям в журнале присваивается цифровой идентификатор объекта (DOI).

Оформить подписку можно в отделениях РУП «Белпочта» или «Белсоюзпечать», а также через Интернет (подписные индексы 00753 и 007532).

► Эффективность развития и идеология



Владимир Гусаков,
Председатель Президиума
НАН Беларуси, академик

Мирохозяйственный порядок становится все более идеологизированным, обслуживающим интересы правящих элит, имеющих огромное влияние на экономику, а отсюда и их доминирующее финансовое состояние. Уже совершенно очевидно, что правящие элиты никогда не отказывались и не откажутся от мощной и многоформатной идеологии, дающей им власть и деньги. Изобретаются все новые формы идеологического порабощения стран и народов, особенно молодого поколения, и часто под видом деидеологизации более слабых государств и обществ в целях якобы их дальнейшей свободы и демократизации. Развивающимся и догоняющим странам подбрасываются мифы независимости от национальных идеологических парадигм. Навязывается превосходство моделей развитых стран, что дает им право на вмешательство во внутренние дела несогласных. Устраиваются провокации с целью подрыва и устранения неугодных им правительств и насаждения своих марионеточных политиков. Эта работа в последнее время поставлена почти на поток и стала называться технологией продвижения демократии и свободы, а фактически она представляет собой технологию навязывания мирового господства Запада. Такая технология особенно эффективна в странах, лишенных своей идеологии, но почти не дает результата в странах с сильной государственной властью, где общество объединено идеей национальной самоидентификации, суверенитета и независимости.

Вспомним, какие ожесточенные атаки пришлось выдержать Беларуси полгода назад в связи с президентскими выборами, достаточно было только сказать, что она сама вправе определять свою историческую судьбу и модель перспективного развития. Правящие силы стран-соседей на Западе под диктовку своих более мощных хозяев-патронов фактически развязали истерические нападки на нашу страну, пытаясь учить нас разуму, вовлекая в это русло малопросвещенное население и особенно молодежь самой Беларуси. К счастью, массовые акции не удались. Народ Беларуси в своем большинстве осознал опасность иностранного интервентного вмешательства и то, чем это могло кончиться.

Обескураживает одно – еще совсем недавние братья по Советскому Союзу и социалистическому содружеству вдруг одномоментно перекинулись на другую сторону и стали давать менторные указания суверенному государству, как ему жить. Это не только не по-братски и не по-соседски, но аморально и безнравственно.

Однако о какой морали и нравственности можно говорить, если у бывших друзей вдруг разыгрались гегемонистские настроения и амбиции. В этих условиях разум отступает на задний план. Одним захотелось восстановить Великое королевство Польское с границами аж до Минска, а то и включая всю Беларусь, другим – Великое княжество Литовское также с претензиями на Беларусь. Однако если спросить одних и других имеют ли нынешние претенденты право на историческое прошлое, то ответ очевидно не в их пользу. Достаточно сказать, что Великое княжество Литовское – это историческая белорусская форма государственности, где в центре были белорусские земли, во главе с белорусской столицей (г. Новогрудок), белорусским правом (Статут) и белорусским языком. Нынешние претенденты находились лишь на отдаленной периферии этого государства и даже назывались по-иному. Оказывается, что это совсем необязательно, нет необходимости знать историю. Достаточно приватизировать себе историческое наследие других и присвоить право на претензии.

Понятно, что если бы Беларусь дрогнула в это непростое время и уступила напору новых претендентов на историческое прошлое, то страна снова оказалась бы в эпицентре геополитических сделок. Разве сохранилась бы при этом белорусская государственность? Вопрос. Однако спасла Беларусь, как уже отмечалось, только сильная президентская власть и соответствующая ей централизованная модель государственного устройства. Как и помогла все эти годы суверенного развития модель централизованного регулирования всех сторон общественной жизни. Было немало критики этой модели, вплоть до полного ее отрицания, но именно принятая в 1994–1995 гг. и действующая до сих пор модель программно-целевого развития помогла Беларуси в исторически короткий срок преодолеть последствия развала Советского Союза, заново выстроить экономику и социальную сферу и встать на равных с другими странами во всех сферах.

Попытки дестабилизировать общество и свергнуть власть – это не исключительная ситуация вокруг Беларуси. Можно привести многие примеры из мировой практики, когда страны и их руководители просто были растерзаны под благовидным предлогом демократизации и наведения порядка в сфере так называемых прав человека. Некоторые из этих стран до сих пор пребывают в состоянии глубокого разорения и общественного противостояния.

Не избежали этой участи и постсоветские государства, почти все они прошли через печальный опыт государственных переворотов: в Рос-

сии осенью 1993-го, в Украине в 2004-м («оранжевая революция») и в 2014-м, в Грузии в 2003-м, в Молдове в 2004-м, в Киргизии в 2005-м. Не получилось: в России в 2011-м, в Беларуси в 2006-м, 2010-м и 2020-м, в Узбекистане – в 2005-м. Но везде, где получилось, разграблялось национальное достояние, деморализовалось общество, шельмовалась правящая элита, перечеркивалось достигнутое.

Нельзя сказать, что и Прибалтика, которая, казалось бы, «мягко» вышла из состава Советского Союза, стала процветающей. Закрыты крупнейшие предприятия, уничтожено крупное товарное сельское хозяйство, уехала молодежь в поисках лучшей жизни. Оказавшись сейчас в руках Запада, Прибалтика по сути стала придатком развитых европейских экономик, далекой периферией и нахлебником, получающим бесконечные подачки из общего европейского бюджета. В то время, когда в Советском Союзе это были лучшие республики и экономики.

Но оказывается, что разрушительный опыт ничему не учит, не служит прививкой и не способствует консолидации общественного иммунитета. Подрастающие поколения, которые не пережили ужасов перестроек и реформ, но желающие красивой и легкой жизни, являются хорошей пластической массой для формирования протестного настроения в любой стране. Если к тому же идеология и воспитательная работа отстают, то дестабилизировать политическую ситуацию и настроить часть общества против своего же государства ничего не стоит. На это следует обратить особое внимание, поскольку попытки нападков можно ожидать в любое время и по любому сколь-нибудь серьезному поводу. Следовательно, без сильной идеологии, обеспечивающей единство власти и народа, даже самые эффективные правительства и общества не могут гарантировать преемственность и не обладают неувязимой устойчивостью. И наоборот, при наличии консолидированного общества, сплоченного общенациональными интересами, некоторые страны даже в одиночку успешно противостоят внешним гибридным атакам, парируя все попытки расшатывания власти (Куба, Северная Корея, Иран и др.).

Исходя из сказанного, ясно одно, необходимы продуманные и скоординированные меры по формированию общественного менталитета. Это должно быть первейшим делом государственного внимания. Само по себе общественное сознание в нужном русле не сформируется, а если и будет

развиваться, то эклектично, разрозненно под влиянием различных информационных каналов. Таким образом, важно образование общенародной идеологии, обеспечивающей поддержку власти всеми слоями общества. Иначе выстоять при сильном информационном давлении извне будет невозможно. Народ может поверить только конкретным делам, наглядно демонстрирующим заботу власти о народе, в основе которой должны быть реальные механизмы полной творческой (трудовой) самореализации всех категорий граждан в производительной деятельности, и в первую очередь механизмы сквозной социальной справедливости и поддержания достойного качества жизни всех слоев общества.

Научная теория и экономическая целесообразность подтверждают очевидность мер, создающих одновременно благоприятные условия для развития экономики и поддержания благоприятной среды социальной справедливости. Среди них можно назвать следующие: прекращение вывоза капитала за рубеж коммерческими и бизнес-структурами; развертывание механизмов мотивации кредитования инвестиционной и производственной деятельности; придание инвестициям всех форм в производственную и непроизводственную деятельность приоритетного характера; восстановление универсальных по всей стране социальных гарантий; стимулирование повышения качества продукции и услуг (качество должно стать белорусским брендом); поддержание баланса экологической среды и антропогенной, включая техногенную деятельность; оптимизация прожиточного минимума и минимальной заработной платы в связи с экономическими условиями и возможностями; организация сквозной системы воспитательной работы; придание ведущей роли механизмам стратегического планирования и управления, в том числе целевым программам и проектам под крупные государственные задачи; обеспечение сбалансированного развития реального сектора экономики и социальной сферы, а в их контексте крупного, среднего и мелкого бизнеса при основополагающей роли крупных интегрированных предприятий и производств, создающих наукоемкую, конкурентную и востребованную продукцию (услуги). Все это должно быть безусловно реализовано в рамках Программы социально-экономического развития на 2021–2025 гг., принятой на VI Всебелорусском народном собрании и вывести национальную экономику на траекторию опережающего экономического роста, в первую очередь преодолев отставание от намеченных индикаторов, о чем постоянно говорит Президент страны.

Однако при всей очевидной неизбежности осуществить эти актуальные меры в полном объеме без сквозного идеологического обеспечения будет непросто, а то и невозможно. Нужен решительный поворот к новому мирохозяйственному укладу, в основе которого современные IT-технологии, искусственный интеллект, цифровизация, роботизация, инноватизация (освоение высших технологических укладов), идеологической основой чего является сочетание человеческого потенциала, экономики знаний, наукоемкости, экономической эффективности, социальной справедливости и ответственности, нравственных качеств, рационального природопользования и признания человека высшей ценностью общества. Государство призвано выступать в роли интегратора различных социальных групп и категорий общества, мотивируя их на достижение поставленных критериев и индикаторов в различных областях экономики и социальной инфраструктуры, а также дирижера, увязывающего производственные и социальные отношения в единую систему в целях роста общественного благосостояния и качества жизни.

Преимущества названного мирохозяйственного порядка (уклада) по сравнению с прежним, уходящим в историю, с очевидностью проявились в последнее время в КНР и также в ряде стран, называемых «азиатскими тиграми», а до этого в успешном развитии Японии и Южной Кореи. На глазах центр мировой экономики перемещается в Азию, и прежде всего на Юго-Восток. Надо полагать, что этот уклад со временем станет широко распространяться и на другие страны, в том числе на Беларусь. Благо, что мы развиваем широкие и многосторонние связи с КНР и другими азиатскими странами, активно поддерживаем идеологию «Один пояс, один путь», проводником которой является великий Китай. Кстати, совсем недавно завершило работу Всекитайское собрание народных представителей, цели, задачи и решения которого полностью совпадают с Всебелорусским народным собранием.

Идеологическими императивами нового мирохозяйственного уклада, бесспорно, являются ценности социальной справедливости и ответственности, национального единства и межнационального согласия, экономического и природного равновесия, устойчивого состояния и расширенного воспроизводства человеческого капитала. Кстати, финансам в этой модели отводится роль обслуживающего инструмента всех названных процессов, а не доминанты, как принято считать. Например, банковская система должна подчиняться задачам

финансирования инвестиций в целевое развитие связанных с моделью отраслей народного хозяйства. Регулирование экономики в целом должно выстраиваться в целях стимулирования роста производства и повышения качества жизни населения. Все это должно быть закреплено в законодательстве. Впрочем, как и ответственность всех уровней власти за результаты социально-экономического развития страны.

Суть новейшей идеологической основы формирования современного мирохозяйственного порядка должна состоять в сочетании позитивных традиционных культурных и морально-нравственных ценностей, сформированных за весь период развития общества, в том числе не отбрасывая период социалистических преобразований. Совершенно очевидно, что сейчас уже нельзя игнорировать историю социалистического строительства. Пришло время признать, что социалистическая система – величайшее достижение человечества. В последнее время все больше стран обращаются к социалистическим принципам как к принципам человеческой справедливости, даже если не декларируют это напрямую, несмотря на то, что идеологические противники по-прежнему мажут социалистические завоевания черными красками. Оказывается, социализм с его очевидными преимуществами для человека труда по-прежнему опасен для либералов-рыночников даже тогда, когда его, казалось бы, втоптали в грязь так называемые апологеты свободного общества.

Однако одних социалистических принципов ныне уже недостаточно для выстраивания современной эффективной идеологии. Необходимо интегрировать все лучшее, что сделано в стране на всех этапах ее развития, взять наиболее прогрессивное в развитых странах, учесть новейшие тенденции последнего времени в мире и обобщить цели и задачи предстоящего развития общества и государства. Все это в сумме и будет новейшим мирохозяйственным порядком и обслуживающей его идеологией.

Как известно, идеи, если они рождаются в головах идеологов, политиков и экономистов, правят миром. Но в условиях нынешнего просвещенного и глобализированного общества они, безусловно, должны быть конструктивными, созидательными и эффективными (и ни в коем случае не разрушительными). А властвующая элита призвана воплощать их в жизнь. В этой связи следует отказаться от демагогических ухищрений и имитации бурной деятельности. Все должно быть прозрачно и наяву, во всяком случае, в Беларуси, где уровень

доверия ко всем ветвям власти достаточно высок и эту планку нельзя снизить. Необходимо уже сейчас, на этапе формирования конструктивных основ новой Конституции, обеспечить законодательное оформление механизма ответственности власти и каждого отдельного индивида перед обществом. Исполнительной – за повышение и качество жизни населения. Информационной – за объективное освещение реальности и недопущение деструктивных форм влияния на сознание людей. Судебной – за справедливость решений исходя из верховенства власти народа. Гражданской – за поддержание общественного порядка и консенсуса и ответственное поведение каждого перед обществом. Законодательной – за поддержание механизмов ответственности всех ветвей власти и уровней общества. Конституционной – за сохранение баланса и равновесия между всеми механизмами регулирования общества.

В нынешний век одновременной глобализации общества и индивидуализации каждого человека в этой среде нельзя допустить как чрезмерной централизации общества и подавления человеческих инициатив, так и неумеренной раскрепощенности индивида и вызывающей несдержанности отдельных групп и категорий граждан. Обе эти крайности могут нанести непоправимый вред обществу. В то же время в условиях тотального освобождения индивида под влиянием новейших информационных систем от многих нравственных и моральных качеств и норм, вырабатываемых и приобретаемых исторически, должна сохраняться и укрепляться доминирующая роль общества. Только так еще можно сохранить единство народа и обеспечить консолидированное развитие государства. Новейшая идеология будет состоятельна и привлекательна до тех пор, пока страна, то есть ее социально-экономическая модель, будет демонстрировать устойчивый (а лучше – опережающий) экономический рост, обеспечивающий последовательное повышение качества жизни. В противном случае будет формироваться иная идеология.

Сложность Беларуси нынешнего этапа в том, что создание своей мощной (развитой, сквозной) идеологии, в основе которой человек труда и национальные интересы, ей приходится осуществлять практически в одиночку, не прибегая к опыту стран-соседей. Например, постсоветское пространство сегодня лишено идеологической целостности и согласованности. Общественное сознание

напоминает лоскутное одеяло, состоящее из разных, в том числе противоположных по смыслу идейных воззрений, порождая хаос, действия всех против всех и не позволяя консолидировать общество вокруг общенациональных ценностей.

Мы уповаем на Россию. Но в ее Конституции прямо был зафиксирован отказ от государственной идеологии. По сути, Россия приняла либеральную идеологию (примечание: без идеологии государство существовать не может, при отказе от национальной идеологии будет господствовать зарубежная), причем в самой неприемлемой ее форме, когда общенациональное достояние было в краткое время растащено по многим частным уделам. Все это совершалось по так называемой наукообразной теории – теории рыночной свободы, в основе которой, как известно, находится доктрина Вашингтонского консенсуса, постулирующая отказ государства от управления экономикой. К чему это привело в России – очевидно: усиление социального неравенства, нарастание эксплуатации труда, образование олигархического капитала и вывоз его за пределы страны.

Сегодня Беларусь – практически единственное в Европе государство, обладающее полным статусом свободы и независимости. Ей не надо ехать ни на Запад, ни на Восток для согласования своей внешней и внутренней политики и экономики. Все решения вырабатываются ею самой, исходя из национальных интересов, имеющихся возможностей и задач развития.

Конечно, Беларуси непросто, слева и справа раздаются поучения, а то и окрики жить по лекалам других. Кому это нравится, что страна во главу угла поставила интересы и качество жизни простого человека – труженика, а не олигарха. Ведь таких стран в Европе почти не существует, везде у власти – правящая элита, владеющая основными национальными богатствами.

Однако Беларусь успешно развивается и даже в это непростое время не снизила показателей. Опыт показал, что при единстве народа и сильной идеологии она может самостоятельно справляться с возникающими трудностями. Если народ сплочен, то он способен противостоять любому идеологическому давлению извне.

Из анализа опыта эволюции и борьбы идеологий в XX – начале XXI вв. можно сделать выводы о необходимости системного подхода к разработке как научной, так и практической составляющей национальной идеологии. Научная составляющая должна опираться на объективные закономерности

социально-экономического развития общества за определенный период времени и содержать рекомендации (обоснование) по реализации общенациональной государственной политики, которая к тому же должна основываться на традиционных для белорусской культуры ценностях справедливости, соборности, толерантности, ответственности и солидарности. Практическая составляющая должна содержать систему мер консолидации общества, видение ближайшего и отдаленного будущего, ради которого необходимо единство народа.

Формируемый новый технологический уклад, ядро которого составляют ИТ-технологии, включая цифровизацию, роботизацию и гибкую автоматизацию, а также нано-, биоинженерные и «умные» технологии во всех сферах, не только многократно повышает эффективность экономики, но и создает платформу для новой (модернизированной) идеологии. Переход к экономике знаний, формирование Беларуси интеллектуальной, преобразование ее в ИТ-страну ставит вопрос о главенстве научной составляющей развития и функционирования общества.

Несмотря на еще низкую наукоемкость ВВП, сегодня белорусская наука имеет необходимый потенциал, а страна – благоприятные предпосылки для подъема инновационной активности экономики. Разрешение противоречий между традиционной идеологией и идеологией, выстроенной на новейшей ИТ-платформе, возможно двумя способами: либо ростки новой идеологии на базе искусственного интеллекта будут интегрированы с традиционной и доминирующей прагматикой, либо начальное проявление ИТ-мышления настолько разовьется, что подчинит своему влиянию всю сквозную систему идеологического устройства общества. В таком случае завершится подмена социально-нравственных принципов организации общества культом неограниченной свободы и денег с характерным для него императивом борьбы всех против всех, социальной безответственности и доминирования аморальных и преступных способов раздела имущества, созданного прошлыми поколениями и присвоения чужого, незаработанного.

Вместе с тем надо полагать, что общая настроенность белорусского общества на сохранение достигнутого и на творческое (трудовое) созидание вкупе с новейшими технологиями и изменениями, направленными в необходимое русло, представляет базисные возможности построения эффективной экономической системы, работающей по целенаправленной мотивации всех слоев и категорий граждан. Причем специфика белорусской идейной тради-

ции дает принципиальные преимущества. Прежде всего это характерные для белорусской культуры равноправие граждан (независимо от их социального статуса), доминирование духовного над материальным, высочайшая трудоспособность и стремление к справедливости, пристрастие к творчеству и навыки коллективного труда. Эти качества как нельзя лучше отвечают вызовам надвигающейся эпохи экономики знаний, где должны преобладать новейшие и прорывные технологии. Успешно развивающийся в стране научный и интеллектуальный потенциал должен стать основой быстрого становления в стране инновационной экономики.

Выход на траекторию устойчивого роста экономики и благосостояния общества в Беларуси возможен только на основе существенного повышения инновационной и инвестиционной активности, ускоренной интенсификации производства и всеобщего повышения качества конечной продукции, а также на базе сквозного интегрирования и кооперирования отраслей и производств по технологической цепочке – от сырья до высоконаучной конечной продукции с заданной добавленной стоимостью. Для этого реализуемая в Беларуси социально-экономическая политика должна иметь сильный идеологический и духовный стержень, способствующий национальной исторической традиции. По крайней мере, эта политика должна быть хорошо понятной всем категориям граждан, ориентированной на рост благосостояния общества и качество жизни каждого человека.

Активизация трудового и интеллектуального потенциала страны предполагает формирование соответствующего идеологического климата. Фундаментальное значение для белоруса имеет восприятие правильности общественного устройства и развития, его соответствие понятиям рациональности, справедливости, доступности, человечности, эффективности. Без доминирующей эффективности в организации управленческой системы, а также справедливости в формировании и перераспределении национального богатства и дохода выход экономики на новую траекторию роста и обеспечение ее устойчивого функционирования немыслимо.

Это, конечно, не исчерпывающий перечень компонент совершенствования белорусской социально-экономической модели. Определены лишь некоторые ее общие черты. Исходя из имеющегося в стране научного, инновационного, образовательного и производственного потенциала можно рассчитывать на рост национального ВВП не менее 5% в год в ближайшие годы. Принципиально важно

не только обеспечить переход к новым технологическим укладам, но и системное повышение эффективности управления экономикой, что станет доказательством правильности формирования и реализации общенародной белорусской идеологии.

Остается вопрос об интеграции белорусской экономики в международное экономическое пространство и о взаимодействии с окружающим нас миром. Хотя неотъемлемой традицией белорусского народа является идеология миролюбия, гостеприимства, отзывчивости, толерантности и избежания вражды, формировавшаяся в течение многих столетий, последняя история учит различать друзей, чтить взаимность и поддержку. Составной частью образа будущего должно стать укрепление сотрудничества, прежде всего формирование общего экономического пространства в рамках СГ, ЕАЭС, СНГ, где народы связаны общей исторической судьбой. Безусловно, следует в первую очередь рассчитывать на взаимность с Россией, которая не должна потерять стержень интегратора стремящихся к ней народов и стран. Нам вместе важно доброжелательное восприятие недавнего общего исторического прошлого, позитивное формирование образа легендарного Советского Союза.

Следует решительно отвергнуть невесть откуда появившуюся самоуничижительную версию происхождения белорусской государственности, которая якобы свалилась на головы белорусов неожиданно в результате развала Советского Союза. В противном случае первооснова белорусского мира будет и дальше представляться неопределенной, в котором белорусы якобы не были доминирующей нацией в составе Великого княжества Литовского или равным национальным образованием в Речи Посполитой. А ведь это совсем не так. Историю можно фальсифицировать и переписать, но изменить ее невозможно. Факты убедительно доказывают, что белорусская государственность является одной из старейших в Европе. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глазьев С.Ю. О формировании идеологии перехода к новому мирохозяйственному укладу России и ЕАЭС // Экономические стратегии. 2020. №7. С. 46–61.

НАУКА О ГОРЕНИИ

Горение – настолько сложное явление, что, несмотря на всю его многогранную важность для человечества, выявить природу данного явления, установить основные химические и физические процессы, сопровождающие его, ученым удалось лишь в последней четверти прошлого века. Однако оно до сих пор хранит немало тайн: нет полной ясности с переходными процессами, такими как воспламенение и погасание, много нерешенных вопросов осталось в области горения гетерогенных систем, до конца не изучен механизм образования вредных выбросов при сжигании различных видов топлива. Продолжается активный поиск новых эффективных и экологически безопасных технологий, основанных на процессах горения. О задачах, стоящих перед учеными, работающими в этой области, рассказывает Оскар РАБИНОВИЧ, главный научный сотрудник лаборатории радиационно-конвективного теплообмена Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, доктор физико-математических наук.



Фото Юлии Василюк

– Интуитивно все понимают, что такое горение. С научной точки зрения оно обычно рассматривается как окислительный процесс соединения топлива с кислородом из воздуха, в результате чего выделяется тепло и излучается свет, – объясняет Оскар Соломонович. – Однако окислителем может служить не только кислород. Его с успехом способны заменить другие химические элементы, такие как хлор, в котором горят многие вещества, или фтор.

Кислород либо другой окислитель может поступать в пламя как из газовой смеси, так и из жидкого или твердого вещества, к примеру, бертолетовой соли. То же можно сказать и о топливе, которое в первоначальном виде может находиться в любом из трех агрегатных состояний.

Существуют заранее приготовленные смеси, которые горят или даже взрываются и при отсутствии воздуха, – порох и пиротехнические составы для фейерверков, ракетные виды топлива. Интересным примером смесевое твердого топлива являются термитные составы, в частности смесь алюминия и оксида железа. Их довольно трудно поджечь – необходимо нагреть до температуры в 1300 °С – и еще сложнее погасить, поскольку горение может продолжаться даже под водой. На открытии волнового



«безгазового» горения порошковых смесей основан современный метод синтеза тугоплавких карбидов, боридов, алюминидов и других соединений, получивший название «самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС)».

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Поскольку воздух кроме кислорода содержит азот, а топливо – тоже, как правило, не чистый углерод, при горении происходит не только взаимодействие углеводородного горючего с кислородом с образованием воды и углекислого газа, но и целый ряд других химических реакций. В результате образуется много побочных продуктов, таких как оксиды азота, несгоревшие углеводороды, соединения серы, хлорфторуглероды, которые, попадая в атмосферу, негативно воздействуют на климат и экологию.

– Найти способы минимизации их влияния на окружающую среду – задача ученых, – поясняет Рабинович. – Особую тревогу вызывают оксиды азота, которые образуются независимо от вида использованного топлива и топочно-сжигающих устройств. По своим показателям этот газ считается одним из самых опасных. Работы по снижению уровня его выбросов в окружающую среду ведутся по двум направлениям – создание систем очистки продуктов сгорания и уменьшение их образования в процессе сжигания. Сегодня уже разработаны эффективные газоочистные технологии для энергетических установок, работающих на сжигании топлива, но пока они очень дорогие.

Исследователи всего мира продолжают экспериментировать с топливом, ищут и производят те или иные его модификации, чтобы по возможности оптимизировать образование оксидов азота. Кроме того, появляются новые способы сжигания, в которых

образование оксидов азота минимизировано. В качестве примеров таких технологий можно привести фильтрационное горение, горение низкоконтрированных смесей, горение в чистом кислороде и другие. Возможно, будущее за сочетанием этих двух подходов к оптимизации горения, но пока не удалось достичь решающих результатов, фундаментальные и прикладные исследования продолжаются.

ТРУДНОСТИ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Наука о горении носит междисциплинарный характер, она развивается на стыке многих научных дисциплин – химической кинетики, химической и молекулярной физики, химической термодинамики, газодинамики, механики реагирующих одно- и многофазных сред, теплофизики и тепломассообмена, квантовой химии, материаловедения, компьютерного моделирования и пр. Неудивительно, что в программах международных симпозиумов по горению, организуемых некоммерческим международным научно-инженерным обществом – Институтом горения, работает 13 тематических секций, что свидетельствует о широком спектре и важности обсуждаемых вопросов для исследователей со всего мира. Многообразие видов горения и связанных с ним проблем отражено и в различных подходах к их классификации.

– Один из способов классификации – по агрегатному состоянию топлива, которое может быть разным – газообразным, жидким, твердым, – уточняет Оскар Соломонович. – От того, в каком состоянии реагенты вступают в реакцию, зависит тип горения – гомогенный или гетерогенный. Другой способ – по способности гореть. Материалы подразделяются по своим свойствам на негорючие, которые не горят на воздухе, трудногорючие – загорающиеся от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть, к примеру полихлорвинил, и горючие вещества – уголь, нефть, природный газ и пр.

Можно различать виды горения по тому, перемешаны ли изначально топливо и окислитель или нет. Если участвующие в процессе вещества подаются в зону горения отдельно, то по соотношению темпов их доставки и химического реагирования можно выделить кинетический и диффузионный режимы горения: для первого количество сгорающего в единицу времени топлива определяется химической кинетикой, для второго – массообменом.

Но это еще не все. В зависимости от свойств реагентов и условий сжигания фронт пламени может распространяться с различными скоростями и, соответственно, характеризоваться разными

перепадами давления. В частности, для газовых смесей существуют два основных режима распространения фронта горения: дефлаграционный – медленное горение со скоростью порядка 1 м/с и перепадами давления в доли атмосферы и детонационный – быстрое распространение пламени со скоростью в тысячи м/с и перепадом давления во фронте в десятки атмосфер. Оба режима встречаются в практике, поэтому чрезвычайно важно знать, при каких условиях медленное горение переходит в детонацию. Это одна из центральных задач теории и практики горения. От ее решения зависят как условия хранения взрывоопасных горючих веществ, так и детали работы с ними. Во всех случаях горения газов важно понимание роли газодинамических явлений – при воспламенении, медленном горении, детонации, взрыве. Известно, что детонация может происходить и в конденсированных средах, в твердых и жидких веществах. Но исследования этих проблем в большей степени обусловлены развитием оборонных технологий.

Вопросов, с которыми сталкиваются ученые, не счесть. Химические превращения, происходящие при горении, тоже многообразны. Процесс горения происходит многостадийно – он состоит из множества, часто сотен, последовательно и параллельно протекающих элементарных реакций, и для того чтобы понять, какие из них наиболее существенны, нужно время. Так что, несмотря на широкое распространение горения и его огромную роль в мировой энергетике и экономике, еще многое остается неизученным.

ТЕМПЕРАТУРА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРА ГОРЕНИЯ

Для того чтобы смесь топлива и окислителя воспламенилась, ее необходимо нагреть до определенной температуры (давление также является важным фактором), которая называется температурой воспламенения. У каждого горючего вещества она своя и обусловлена многими параметрами – видом топлива, концентрацией окислителя, способами смесеобразования, материалом камеры, где происходит горение, и пр. Если условия для воспламенения достигнуты, то далее горение происходит в самоподдерживающемся режиме и в продуктах горения устанавливается температура, которая зависит в основном от термодинамических характеристик исходной смеси реагентов – ее состава и теплоты сгорания. В идеальном случае, когда теплотери из зоны горения отсутствуют, такую температуру называют адиабатической температурой горения.

– Температура воспламенения (иногда употребляется термин «температура самовоспламенения») в первую очередь определяется агрегатным состоянием материала, – рассказывает Рабинович. – Воспламенение для жидкого и твердого топлива – это процесс, при котором выделение паров из вещества настолько интенсивно, а скорость реакции в газовой фазе настолько велика, что начинается самоподдерживающееся горение. Для большинства твердых веществ температура воспламенения в воздухе составляет 250–500 °С. Вспоминается забавная ошибка Рея Брэдбери, содержащаяся в названии его романа-антиутопии «451 градус по Фаренгейту»: температура, при которой книжная бумага воспламеняется и сгорает. По-видимому, фантаст перепутал градусы по Фаренгейту с градусами по Цельсию: в действительности бумага загорается приблизительно при 450 °С, а по шкале Фаренгейта – 842 F, впрочем, это значение зависит от конкретных свойств бумаги. Температуры воспламенения жидкостей и газов сильно варьируются: от нескольких десятков у некоторых жидких нефтепродуктов до 500–800 °С у газообразных углеводородов. На практике, в частности для работы двигателей внутреннего сгорания, большое значение имеет время зажигания, то есть время, за которое процесс переходит в режим самоподдерживающегося горения. Зажигание/воспламенение газовых смесей чрезвычайно быстрое. Их изучением с помощью оригинального метода ударных волн на протяжении многих лет занимаются специалисты Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова. Инициатором и вдохновителем этих работ был академик Р.И. Солоухин, директор института с 1976 по 1987 г.

Как уже говорилось, температура горения – это температура, устанавливающаяся при самоподдерживающемся горении. Рекордсменом здесь является дицианоацетилен C_4N_2 , который в кислороде горит при температуре около 5000 °С. В чистом кислороде вещества сгорают при значительно более высоких температурах, потому что отсутствует инертный тепловой балласт. Все газообразные углеводороды имеют близкие максимальные температуры горения в воздухе – немногим более 2000 °С; температура горения жидких видов топлива (бензина, керосина, спирта) значительно меньше – 800–1300 °С. Еще ниже температура, устанавливающаяся в процессах беспламенного горения – тления: например, при горении торфа или табака в сигарете она колеблется в пределах 400–800 °С; кстати, максимальные ее значения в сигарете соответствуют моменту «затяжки». Горение торфа может длиться годами.

Известно также холодное горение. Речь идет о горении газов при пониженном давлении с температурой в 250–350 °С, когда распространение пламени происходит не столько из-за передачи выделившегося при сгорании тепла исходным реагентам, сколько из-за развития цепных реакций с участием активных частиц-радикалов.

ШКОЛЫ ГОРЕНИЯ

Современная наука о горении – продукт труда многих поколений исследователей. Часто одни и те же открытия совершались в разных странах независимо друг от друга, что было связано с недостатком обмена информацией между ними. Уместно вспомнить работы Михаила Ломоносова и Антуана Лавуазье. Открытие закона сохранения вещества, а затем выделение химических элементов и, в частности, кислорода заложило основу научных представлений о горении как окислительном процессе с большим выделением тепла. Прошлый век можно характеризовать как время интенсивного развития основанных на горении технологий и сопутствующего прогресса в области теоретических знаний в этой сфере. Многие исследования выполнялись исходя из запросов военно-промышленного комплекса. Так появилась теория горения порохов и теория взрывных и детонационных процессов. Еще до Второй мировой войны с разницей в несколько лет были созданы ракеты с жидкостным двигателем (работы американского ученого Р. Годдарда и советского ученого-изобретателя Ф.А. Цандера).

Основополагающий вклад в науку о горении внес создатель московского Института химической физики АН СССР, академик Н.Н. Семёнов, который в 1956 г. вместе с английским исследователем С. Хиншельвудом был удостоен Нобелевской премии по химии за открытие цепных разветвленных реакций, играющих определяющую роль в горении и взрыве. Им удалось описать реакции «размножения», когда вместо одной исчезнувшей в результате реакции активной частицы (радикала) появляются две или три, и их количество начинает расти лавинообразно, что мгновенно приводит к ускорению реакции и взрыву (пример – смесь водорода и кислорода), поскольку выделяется огромное количество тепловой энергии. Выдающимся ученым в области горения, взрыва и детонации был академик Я.Б. Зельдович, кстати, родившийся в Беларуси.

В основном вопросами горения в нашей стране занимается Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси. Это крупнейшее

в республике научное учреждение, решающее фундаментальные и прикладные проблемы тепломассопереноса, гидрогазодинамики, энергетики, теплотехники, химической физики, физики горения и взрыва.

Раньше в Бресте работала группа В.С. Северянина, основателя школы пульсирующего горения. Всплеск интереса к данной теме наблюдался в 1980–1990-е гг., когда на фоне обострения экологических проблем началось развитие малой энергетики.

ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Сегодня ученые во всем мире в большей степени работают над оптимизацией процессов горения, решением экологических проблем и ресурсосбережением. Они модифицируют котлы для сжигания разных видов топлива, теплоэнергетические установки, способы организации горения, топливные смеси.

К примеру, для КПД двигателя внутреннего сгорания практически достигнут предел, хотя все еще появляются новые схемы впрыска топлива, создаются обогащенные и низкоконтентрированные смеси, которые, с точки зрения экологии, должны хорошо гореть, но при этом быть не настолько бедными, чтобы не нарушить устойчивость процесса горения. Исследователи ищут наилучшие способы соотношения топлива и кислорода, экспериментируют с двигателями, видоизменяя их конструкцию, системы подачи топлива. Но эти работы не являются прорывными, это в большей степени усовершенствования, принципиально не изменяющие процесс сжигания топлива, считает Оскар Соломонович. По его мнению, прорывы в технике бывают редко, процесс развития идет в основном поступательно.

– *Хороший пример развития – ТЭЦ, которые создавались для производства тепла, –* отмечает Рабинович. – *Сегодня активно эксплуатируются комбинированные станции, которые генерируют и электрическую, и тепловую энергию, используя паровые или газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания. Расширяется диапазон видов топлива, он включает теперь и биомассу, и промышленные и бытовые отходы. Научный поиск не останавливается. Это непрерывный процесс совершенствования технологии.*

ХИМИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ

Кроме использования горения в энергетике, важной областью его применения является получение материалов функционального назначения, в том числе и наноматериалов.

– Большие возможности в этом плане обнаружил метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в режиме послыонного горения, – поясняет Оскар Соломонович. – Он был открыт в 1967 г. в отделении московского Института химической физики в г. Черноголовка Российской академии наук представителем школы Н.Н. Семёнова, ученым в области физики горения и взрыва, впоследствии академиком А.Г. Мерзавиным и сотрудниками. Позже для развития этого направления был создан Институт структурной макрокине-тики и проблем материаловедения. Метод СВС позволяет получать тугоплавкие неорганические соединения в системах металл-неметалл: карбиды, бориды, силициды – и является дальнейшим развитием на качественно новом уровне способа прямого синтеза соединений из элементов.

Возможно, что термин «макрокинетика» не знаком читателям журнала. Он относится к области науки, которая выявляет роль физических процессов – диффузии, конвекции, теплопередачи – в химически реагирующих системах, в том числе в случае горения, в отличие от микрокинетики, которая описывает реакции на языке чисто химических превращений. Основы макрокинетики были заложены в фундаментальных работах Н.Н. Семёнова, Я.Б. Зельдовича.

Смысл СВС – твердопламенного горения – можно пояснить на примере синтеза карбида титана. Вначале формируется смесь порошка титана и углерода, которая слегка подпрессовывается и далее поджигается; после сгорания образца во фронтальном режиме образуется готовый продукт – очень ценный термо- и химически стойкий материал. Благодаря СВС стало возможным получать широкий спектр тугоплавких соединений, которые ранее синтезировались в специально созданных для этих целей печах, требовавших разогрева до высоких температур. Но чтобы расплавить исходные реагенты, необходимо было израсходовать много энергии. А в СВС процесс идет сам, достаточно создать смесь, поджечь ее; да и реагенты могут быть не только твердыми, но находиться и в других агрегатных состояниях.

Таким образом появились более дешевые порошковые материалы, начала развиваться порошковая металлургия. В системе НАН Беларуси по этим технологиям работает Институт порошковой металлургии им. академика О.В. Романа. При высоком давлении из азота и титана получают в виде порошка известное соединение нитрид титана, который обладает такими ценными свойствами, как высокая микротвердость, химическая и термиче-

ская стойкость. Из него изготавливают тигли для бескислородной плавки металлов, износостойкие и декоративные покрытия «под золото». Самораспространяющийся высокотемпературный синтез нашел применение в производстве композиций на основе карбидов, нитридов, боридов, силицидов, оксидов металлов и неметаллов, а также, компактных керамических материалов, защитных покрытий. О.С. Рабинович констатирует, что активное освоение в последние годы новых современных методов изучения синтезируемых веществ, таких как оптическая и электронная микроскопия, атомно-спектрометрические методы, рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ и другие, расширили представление о структуре, форме, размерах элементов и частиц, составляющих основу полученных в результате горения материалов, что в ряде случаев позволяет моделировать, прогнозировать их свойства, создавать материалы с заданными характеристиками.

СЖИГАНИЕ В КИПАЮЩЕМ СЛОЕ

Оскар Соломонович считает, что одна из интереснейших областей, которая многие годы разрабатывалась в лаборатории дисперсных систем, – изучение горения в кипящем слое.

– В вертикальный реактор в виде трубы засыпается инертный гранулированный материал, чаще всего обычный песок, – поясняет ученый. – Через него подается поток газа и воздуха. При определенной скорости потока в результате перепада давления песок приходит во взвешенное состояние и ведет себя как кипящая жидкость. В итоге содержимое реактора хорошо перемешивается, и если в него добавить горючие частицы топлива, к примеру уголь, измельченную биомассу, жидкие вещества, то они будут более равномерно сгорать. Эта технология важна для энергетических установок, в которых в основном используется твердое топливо.

Горением Рабинович начал заниматься в 1970-х гг. Его первые исследования были связаны с синтезом твердых материалов в волнах фильтрационного горения. Эта была работа по синтезу фторуглерода, не очень характерная для того времени тема. Фтор – сильный окислитель, более мощный, чем кислород, соединение с ним углерода использовалось тогда в литиевых аккумуляторах. Теоретические методы описания процесса фильтрационного горения твердого топлива, разработанные в этом исследовании, в последующие годы были развиты и с успехом применены к совершенно другим системам и процессам.



Лаборатория радиационно-конвективного теплообмена, где теперь трудится ученый, одна из самых молодых в институте. Ее сфера деятельности связана с такими задачами, как промышленная теплофизика и функционирование высокотемпературного оборудования (моделирование, проектирование, изготовление, наладка), тепловизионная диагностика промышленных и строительных объектов, получение новых уникальных керамических композиционных материалов и изделий из них при высоких температурах, получение дисперсных материалов (углеродные нанотрубки, стеклянные микросферы) в высокотемпературных газовых потоках, процессы и оборудование сушки различных органических материалов и субстанций. Задача лаборатории состоит не только в создании и исследовании всего перечисленного выше, но и в поддержании высокого уровня компетенции в области теплофизики и смежных научных областях.

По мнению ученого, научные достижения, бурное развитие измерительной техники и электроники, а также возможности компьютерного моделирования формируют новую реальность, как совершенствуя уже сложившиеся технологии, так и открывая возможности тонкого управления физико-химическими процессами в пламени с получением тех или иных характеристик горения. Он считает, что управление процессами горения подразумевает глубокое понимание причинно-следственных связей между различными явлениями, а значит, роль фундаментальной науки сложно переоценить. ■

Жанна КОМАРОВА

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова на протяжении всей истории своего существования с 1952 г. занимается вопросами горения. Инициатором и вдохновителем оригинального метода использования ударных волн для изучения кинетических особенностей воспламенения газов был академик Р.И. Солоухин, директор института с 1976 по 1987 г. Это один из немногих подходов, позволяющих «рассмотреть» детали очень быстрых нестационарных процессов, протекающих при зажигании и распространении детонации в газах, получить информацию о кинетике химических реакций, управлять указанными процессами. В разные годы в эту область исследований большой вклад внесли доктор физ.-мат. наук О.В. Ачасов, проф. Н.А. Фомин, проф. С.А. Жданок. В настоящее время это направление возглавляет директор Института академик О.Г. Пенязков.

Другим интересным, «фирменным» направлением исследований в ИТМО является фильтрационное горение, при котором газ, содержащий окислитель (обычно воздух) фильтруется (продувается) через пористый каркас. Каркас играет роль очень хорошего теплообменника. Он может быть либо химически пассивным, и тогда оба реагента содержатся в фильтруемом газовом потоке и процесс носит название «фильтрационное горение газов», либо топливо может содержаться в твердом каркасе, процесс называется «фильтрационное горение конденсированных сред (систем)». Особый интерес представляют так называемые «сверхадиабатические» режимы фильтрационного горения, когда из-за передачи тепла от продуктов сгорания к исходным реагентам за фронтом горения достигаются температуры, намного превышающие температуру сгорания исходных реагентов в теплоизолированном сосуде. Первым тематику сверхадиабатического фильтрационного горения в институте начал разрабатывать Г.А. Фатеев в 1960-х гг. Большой вклад в работы этого направления внесли академик С.А. Жданок, доктора наук К.В. Доброго, И.Г. Гуревич, О.С. Рабинович, кандидаты наук С.И. Шабуня, В.В. Мартыненко, И.А. Козначеев, С.И. Футыко и другие. Результаты научной деятельности, полученные в этой области, используются в технологиях добычи нефти, сжигания бедных топливных смесей, обработки и синтеза материалов.

Особое место занимают работы в области горения, выполненные членом-корреспондентом П.С. Гринчуком. Они относятся к очень важному, но еще не до конца изученному явлению перколяционного горения, при котором распространение пламени в системе, состоящей из дискретных очагов топлива, захватывает не всю систему, а происходит по кластеру очагов, которые оказываются связанными друг с другом в смысле взаимного воспламенения – перколяционному кластеру. Теория перколяционного горения очень востребована и применяется для описания лесных пожаров, процессов воспламенения аэрозолей, горения смесей твердых частиц.

И конечно, необходимо упомянуть самую традиционную область исследований процессов горения в энергетических установках малой энергетики – котлах, теплогенераторах, ТЭЦ и др. Особое место в этих исследованиях занимают процессы сжигания топлив в псевдоожиженном (кипящем) слое. Это направление было создано членом-корреспондентом С.С. Забродским и продолжено в работах члена-корреспондента В.А. Бородули, докторов наук Ю.С. Теплицкого, Е.А. Пицухи. Важность исследований в области энергетического горения несомненна как для Республики Беларусь, так и для науки о горении в целом.

ТВЕРДОЕ ПЛАМЯ

Павел Гринчук,
заведующий отделением теплофизики
Института тепло- и массообмена
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,
член-корреспондент

Процесс горения – пожалуй, первая технология, осознанно освоенная человеком. Более того, само появление человека как вида ряд палеоантропологов связывают с началом использования огня. Наиболее энергетически затратный орган человеческого организма – мозг, который может потреблять от 10% доступной энергии в состоянии покоя до 25% при высокой активности [1]. Долгое время источником огня служили только случайные природные явления, такие как разряд молнии. Но даже использование этого случайного источника для приготовления наиболее ценной мясной пищи позволило снизить энергозатраты организма на расщепление термически обработанной еды и перенаправить его биохимические ресурсы на другие задачи. В конечном итоге это помогло получить важное эволюционное преимущество для увеличения размера мозга. Так, появление огня в сообществе приматов способствовало возникновению человека разумного. Спустя время этот разум был использован в том числе и для понимания природы огня.

Сегодня уже можно утверждать, что ни бронзовый, ни железный век не были бы возможны без энергии огня. В Индии в древнейших гимнах «Ригведы» воспевается Агни – бог огня, домаш-

него очага и жертвенного костра. Считается, что именно от древнего индоевропейского корня произошли и латинское «ignis», и русское «огонь» [2]. Этот корень есть во всех славянских языках. Интересно отметить, что во многих примитивных культурах история обретения огня связана с мелким воровством. Наиболее известен в этом ряду миф о Прометее, похитившем огонь у Зевса и передавшем его человеку. В качестве другого примера можно вспомнить полинезийскую легенду о полубогеполучеловеке Мауи, укравшем огонь у богини огня и также передавшем его людям. Желание контролировать стихию, вероятно, приводило наших предков к пониманию, что контроль над ней требует выхода за пределы установленных правил.

Безусловно, в истории цивилизации огонь был и остается одним из самых ценных достояний. Скульптор Пол Мэншип отобразил это в знаменитой статуе Прометея, которая находится в Рокфеллеровском центре в Нью-Йорке. Он же перефразировал слова греческого драматурга Эсхила, отметив, что огонь «доказал смертным, что является средством достижения великих целей».

Нельзя не упомянуть и еще об одной важной роли огня в истории цивилизации. Ряд историков считают первой промышленной революцией освоение энергии ветра и массовое строительство ветряных мельниц в Европе в XI–XIV вв. [3]. Первое упоминание о них относится к персидским источникам X в. Возможно, что их приход в Европу был одним из культурных и технических приобретений крестовых походов. Следующая промышленная революция – это освоение более контролируемой и концентрированной энергии огня и изобретение паровых двигателей в начале XIX в., которые к началу XX в. эволюционировали в двигатели внутреннего сгорания. Освоение энергии горения ископаемых видов топлива послужило катализатором для экспоненциального роста промышленного производства. До начала XX в. огонь оставался единственным средством обогрева, получения механической работы и освещения.

Появление двигателей и технологий стимулировало развитие термодинамики, но не привело к каким-либо заметным прорывам в области теории горения. Тем не менее исследования этого процесса велись. Первые попытки понять его механизм связаны с именами англичанина Роберта Бойля, француза Антуана Лорана Лавуазье и великого русского ученого Михаила Васильевича Ломоносова. Оказалось, что при горении вещество не «исчезает», как полагали ранее, а превращается в другие, в основном

газообразные. Именно это делает сгорание материала и его постепенное исчезновение «невидимым». Лавуазье в 1774 г. впервые показал, что при горении из воздуха уходит примерно пятая его часть, которую сегодня мы знаем как кислород.

Относительно простым и широко распространенным объектом, позволяющим делать определенные наблюдения и выводы о процессах горения, являлась свеча. В общих чертах эти процессы были объяснены еще в XIX в. В декабре 1860 г. английский физик Майкл Фарадей прочитал в большом зале Королевского института в Лондоне шесть публичных рождественских лекций «Химическая история свечи». Ученый подробно рассказал о своих исследованиях по физике и химии горения и показал ряд простых опытов. Присутствовавший на его лекциях молодой английский химик Уильям Крукс, впоследствии президент Королевского общества Английской академии наук, записал лекции Фарадея и опубликовал их, дополнив своими иллюстрациями и комментариями. Книга «История свечи» была в 1866 г. переведена и на русский язык и, претерпев ряд переизданий, в 1980 г. вышла в свет и в известной серии библиотеки журнала «Квант» [4].

Следует отметить и изобретение в 1831 г. французским студентом Шарлем Сория фосфорных спичек, поначалу опасных, и их дальнейшее перерождение в безопасные серные, появление которых svelo таинство получения огня к формату карманного домашнего чуда.



Современные основы теории горения и распространения пламени были заложены в конце 20-х гг. XX в. В качестве механизма, объясняющего распространение газового пламени, были открыты и описаны разветвленные цепные реакции. За это открытие отечественный физикохимик Николай Николаевич Семенов и англичанин Сирил Хиншельвуд в 1956 г. были удостоены Нобелевской премии по химии.

Но отдельный интерес представляет так называемое твердое пламя. Опыт взаимодействия человека с процессами горения свидетельствует о том, что сжигание приводит скорее к «исчезновению» и разрушению материала, газификации твердого или жидкого, к разложению сложного вещества на более простые под действием высоких температур. Но оказалось, что существуют такие реализации процесса горения, которые позволяют синтезировать из более простых компонентов сложные металлические сплавы, интерметаллиды и даже керамики, недоступные для других методов синтеза. Многие новые открытия в истории науки уходят корнями в военные задачи. Так устроено человеческое общество. В 60-х гг. XX в. группа ученых из Института химической физики Академии наук СССР под руководством молодого заведующего лабораторией Александра Мержанова искала составы, которые сгорали бы без образования газового пламени. Задача относилась к проблеме горения порохов и твердых ракетных топлив [5]. В процессе этой работы в 1967 г. был случайно открыт новый метод синтеза материалов в волне горения, получивший название самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, или СВС (рис. 1). В своей обзорной работе по прошествии 30-летнего периода

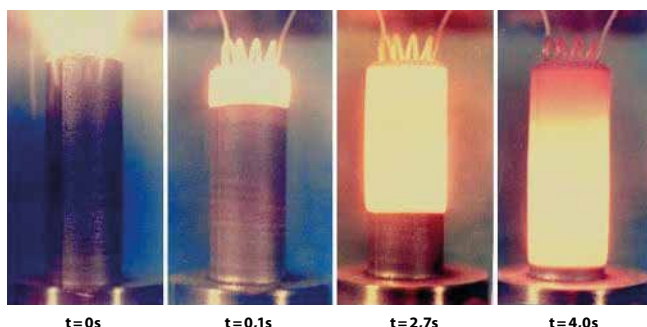


Рис. 1. Классическая иллюстрация СВС-процесса. Зажигание электрической спиралью и прохождение волны горения по образцу спрессованных порошков

становления СВС академик Мержанов отмечает пляду исследователей, на основе работ которых состоялось рождение метода [6]. Хронологически первым в этом ряду упоминается открытие русским физико-химиком Н.Н. Бекетовым в 1865 г. металлотермических реакций.

Открытие СВС показало, что существует целый класс материалов, в которых все участвующие в процессе вещества, исходные реагенты, промежуточные и конечные продукты находятся в твердом состоянии. Хотя существуют и исключения из этого правила. Особенностью данного метода является и то, что процесс может проходить в автоволновом режиме и не требует постоянного внешнего источника энергии. Она нужна только на начальной стадии для инициирования реакции. Далее волна горения, которую можно в определенном приближении назвать солитоном, распространяется по образцу материала за счет энергии экзотермических химических реакций.

На первый взгляд в описанном процессе нет никаких особенностей. Но они все же есть, и существенные. Горение – это автокаталитическая химическая реакция, катализатором которой служит выделяемое в ходе ее тепло. Одним из лимитирующих физико-химических процессов является транспорт реагентов в зону реакции. Когда речь идет о газофазных реакциях, то есть об обычном газовом пламени, то диффузия, как правило, не лимитирует процесс. Для большинства безгазовых СВС-составов интенсивная химическая реакция начинается тогда, когда температура горения превышает температуру плавления хотя бы одного из реагентов или минимальную эвтектическую температуру для конкретной смеси. В результате химической реакции на границе раздела образуется твердый продукт, поэтому твердофазная диффузия, которая на несколько порядков медленнее, чем газофазная, будет опреде-

лять скорость реакции. При этом она должна происходить через растущий барьерный слой продукта, то есть фактически должна автоматически затухать. Но оказалась, что эта автотормозящая реакция, как называли ее сами авторы открытия, может локализоваться в узкой зоне горения и происходить даже со скоростями, сопоставимыми со скоростями газовых пламен.

Важно, что для СВС определенного соединения в автоволновом режиме необходима достаточно высокая теплота реакции, как правило, выше 200 кДж/моль (рис. 2). Если теплота меньше, то соединение может быть синтезировано с помощью дополнительного подогрева. Нужно отметить, что эта особенность крайне важна для получения ультратугоплавких материалов. Такой режим синтеза называется тепловым взрывом. Для этого нужно предварительно прогреть до температуры инициирования весь образец. И это похоже на известный в технологии керамики процесс реакционного спекания [7]. Только при нем за счет медленного прогрева образца стараются избежать дополнительного подъема температуры вследствие химической реакции, а в СВС-процессе выделяемое тепло используют для проведения синтеза. История этого открытия увлекательно описана в книге [8].

Известно, что СВС возможен в четырех типах реакций: металлов и неметаллов с углеродом с образованием карбидов (TaC); металлов с бором, приводящих к появлению боридов (Mo_2B); металлов с кремнием с получением силицидов ($MoSi_2$); метал-

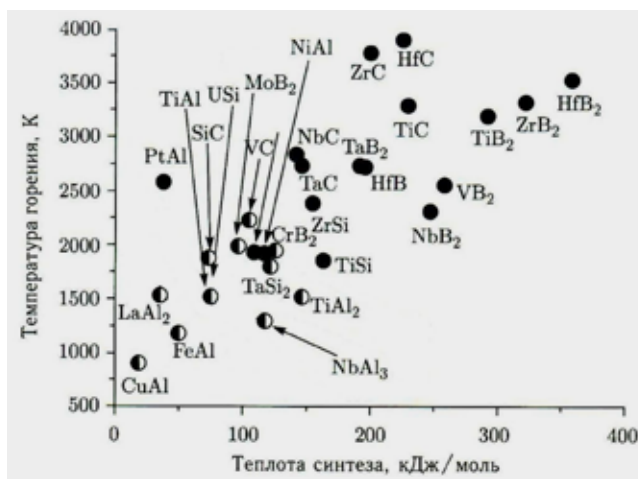


Рис. 2. Адиабатические температуры горения и теплоты образования из элементов для некоторых двухкомпонентных систем [5]: ● – доказана возможность СВС в волновом режиме, ○ – СВС возможен с дополнительным подогревом или в режиме теплового взрыва

лов с металлами с образованием интерметаллидов (NiAl). Следует отметить, что это простейшие системы, с которых начиналось освоение технологии СВС. Сегодня этим методом синтезированы достаточно сложные многокомпонентные соединения, например $\text{MoSi}_2\text{--HfB}_2\text{--MoB}$ [9], Ta--Hf--C [10] и т.д. Как отмечает академик А. Г. Мержанов [6], метод СВС в ряде случаев имеет экономические преимущества. Себестоимость ряда керамических порошков (например, AlN , Si_3N_4), синтезированных таким образом, в 4–5 раз ниже, чем для стандартных методов синтеза. Но процесс СВС имеет и недостатки. Наиболее существенный – получение неоднородных по структуре образцов, как правило, с низкой механической прочностью. Это расплата за гигантские градиенты температуры в волне горения.

Вообще, процессы горения, и в частности СВС, очень богаты на сочетание всевозможных физических явлений. Одно из важных при горении сред различной природы – погасание, которое может быть обусловлено рядом факторов, главную роль среди которых играют внешние теплопотери и концентрация горючего компонента. В простейшем случае условия погасания любой системы могут быть определены из анализа теплового баланса, так как горение возможно, когда в экзотермической реакции тепла выделяется больше, чем расходуется на прогрев системы и отдается в окружающую среду. Такой анализ условий погасания, как правило, не позволяет найти точное значение его предела и тем более поведение системы в данный момент, поскольку в этом случае важную роль могут играть другие факторы (например, внутренняя структура среды). Однако и более детальное рассмотрение, основанное на классическом приближении сплошной среды, не дает полного согласия с экспериментальными результатами [11].

Опыт, накопленный при исследовании поведения волн СВС вблизи пределов их распространения, показал, что удовлетворительного согласия с экспериментом невозможно достичь в рамках детерминистических подходов. Погасание принадлежит к классу критических явлений, в которых принципиальную роль играют флуктуации различной природы. В работах автора данной статьи было показано, что показатель, описывающий поведение плотности перколяционного кластера (параметр порядка в перколяционных задачах, описывающих геометрический фазовый переход), совпадает с показателем параметра порядка в проблеме распространения волны горения в гетерогенной твердофазной смеси реагентов. Это означает, что вблизи порога

погасания сгорают только частицы топлива, объединенные в перколяционный кластер (рис. 3). Следует отметить, что кластер строится в данном случае нетривиальным образом [12]. Нами было показано, что погасание гетерогенной смеси топлива может рассматриваться как аналог фазового перехода второго рода с позиций современных представлений об этих явлениях [13]. В данном случае речь идет не об образовании новой физической фазы, а о геометрическом переходе от локальной к глобальной пространственной связности отдельных элементов, влияющем на происходящие в системе физико-химические реакции. Отметим, что необратимость распространения волны горения делает аналогию между данным процессом и фазовыми переходами неполной. В рамках перколяционной модели естественным образом объясняется тот факт, что в окрестности концентрационного и теплового пределов горения поведение одной и той же

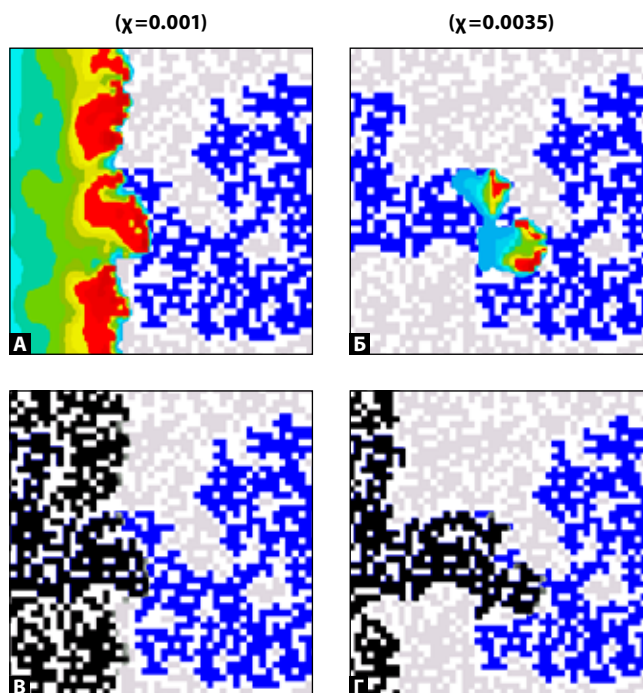


Рис. 3. Математическое моделирование перколяционного горения вблизи предела распространения. Фронтальный (А, В) и перколяционный (В, Г) режимы распространения горения по гетерогенной смеси реагентов. Показано поле температур (А, Б) и поле степеней конверсии реагентов (В, Г). Реакционно-способные частицы, сформировавшие перколяционный кластер, выделены синим цветом, остальные реакционно-способные частицы показаны серым цветом, поры – белым. Переход от одного к другому режиму горения обусловлен увеличением уровня внешних теплопотерь (безразмерный параметр)

макроскопической характеристики системы (скорость волны горения, степень конверсии реагентов и т.д.) описывается одним и тем же (а не различными) критическими показателями. В таком подходе становится очевидным, что предел погасания не надо разделять на тепловой и концентрационный, а следует рассматривать общий «энергетический» предел горения, который просто определяет, достаточно или нет у волны горения энергии, чтобы распространяться по образцу.

Процессы горения продолжают играть ключевую роль в существовании цивилизации. Эра двигателей внутреннего сгорания далека от своего заката. Львиная доля тепловой и электрической энергии все еще получается благодаря сжиганию ископаемых топлив – угля, нефтепродуктов, природного газа. Нет никаких разумных оснований полагать, что энергетические балансы существенно изменятся в сторону так называемой зеленой энергетики, поскольку она остается слишком дорогой и нестабильной. Космос для человека доступен тоже только благодаря реактивным двигателям, сжигающим в короткие промежутки времени колоссальные объемы топлива. Хочется надеяться, что благодаря научным исследованиям мы узнаем еще много нового о горении и сможем извлечь из него много полезного. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев С.В. Происхождение мозга. – М., 2005.
2. Леенсон И.А. Как зажечь огонь // Химия и жизнь. 2011. № 1.
3. Боголюбов А.Н. Творения рук человеческих: Естественная история машин. – М., 1988.
4. Фарадей М. История свечи: пер. с англ. / под ред. Б.В. Новожилова. – М., 1980.
5. А.С. Рогачев, А.С. Мукасян. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетiku. – М., 2012.
6. Merzhanov A.G. History and recent developments in SHS // Ceramics international. – 1995. V. 21. Iss. 5. PP. 371–379.
7. Grinchuk P.S. et al. effect of technological parameters on densification of reaction bonded Si / SiC ceramics // Journal of the European Ceramic Society. 2018. V.38. Iss. 15. PP. 4815–4823.
8. А.Г. Мержанов. 40 лет СВС: счастливая судьба научного открытия. – Черноголовка, 2007.
9. Vorotilo S. et al. Self-propagating high-temperature synthesis of advanced ceramics MoSi₂–HfB₂–MoB // Ceramics International. 2019. V.45. Iss.1. PP. 96–107.
10. Kurbatkina V.V. et al. SHS Processing and Consolidation of Ta–Ti–C, Ta–Zr–C, and Ta–Hf–C Carbides for Ultra High Temperatures Application // Advanced Engineering Materials. – 2018. V. 20. Iss.8. Art. # 1701075.
11. Grinchuk P.S. Combustion of heterogeneous systems with a stochastic spatial structure near the propagation limits. J Eng Phys Thermophy 2013. V. 86. PP. 875–887.
12. Grinchuk P.S., Rabinovich O.S. Percolation Phase Transition in Combustion of Heterogeneous Mixtures // Combustion, Explosion, and Shock Waves 2004. V. 40, PP. 408–418.
13. Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. – М., 1982.

ДЛЯ ЧЕГО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СВЕРХЗВУКОВОЕ ГОРЕНИЕ?

Создание летательных аппаратов (ЛА), перемещающихся в земной атмосфере или космическом пространстве с максимально высокими скоростями, было давней мечтой человечества. Для обеспечения их необходимого ускорения и последующего передвижения в поле внешних сил, согласно законам механики, аппарат должен выбрасывать из себя некоторую массу собственного вещества, и желательно с максимально возможной скоростью.

Впервые уравнение движения тела с переменной массой, описывающее решение такой задачи, сформулировал английский математик Вильям Мур [1], работавший в Королевской военной академии в Вулвиче. Один из вариантов решения этого уравнения хорошо нам известен как формула К.Э. Циолковского. Она была выведена в рукописи «Ракета» от 10 мая 1897 г. [2] и опубликована в следующем виде:

$$V = V_1 \ln \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right), \quad (1)$$

где V – конечная скорость ракеты, V_1 – скорость выбрасываемой массы относительно ракеты, M_1 – масса ракеты без топлива, M_2 – масса выбрасываемого вещества относительно ракеты. Эта формула в идеальном приближении без учета влияния силы тяжести и сопротивления воздуха дает скорость, которую развивает ЛА под воздействием тяги ракетного двигателя, то есть двигателя, топливо и окислитель которого находятся непосредственно на борту.

Качественный анализ формулы Циолковского выявляет основные ограничения, с которыми сталкиваются инженеры и конструкторы.



Олег Пенязков,
директор Института
тепло-и массообмена
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси,
академик

торы, занимающиеся разработкой высокоскоростных летательных аппаратов. Хорошо видно, что их конечная скорость V зависит от скорости отбрасываемой массы V_1 . Для ЛА на жидком и твердом топливе, а также плазменных двигателей она будет состоять из газов, являющихся продуктами сгорания или плазмообразующим веществом. Согласно законам термодинамики, скорость их истечения не может превышать примерно 2,5 скорости звука. Численное значение последней для газов определяется соотношением

$$a = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}, \quad (2)$$

где γ – отношение удельных теплоемкостей газа, R – универсальная газовая постоянная, T – температура газа, а μ – его молекулярный вес.

Из (2) следует, что в основном скорость звука газа, а значит, и максимальная скорость его истечения прямо пропорционально зависит от квадратного корня температуры газа и обратно пропорциональна квадратному корню его молекулярного веса. То есть, чем легче газ и выше его температура, тем до большей скорости его можно разогнать в сопле при истечении. Именно поэтому в наиболее мощных ракетных двигателях в качестве топлива используется водород. Продуктом его сгорания в кислороде является вода, обладающая низким молекулярным весом, а температура его сгорания составляет примерно 3500 К. Все это дает скорость звука в продуктах сгорания водорода около 1535 м/с. А максимальная скорость их истечения может составлять 3,8 км/с, что в 11,6 раза выше скорости звука в воздухе при нормальных условиях.

Следующим прямым следствием формулы Циолковского (1) является то, что чем большей скорости перемещения в пространстве мы хотим достичь, тем большую массу продуктов сгорания M_2 мы должны выбросить, а значит, сжечь большую массу топлива и окислителя, чьи весовые, объемные и энергетические параметры существенно влияют на наши фак-

тические возможности при осуществлении высокоскоростного полета.

И наконец, еще одной важной особенностью при передвижении ЛА в атмосфере Земли, следующей из (1), будет то, что максимальная скорость полета будет выше при меньшем весе летательного аппарата M_2 . Следовательно, если в качестве окислителя при горении применять внешний заборный воздух, можно разогнать летательный аппарат быстрее, и лететь он будет дальше. Собственно, на использовании внешней среды для создания подъемной силы и процессов окисления топлива в камерах сгорания двигателей различного типа строится вся современная авиация.

Сооружение гиперзвуковых летательных аппаратов, способных совершать краткосрочный или длительный полет в атмосфере со скоростями, превышающими скорость звука в воздухе более



Рис. 1. Инженер И.А. Меркулов (1913–1991) и фотография первой ракеты, использующей ПВРД. Самолет И-153 для проведения летных испытаний с двумя установленными ПВРД ДМ-2 диаметром 400 мм

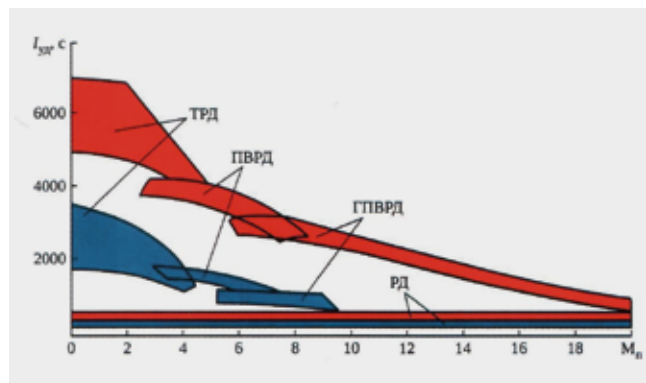


Рис. 2. Зависимость удельного импульса различных двигательных установок от полетного числа Маха ЛА. Красный цвет – горючее водород, синий – углеводородное топливо

чем в 5–6 раз ($M > 5$), – одно из наиболее востребованных направлений развития аэрокосмической техники на близлежащую перспективу. Это связано с решением ряда оборонных задач, касающихся разработки способов доставки, беспрепятственно преодолевающих современные средства противовоздушной и противоракетной обороны. Кроме того, рассматриваются многочисленные варианты применения гиперзвуковых ЛА для высокоскоростной транспортной авиации и многоразовых аэрокосмических систем освоения космического пространства. Фундаментальной основой для их построения является создание прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД) различного назначения, которые используют в качестве окислителя внешний воздух и должны быть более экономичны и эффективны по сравнению с ракетными при полетах на высоте до 40–50 км.

Исследования рабочих процессов и испытания различных версий высокоскоростных ПВРД происходили почти одновременно во многих странах мира (Россия, США, Франция, Германия, Япония) начиная с момента изобретения этого двигателя (1957 г. – Россия, проф. Е. С. Щетинков [3]; 1958 г. – США, Р. А. Вебер, А. С. Маккей [4], 1958 г. – Р. Данлоп, Р. Л. Брем, А. А. Николе [5], 1958 г. – Франция, П. М. Рой [6]). Совместную работу С. П. Королева и Е. С. Щетинкова в 1936 г. над крылатыми ракетами [7] можно рассматривать как начало деятельности по созданию ЛА, имеющих в качестве составной части силовой установки ракетные и впоследствии прямоточные двигатели. Первые испытания ПВРД на самолете были проведены инженером И. А. Меркуловым в 1939 г. [8] (рис. 1). А созданные Е. С. Щетинковым ПВРД испытывались в 1941 г. [9].

Основной принцип работы ПВРД состоит в использовании тепловой энергии, образующейся

при сжигании топлива в сверхзвуковом потоке, который формируется при нагреве и сжатии набегающего воздуха в воздухозаборнике летательного аппарата. Таким образом, физико-химические явления, возникающие при смешении и горении топлива в высокоскоростном турбулентном потоке, являются основной рабочей процесс в ПВРД. На рис. 2 представлено сравнение удельного импульса двигательных установок различного назначения в зависимости от типа двигателя, а также горючего – водорода или углеводорода. Как видим, при скоростях полета $M > 5$, то есть более 1600 м/с, сверхзвуковые ПВРД (СПВРД) и гиперзвуковые прямоточные реактивные двигатели (ГПВРД) имеют значительное преимущество по сравнению с турбореактивными (ТРД) и ракетными (РД) двигателями. И это преимущество сохраняется до $M > 10$ (скорость 3,3 км/с) для углеводородного горючего и $M > 20$ (скорость 6,6 км/с) для водорода. Чтобы представить себе масштаб скоростей полета летательных аппаратов с СПВРД и ГПВРД, уместно провести их сравнение с летными характеристиками одного из лучших в мире истребителей-перехватчиков МИГ-25, на котором было установлено 29 мировых рекордов высоты и скорости полета. Этот выдающийся по своим техническим параметрам и самый быстрый аппарат, снабженный двумя турбореактивными двигателями, мог развивать скорость только до 3,3 числа Маха, что примерно составляет 1 км/с.

Область применения СПВРД обычно ограничивается скоростью полета ЛА в атмосфере при Махе 6–8. В проточной части двигателя набегающий

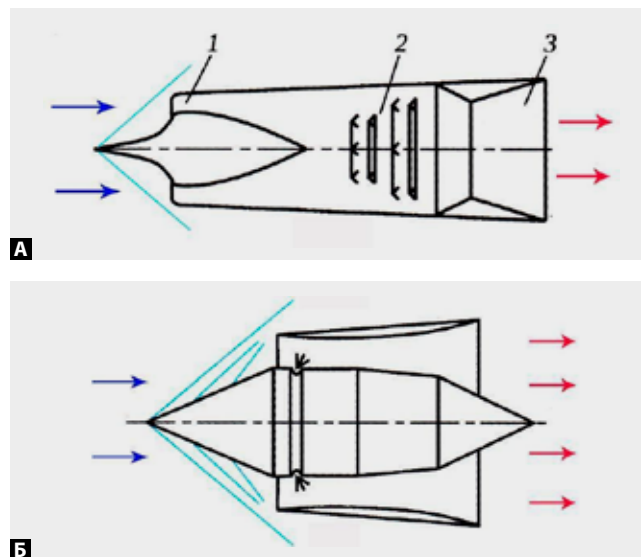
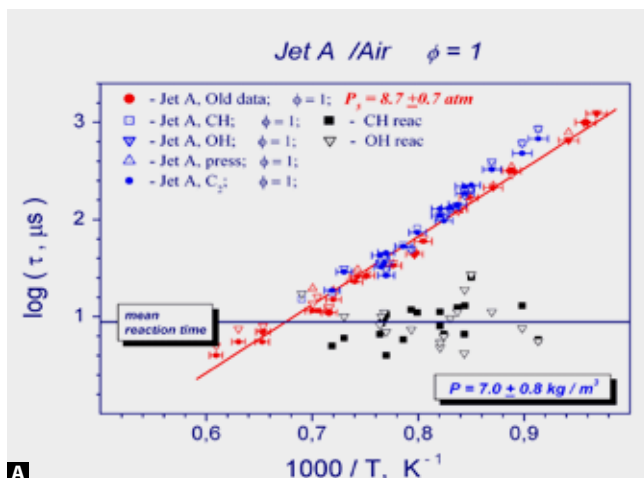
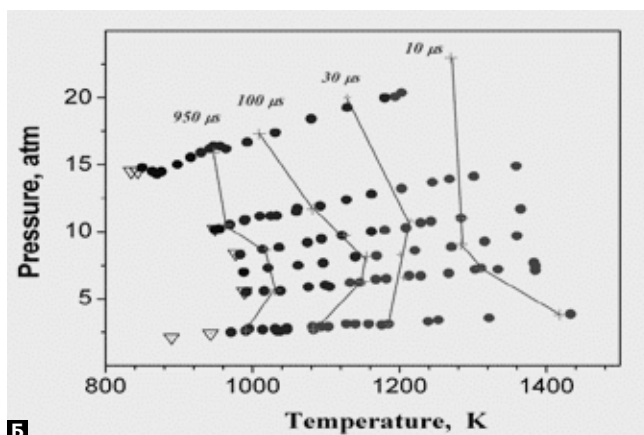


Рис. 3. Схемы сверхзвукового (А) и гиперзвукового (Б) ПВРД: 1 – диффузор, 2 – камера сгорания, 3 – выходное сопло



A



B

Рис. 4. А – зависимость задержки самовоспламенения и времени реакции авиационного керосина в воздухе от температуры при давлении 9 атм, Б – параметрическая диаграмма режимов воспламенения водорода при высоких температурах и давлениях

на воздухозаборник сверхзвуковой поток (рис. 3А) тормозится в системе косых скачков уплотнения (ударных волн) до дозвуковых скоростей по отношению к местной скорости звука в потоке. При этом происходит рост давления и температуры воздуха, который расширяется в камере, перемешивается с топливом, воспламеняется и сгорает. Образующиеся при этом продукты в последующем разгоняются в выходном сопле до сверхзвуковых скоростей, что, согласно формуле Циолковского, и обеспечивает ускорение и достижение крейсерской скорости летательного аппарата.

Дальнейшее увеличение скорости полета ЛА вызывает значительное повышение температуры воздуха при его торможении перед входом в камеру сгорания. Это приводит к тому, что большая часть выделившейся энергии при окислении топлива начинает уходить на диссоциацию продуктов сгорания,

что приводит к существенным потерям. Поэтому, начиная со скоростей полета ЛА $M=7-8$, более эффективно сгорание смеси в сверхзвуковом потоке, что обуславливает переход от СПВРД к ГПВРД (рис. 3Б).

ПВРД обладают рядом особенностей, которые существенно отличают их от других реактивных двигателей. В частности:

- они потребляют заборный воздух в качестве окислителя, что значительно повышает эффективность всего рабочего процесса по сравнению с ракетными двигателями в определенном диапазоне скоростей полета ЛА;
- в конструкции ПВРД отсутствуют движущиеся и дорогостоящие элементы, такие как компрессор и турбина. Вместо компрессора, отвечающего за сжатие и нагрев входящего воздуха в турбореактивном двигателе, используется специально профилированный воздухозаборник;
- ПВРД невозможно запустить с нулевой скорости. Для того чтобы инициировать зажигание и горение топливно-воздушной смеси, необходимы системы предварительного разгона ЛА для сжатия и нагрева входящего воздуха до нужной температуры газа в проточной части;
- ПВРД может эффективно работать в относительно узких скоростных диапазонах.

Изучение рабочих процессов в СПВРД и ГПВРД, их разработка и совершенствование – очень непростая научно-техническая задача, требующая весьма дорогостоящих методов и средств при проведении



A



B

Рис. 5. А – гиперзвуковой летательный аппарат X-51А на борту самолета-носителя В-52, Б – испытательный полет экспериментального гиперзвукового летательного аппарата NASA X-43А

наземных и летных испытаний. Это связано с тем, что для обеспечения адекватности исследований и тестов реальным условиям полета необходимо разгонять воздушный поток до очень высоких скоростей. Чтобы удовлетворить эти требования, обычно используются весьма дорогостоящие установки – гиперзвуковые аэродинамические и ударные трубы. В них удается достичь необходимых скоростей воздушного потока и, что очень важно, реализовать проведение измерений и испытаний ПВРД при квазистационарных условиях течения в течение нескольких десятков миллисекунд. Техника аэродинамических и ударных труб позволяет осуществлять изучение динамики формирования течения в проточной части ПВРД, тестировать системы подачи и смешения топлива в сверхзвуковом воздушном потоке, устанавливать кинетические механизмы и характерные времена смешения, воспламенения и горения топливно-воздушной смеси.

На *рис. 4А* приведен характерный пример определения очень важных кинетических данных о скорости горения смеси в сверхзвуковом потоке в проточной части ПВРД – задержке самовоспламенения и времени реакции смеси авиационного керосина и воздуха при высоких температурах и давлениях. Эксперименты проводились на нагреваемой ударной трубе в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова в начале 2000-х гг. На *рис. 4Б* приведена параметрическая диаграмма режимов самовоспламенения водородовоздушной смеси в широком диапазоне температур и давлений, полученная на ударной трубе в той же лаборатории. Эта диаграмма позволяет весьма точно определять режимные параметры горения водорода в ПВРД и формулировать необходимые входные данные для профилирования стенок канала воздухозаборника, что очень важно для достижения требуемой температуры сжатия воздуха и последующего горения водорода в сверхзвуковом потоке.

Для оптимизации воздухозаборника, геометрии проточной части и сопла ПВРД широко применяются численные методы, позволяющие весьма точно и за разумное время исследовать различные физико-химические особенности, возникающие при течении газа в проточной части ПВРД в двумерной и трехмерной постановке.

Ну и, наконец, пиком разработки и создания ПВРД являются летные испытания системы, которые проводятся либо при разгоне ПВРД-блоков до необходимой скорости полета с помощью твердотопливных ускорителей, либо при запуске системы с борта самолета (*рис. 5*). Понятно, что для таких исследований необходимо обладать как соответствующими

авиационными средствами, так и достаточно протяженными полигонами, занимающими обширную часть (до нескольких тысяч километров) земной или морской поверхности.

В настоящее время процессы создания СПВРД и ГПВРД находятся в очень активной фазе, и в ближайшие годы стоит ожидать новых ЛА для реализации широкого спектра задач при полете со скоростями от 6 до 20 чисел Маха. Следует отметить, что долгосрочные перспективы развития систем на основе ПВРД потребуют совершенствования как численных, так и экспериментальных физико-математических методов моделирования явлений в высокотемпературных сверхзвуковых реагирующих течениях, улучшения моделей теплообмена с поверхностью, разработки новых материалов, способных выдерживать долговременные высокотемпературные и механические нагрузки. Необходимо создавать принципиально новые системы управления и локации гиперзвуковых летательных аппаратов, поскольку при обтекании тел, движущихся с гиперзвуковыми скоростями в атмосфере Земли, снаружи образуется слой слабоионизированного газа, который может быть непрозрачен в определенном диапазоне радиочастот.

Все это формирует благоприятные внешние макроэкономические условия для востребованности и воспроизводства основных компетенций в области высокотемпературной газовой динамики, теплофизики, химической физики, механики жидкостей, газов и плазмы, созданных в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси на ближайшие годы. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Циолковский К. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Научное обозрение. 1903. №5. С. 44–75.
2. Пензин В.И., Щетников Е.С. Изобретатель высокоскоростных ПВРД (ИАК), вып. 46, 1982.
3. Dunlap R., Brehm R.L. & Nickoll, J.A. A preliminary study of the application of steady-state detonative combustion to a reaction engine. *Jet Propulsion* 28, pp. 451, 1958.
4. Roy P.M. Propulsion supersonique par turboreacteurs et par statoreacteurs. In: *Ist Int. Congress on Aeronautical Sciences under the auspices of the Int. Council of the Aeronautical Sciences*. – Madrid, 1958.
5. Келдыш М.В. Теоретическое наследие академика Королева. – М., 1980.
6. Меркулов И.А. Первые экспериментальные испытания прямоточных двигателей, разработанных в ГИРД / сб. Из истории авиации и космонавтики. Вып. 3. – М., 1965. С. 22–32.
7. Раушенбах Б.В. Развитие авиационной науки и техники в СССР. Историко-технические очерки. – М., 1980.

ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВА:

ОТ ЧЕРНОГО ПОРОХА
ДО СМЕСЕВЫХ СОСТАВОВ
С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ
ДОБАВКАМИ



Виталий Миронов,
ведущий научный сотрудник лаборатории
физико-химической гидродинамики
Института тепло- и массообмена
имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

Твердые смесевые топлива являются наиболее энергонасыщенными химическими композициями, используемыми в пороховых ракетах. Достигается это в значительной степени за счет включения в рецептуру порошков металлического горючего наноразмерных фракций. В качестве таких добавок рассматриваются обычно Al, Mg, Zr, Ti и т.п. В последние годы к энергоемким горючим все чаще причисляют пористый кремний (pSi) – наноструктурированный материал, образующийся в ходе электрохимической обработки монокристалла плавиковой кислотой. При этом происходит формирование наноразмерных каналов, объем которых может достигать 75–80% исходного кристалла, а поверхность – 900 м²/г. При заполнении пор твердофазным окислителем образуется композит, который может использоваться, например, как источник энергии для микроэлектромеханических систем с реактивной тягой для ориентации микроспутников [1]. Более целесообразно, на наш взгляд, применение пористого кремния в качестве энергетической добавки к сме-

севым ракетным топливам. В работах [2, 3] представлены результаты исследования горения систем pSi-O₂. Экспериментально показано, что при давлениях кислорода выше 15 бар начинается резкое возрастание интенсивности энерговыделения, связанное с ростом массовой скорости горения при его переходе в аэрозольную фазу. С дальнейшим повышением начального давления процесс интенсифицируется: при его увеличении от 20 до 30 бар массовая скорость горения возрастает на 2–3 порядка, при этом в указанном диапазоне давлений температуры горения, оцененные по смещению максимума спектров, лежат в пределах от 3400 до 4000 К.

Горение композитов pSi-NaClO₄·H₂O происходит со скоростями, превышающими 2 км/с [4], а тепловой эффект реакции выше, чем у тротила. К сожалению, толщина пористого слоя составляет, как правило, не более 1/3 толщины кристалла, поэтому удельный эффект с учетом моноподложки существенно ниже. Вторым фактором, затрудняющим использование указанных композитов, является высокая чувствительность к трению и удару, сопоставимая с чувствительностью инициирующих взрывчатых веществ.

Оба недостатка могут быть сняты при создании композитов на основе фрагментированного пористого кремния (ФПК) – порошка из наноструктурированного кремния микрометровых фракций. Исследованию горения энергонасыщенных композитов на основе ФПК и моногидрата перхлората натрия (МПН) посвящен ряд работ, выполненных в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, в том числе публикация [5]. Показано, что скорости горения ФПК-композитов могут достигать 2400 м/с, а интенсивность ударных волн, возникающих при этом в атмосфере, в несколько раз выше, чем для композитов близкой массы на моноподложке.

Таким образом, использование наноструктурированного кремния в качестве энергонасыщенной добавки к смесевым топливам представляется вполне реальным. Перед обсуждением перспектив его применения в рецептурах ракетных топлив напомним этапы эволюции твердотопливных ракет.

Первые достоверные сведения о применении пороховых ракет приводятся в ряде работ по истории огнестрельного оружия и относятся к обороне столицы династии Цзинь Кайфэна от монголов в 1232 г. (в работе [6] в качестве оборонявшейся с помощью ракет столицы династии Цзинь ошибочно указан Пекин, захваченный войсками Чингисхана в 1215 году). В Европе пороховые ракеты начали применяться в конце XIV – первой половине

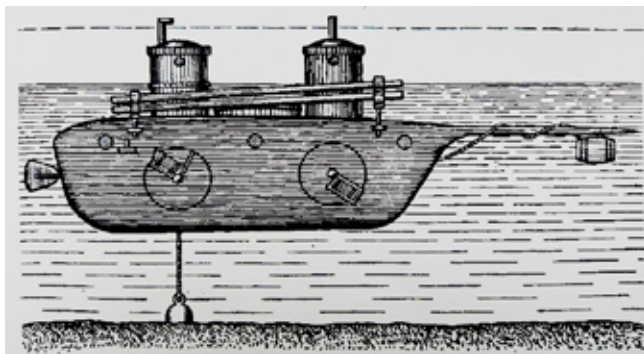


Рис. 1. Проект подводной лодки Шильдера, вооруженной первыми российскими «Калибрами» (1834–1836 гг.)

XV вв. в войнах в Италии, а позже во Франции. Поиск оптимального состава дымного пороха велся на ощупь, однако к середине XIX в. его состав в разных странах оказался схожим: около 75% селитры – KNO_3 , 10% серы – S и 15% угля – C (калиевая селитра при нагревании легко отдает кислород, который окисляет связующую компоненты серу и уголь) [7]. Это время явилось периодом наиболее широкого распространения ракетного оружия в европейских странах: ракеты изготавливались в большом количестве, применялись во время боевых действий, ими стали вооружать морские суда, во многих армиях были созданы соответствующие подразделения. Интересно, что еще в середине 30-х гг. XIX в. русский военный инженер К.А. Шильдер предложил запускать ракеты со спроектированной им подводной лодки (рис. 1) или ракетного парохода [6].

В 60-х гг. XIX в. успехи нарезных орудий в отношении точности и дальности стрельбы привели к тому, что боевые ракеты стали отходить на второй план.

Возрождение ракетного оружия связано с появлением гомогенных коллоидных топлив: пироксилиновых, а в дальнейшем – баллиститных бездымных порохов. Основные компоненты последних: нитроклетчатка и труднолетучий растворитель, каждый из которых является монотопливом, то есть химическим соединением, содержащим в каждой молекуле и горючее (элементы C и H), и окислитель (O). Благодаря коллоидной структуре входящий в состав высокочувствительный к удару нитроглицерин не проявляет это свойство, будучи связанным с мицеллами нитроклетчатки, в то же время богатые кислородом нитратные группы резко повышают кислородный баланс топлива, которое по калорийности превосходит дымный порох в 2 раза [6].

Выше у коллоидных порохов и удельный импульс J_y (отношение развиваемой тяги к массовому расходу топлива). Этот параметр имеет раз-

мерность [м/с], в работах по ракетным топливам до сих пор используется размерность J_y в секундах – [с] (численное значение J_y в секундах в 9,81 раз меньше, чем в системе СИ). По разным источникам удельный импульс дымного пороха составляет 490–1370 м/с [8], 1200–1250 м/с (при 4 МПа) [9], а баллиститного – до 2300 м/с (порох JPN при 7 МПа) [10].

Отметим, что, хотя первый удачный запуск ракеты на бездымном порохе, осуществленный при содействии его создателя А. Нобеля, произошел в 1896 г. в Стокгольме [11], достаточно перспективные составы коллоидных порохов и учитывающие технологии их изготовления конструкции ракет появились лишь в 20–30-е гг. XX в.

В начале 30-х гг. в Советском Союзе была успешно решена задача по созданию твердотопливных ракет для старта тяжелых самолетов. Так, уже в 1933 г. в результате применения стартовых ускорителей длина пробега бомбардировщика ТБ-1 массой 8 т сокращалась с 480 до 110 м [6].

Наиболее важным направлением ракетостроения в СССР в эти годы стало создание боевых ракет. Были разработаны 82- и 132-миллиметровые ракетные снаряды на среднекалорийном (Q до 3850 кДж/кг) баллиститном порохе Н [6], в том числе авиационные РС-82 и РС-132, которые в 1938 г. были приняты на вооружение истребительной (РС-82), бомбардировочной и штурмовой авиации (РС-132). Во время Великой Отечественной войны ракетные снаряды РС-132 устанавливались на бомбардировщики СБ и штурмовики ИЛ-2 (4 снаряда РС-132 или 8 РС-82) [12]. Близкие по конструкции, но с различными по назначению боевыми частями реактивные 132-миллиметровые снаряды использовались в течение всей войны в системах залпового огня, наиболее известными из которых являются гвардейские минометы «Катюша».

Смесевые ракетные топлива появились во время II Мировой войны в США при разработке стартовых ускорителей. Высококалорийные нитроглицериновые пороха типа JPN (Q около 5000 кДж/кг) с температурой горения 3000 К [9] были слишком опасны, особенно для палубной авиации. Необходимо было связующее, которое снизит чувствительность топлива, не уменьшая существенно удельный импульс. Рецепт такого топлива, разработанного к 1944 г., содержала 76% перхлората калия, горючее-связка состояло из асфальта и смазочного масла в пропорции 7:3. Горючее плавилось при 135 °С, смешивалось с окислителем и заливалось в двигатель. Остывая, смесь отвердевала, образуя скрепленный с корпусом монолит. Топливо обеспечивало $J_y = 1800$ м/с и применялось в ВМС США до конца войны [13].

В настоящее время в качестве окислителя используется, как правило, перхлорат аммония NH_4ClO_4 (ПХА), а в качестве горючего-связующего – полимеры типа каучуков, например бутилкаучук (БК). После смешения компонентов вязкую массу заливают в корпус двигателя, в котором размещен извлекаемый стержень, сечение которого обеспечивает образование в заряде канала с осевой симметрией заданного профиля. При нагреве происходит полимеризация связи с образованием топливного монолита. В таком двигателе заряд горит изнутри по поверхности канала, и корпус изолирован от горячих газов слоем топлива. Его расчетный удельный импульс при оптимальной рецептуре лишь незначительно превышает импульс разработанного в США еще в 40-е гг. XX в. упомянутого ранее нитроглицеринового пороха JPN (табл. 1). Таким образом, потенциал двухкомпонентных смесевых топлив практически исчерпан. В табл. 1 представлено еще два варианта компонентов таких топлив, достаточно экзотических. Входящий в них наиболее активный из перхлоратов NO_2ClO_4 (перхлорат нитрония) и аланат лития LiAlH_4 позволяют несколько повысить расчетную величину удельного импульса, но последняя величина, по-видимому, уже близка к пределу.

Однако переход к смесевым топливам расширил круг химических веществ, используемых в их рецептурах: кроме окислителя и горючего-связки в них можно вводить энергонасыщенные добавки – горючие металлы и взрывчатые вещества, а также добавки, повышающие их эластичность, устойчивость горения, снижающие чувствительность к детонации, увеличивающие или снижающие скорость процесса (пластификаторы, стабилизаторы, катализаторы и т.п.). Характерные скорости горения смесевых топлив, на примере имеющего в составе горючего-связующего полибутадиен (ПБ) с различными добавками [10], показаны на рис. 2.

Наличие металлических частиц в смесевом топливе обуславливает повышение теплопроизводительности топлива по двум причинам: вследствие тепловых эффектов при окислении металла, а также благодаря увеличению содержания водорода в продуктах сгорания и отсутствию водяного пара в выхлопной струе, что снижает потери энергии [10].

Первой и до настоящего времени наиболее популярной добавкой к смесевым топливам является алюминий, который физически стабилен и совместим со многими химическими составляющими в широком диапазоне температур и давлений. Обладая высокой теплотой реакции и образуя при сгорании термически стабильные продукты, алюми-

Окислитель	Горючее	$J_{\text{р}}$, м/с
NH_4ClO_4	БК	2345
NO_2ClO_4	БК	2580
NO_2ClO_4	LiAlH_4	2776

Таблица. Расчетные удельные импульсы двухкомпонентных смесевых топлив [14]

ний повышает температуру сгорания, удельный импульс топлива и устойчивость горения. К сожалению, частицы микрометрового размера горят только вследствие диффузии окислителя через покрывающую их прочную оксидную пленку, поэтому при диаметре $d > 10$ мкм они не успевают сгореть полностью, частички $d = 10\text{--}20$ нм выступают в качестве зародышей, на которых конденсируется газообразный оксид алюминия Al_2O_3 . Формирующиеся частицы имеют размер от 20 до 50 мкм и обладают большим временем динамической и тепловой релаксации. Это приводит к существенному снижению эффективности сгорания и к потерям на двухфазность [15].

Переход к частицам алюминия нанометрового диапазона позволяет снять некоторые из перечисленных проблем. Связано это с возрастанием их удельной поверхности и ослаблением межатомных связей, приводящим к снижению температуры плавления (рис. 3А [16]), которая начинает сильно отличаться от табличной (933 К) при $d < 10$ нм и достигает 673 К при $d = 3$ нм. Снижается и температура воспламенения частиц (рис. 3Б [15]).

Известно, что алюминиевые частицы покрыты, как правило, пленкой оксида и не воспламеняются, пока не расплавится эта пленка. Для частиц $d > 100$ мкм это происходит при температуре плавления оксида ≈ 2350 К, при уменьшении размера до 1 мкм температура воспламенения снижается до 1300 К,

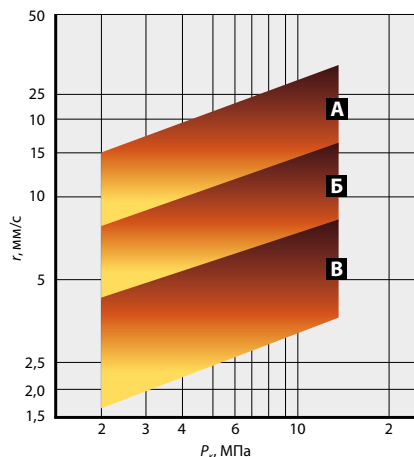


Рис. 2. Диапазон скоростей горения топлива на основе ПБ: А – с добавками-ускорителями горения, Б – стандартный состав, В – со смешанным окислителем

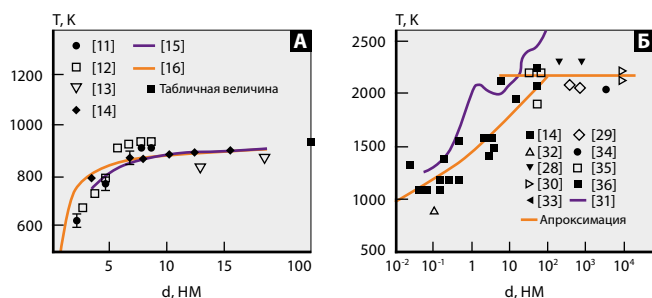


Рис. 3. Влияние диаметра наночастиц алюминия на температуру плавления (А), температуру воспламенения (Б)

а для наночастиц, толщина оксидной пленки которых составляет от 2 до 4 нм [17] – до 900 К [15]. Низкую температуру воспламенения наноразмерных частиц можно объяснить изменением свойств оксидной оболочки, в частности возможностью проникновения через нее жидких кластеров или атомов Al и их взаимодействием с газофазным окислителем, или разрушением оксидного слоя из-за увеличения объема при фазовом переходе алюминия в жидкое состояние [15].

Указанные преимущества при переходе от микро-размерных к наноразмерным добавкам алюминия в базовых (NH_4ClO_4 + БК) смесевых топливах повышают величину расчетного удельного импульса до 2650 м/с, то есть приближают его к максимальному значению для двухкомпонентных топлив (таблица).

Следующим шагом в развитии смесевых топлив стала замена металлов на металлогидриды. Расчеты показывают, что это увеличивает удельный импульс топлива и снижает температуру горения, что является благоприятным фактором. Вместе с тем гидриды металлов по сравнению с металлами обладают более высокой энергоемкостью и низкой плотностью, поэтому содержащее их твердое топливо в наибольшей степени реализует свою эффективность прежде всего на разгонных ступенях межконтинентальных ракет. Однако у гидридов металлов

низкая термическая стабильность и высокая реакционная способность по отношению к органическим веществам. По комплексу свойств в максимальной степени удовлетворяет всем требованиям безопасности и надежности только гидрид алюминия [18].

В свете изложенного, какие свойства и особенности структуры пористого кремния могут быть полезны с точки зрения энергетических и баллистических характеристик ТРТ?

Напомним, что при горении рSi в кислороде с ростом давления O_2 процесс развивается первоначально достаточно спокойно, а затем резко интенсифицируется (рис. 4). Под каждой широкой фотографией горения представлены результаты сканирующей электронной микроскопии скола образцов после процесса (слева при малом увеличении, справа – при большом).

Анализ результатов показал, что слой наноструктурированного кремния является, по сути, блоком плотно упакованных элементов твердотельного горючего (слоистой или иной структуры), который при давлениях кислорода начиная с 15 бар и подводе незначительного импульса энергии переводится за счет развития разрушающих структуру механических деформаций во взвешенное состояние с многократным увеличением поверхности и скачкообразным возрастанием массовой скорости горения.

Такое поведение рSi обусловлено двумя причинами. С одной стороны, он сохраняет свойства монокристалла, из которого сформирован, так как кремний, остающийся между каналами, сохраняет первоначальную кристалличность; с другой – утончение стенок между соседствующими порами при формировании пористого кремния приводит к повышенной хрупкости кристаллического скелета. Поэтому импульсные термические напряжения, возникающие в процессе горения, распространяются по кристаллической структуре с низкими прочностными характеристиками. В случае локального превышения предела проч-

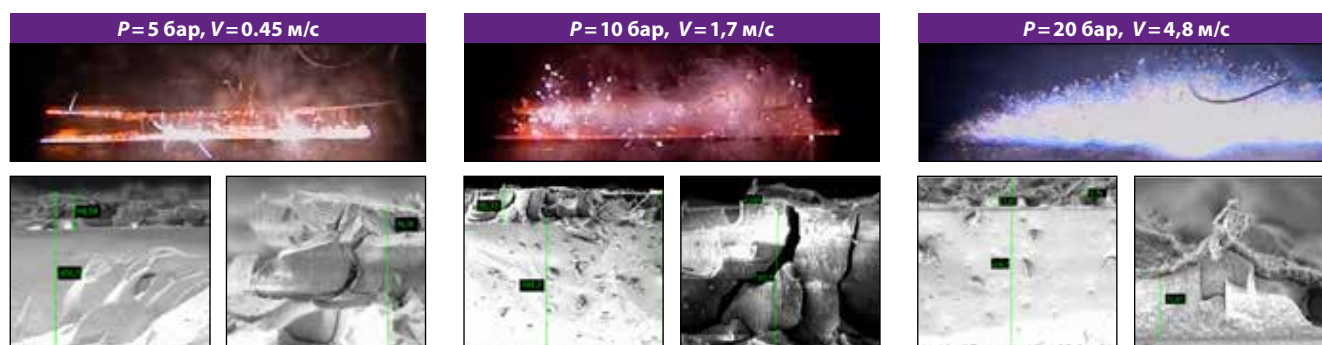


Рис. 4. Картины горения и фотографии скола образцов с толщиной пористого слоя $h=104$ мкм и пористостью $p=0,52$ (P – начальное давление O_2 ; V – скорость горения)

ности при деформации пористого скелета дальнейшее его разрушение может развиваться лавинообразно, с разрывом упругих связей наноструктуры, сопровождающимся передачей импульса ее микрофрагментам, окисляющимся затем при аэрозольном горении. Сказанное иллюстрируется примерами динамики горения линейного (рис. 5) и двумерного (рис. 6) слоев пористого кремния при центральном искровом инициировании процесса (под кадрами – время с момента инициирования). Указанные геометрические параметры демонстрируют, какие резервы энергии и мощности могут аккумулироваться при наноструктурировании слоев толщиной с человеческий волос.

Еще более впечатляет потенциал систем «пористый кремний – твердофазный окислитель». Так, композит $pSi-NaClO_4 \cdot H_2O$ способен гореть со скоростями 1000–2200 м/с [4], близкими к скоростям детонации конденсированных взрывчатых веществ.

Для некоторых комбинаций параметров при горении композитов регистрируется формирование предвестников – очагов самовоспламенения, возникающих перед фронтом горения (при низкой частоте регистрации процесса это приводило к ошибочным оценкам скоростей горения до 5 км/с). Вероятной причиной предвестников является взаимодействие продольных акустических волн в монокристаллической подложке, вызываемых термомеханическими деформациями и напряжениями, которые возникают вследствие энерговыведения в зоне горения. Суперпозиция подобных возмущений может привести в области пучности к самовоспламенению. Представленное на рис. 7 формирование вторичного предвестника между основным фронтом горения и фронтом ранее возникшего очага подтверждает гипотезу авторов [4].

Как уже указывалось, еще более энергонасыщенными являются композиты на основе фрагментированного пористого кремния (ФПК-МПН). Так, при массе образца 0,36 г, скорости горения 1760 м/с и температуре 2700 К в воздухе формируется ударная волна с амплитудой 1,5 бар и числом Маха $M=2,3$, а скорость разлета стальных фрагментов формирующего композит желоба достигает 400 м/с [20].

Вместе с тем для образца массой 0,32 г, близкого по составу, при инициировании горения композита в стволе баллистического маятника измеренный удельный

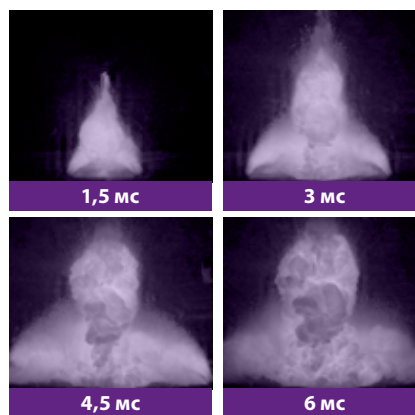


Рис. 5. Динамика горения пористого слоя длиной 70 мм, шириной 10 мм и толщиной 61 мкм при $P_{O_2}=30$ бар

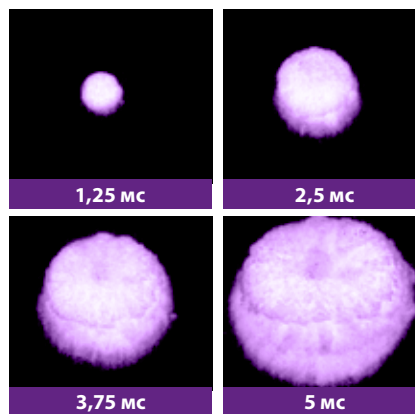


Рис. 6. Динамика горения пористого слоя диаметром 86 мм и толщиной 135 мкм при $P_{O_2}=22,5$ бар

импульс композита $J_{y,звук}=1740$ м/с [20]. Отметим, что эксперименты проводились при использовании звукового сопла, поэтому для сопоставления с другими данными полученное значение должно быть увеличено в 1,28 раза [21]. Но даже с этой поправкой для композита ФПК-МПН $J_y=2230$ м/с, то есть ниже, чем у двухкомпонентных смесевых топлив.



Рис. 7. Распространение горения (справа налево) по ПК-композиту с толщиной пористого слоя 58 мкм и пористостью 0,73 с формированием предвестников

В чем же могут конкурировать составы на основе наноструктурированного кремния с известными композициями ракетных топлив?

На наш взгляд, их применение возможно по следующим направлениям.

Регулируемое увеличение скорости горения смесевых топлив при дозируемом введении рSi в качестве горючего с взрывным ростом реакционной поверхности.

Повышение скорости нагрева смесевого топлива с наночастицами алюминия nAl (за счет ФПК-композиций) с целью диспергирования малых кластеров жидкого алюминия и их реакции с газообразным окислителем.

Разработка пастообразных или капсулированных ФПК-композиций для высокоскоростных космических аппаратов.

Перспективность первого направления обусловлена тем, что давление при горении ТРТ поддерживается, как правило, на уровне не ниже 70 бар, что существенно выше «критического» для наноструктурированного кремния значения 15 бар. Пульсации давления при горении ракетного топлива послужат «спусковым крючком», запускающим разрушение скелета пористого слоя в зоне предварительного нагрева расплавленного топлива, а импульс, получаемый фрагментами при разрыве упругих связей наноструктуры, обеспечит их внедрение в расплав окислителя на микроуровне. Даже исходя из скоростей горения наноструктурированного кремния в газообразном кислороде (6,5 м/с при 30 бар [3]), а не в перхлорате, где они на 2 порядка выше [4], понятно, что при введении в смесевое топливо незначительного количества рSi скорость горения модифицированного топлива может существенно превысить значения, представленные на рис. 2.

Второе направление основано на предложенном в 2009 г. [22] и подтвержденном экспериментально [15] механизме разрушения расплавленных наночастиц алюминия при скоростях нагрева $>10^6$ К/с (реализуемых при горении ФПК-композиций). Плавление ядра алюминия создает давление 1–4 ГПа, вызывающее растрескивание оксидной пленки. Нарушение баланса давления между ядром и поверхностью ведет к образованию волны разгрузки и диспергированию малых кластеров жидкого алюминия (рис. 8). В этом случае окисление кластеров протекает в кинетическом режиме и Al может реагировать с окислителем в газовой фазе [15].

В работе [20] показано, что при горении ФПК-nAl-композиций в атмосфере увеличение в горючем рSi-nAl доли рSi с 16 до 33% приводит к росту скорости горения на 12,6%. Поскольку уникальные свойства наноструктурированного кремния проявля-

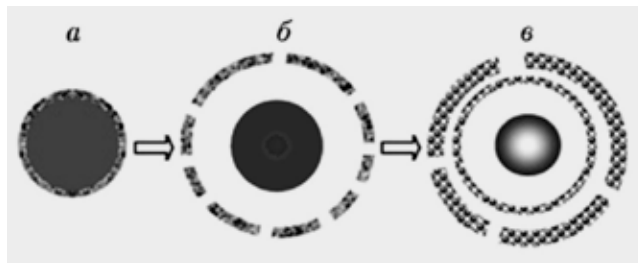


Рис. 8. Схема механизма горения наночастиц алюминия по типу плавление–диспергирование при высокой скорости нагрева ($>10^6$ К/с) [22].

а – алюминиевое ядро, покрытое оболочкой оксида, б – быстрое плавление Al, ведущее к раскалыванию оксидной пленки, в – волна разгрузки, распространяющаяся к центру расплавленного ядра Al, генерирующая давление, которое диспергирует малые кластеры Al

ются при давлениях среды выше 15 бар, его влияние на фазовые превращения наноалюминия при давлениях горения ТРТ будет, вероятно, еще значительнее.

Третье направление может базироваться на том, что при высоких скоростях химического превращения ФПК-композиций – это все же не детонационные, а дефлаграционные процессы, скоростями и законами горения которых можно управлять за счет свойств компонентов и рецептуры композиций. Нагрузка на элементы конструкции аппаратов снижается, а дозированная подача пастообразных композиций или их капсулированных гранул, низкочувствительных к трению и удару, решает проблему многократных запусков и глубоко дросселируемой тяги [23].

В целом использование наноструктурированного кремния может стать началом нового этапа эволюции твердых и пастообразных ракетных топлив. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долбик А.В., Зубов А.Ю., Крисевич С.Н., Сычевич А.С., Короткевич А.В., Лазарук С.К., Лабунов В.А. Увеличение механического импульса в микроэлектромеханических системах, использующих энергию горения нанопористого кремния // Доклады БГУИР. 2015. №92(6). С. 90–93.
2. Baranyshyn Y.A., Kasparov K.N., Krivosheyev P.N., Mironov V.N., Penyazkov O.G., Roshchin L. Yu. Dynamics, spectra and temperatures of silicon combustion in the pSi-O₂ system // Proc. of 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems, Beijing, China. 2019.
3. Mironov V., Penyazkov O., Krivosheyev P., Baranyshyn Y., Golomako E., Shumlyaev S. Combustion of porous silicon in an oxygen atmosphere with a pressure of 2 to 33 bar / High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Temperature Plasma Processes. 2020. 24(4). P. 1–14.
4. Golomako E.S., Krivosheyev P.N., Mironov V.N., Penyazkov O.G. Mechanisms of silicon combustion in the pSi-O₂ and pSi-NaClO₄-H₂O systems // Proc. of 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems, Beijing, China. 2019.
5. Mironov V.N., Penyazkov O.G., Golomako E.S., Shumlyaev S.O. Combustion of pSi-NaClO₄-H₂O compositions with microparticles of nanostructured silicon at the near-stoichiometric equivalence ratios of components / The 9th International Symposium on Nonequilibrium Processes, Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena, October 5–9, 2020. Sochi, Russia. P. 109–112.

Полный список использованных источников размещен

SEE http://innosfera.by/2021/03/solid_fuels

ГАЗОВАЯ ДЕТОНАЦИЯ: ОТ КАТАСТРОФ К НОВЫМ ТИПАМ ДВИГАТЕЛЕЙ



Павел Кривошеев,
завлабораторией физико-химической
гидродинамики Института
тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова
НАН Беларуси, кандидат
физико-математических наук

Горение как явление известно человечеству и используется им на протяжении многих тысяч лет как одна из самых древних и важнейших технологий. Даже в настоящее время львиная доля всей энергии, вырабатываемой и потребляемой человеком, приходится на процессы горения. Различают медленное горение с дозвуковой скоростью, или дефлаграцию, и быстрый, сверхзвуковой режим – детонацию. В первом случае пламя (волна реакции) распространяется по смеси в основном за счет теплопроводности. Более сложен процесс детонационного горения, который характеризуется комплексом, состоящим из ударной волны и следующей за ней зоны химической реакции, возбуждаемой ударным сжатием газа. Такой комплекс принято называть детонационной волной.

КЛАССИЧЕСКАЯ (ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ) ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ

Термин «детонация» происходит от французского *detonner* – фальшивить, звучать не в тон, то есть изначально под этим явлением понимали «фальшивое горение». Принято считать, что оно было открыто в 1881 г. независимо друг от друга французами Л. Малляром и Г. Ле Шателье, а также М. Бертелло и П. Виейем в ходе работ по изучению распространения пламени в трубах. Исследования проводились по заданию горнопромышленного комитета Франции после серии страшных катастроф, связанных со взрывами газа в шахтах Бельгии и Франции.

Классическая, или, как ее еще иначе называют, гидродинамическая теория детонации была разработана Д. Чепменом и Е. Жуге в 1899–1905 гг. и построена по аналогии с теорией ударных волн, базировавшейся на работах У.Д. Рэнкина и П.А. Гюгонио. В ней предполагается, что детонационная волна представляет собой бесконечно тонкую зону, в которой претерпевают разрыв все параметры смеси и потока, в том числе и химический состав.

Ранее, в 1890 г., российский ученый В.А. Михельсон, анализируя законы сохранения по разные стороны фронта детонационной волны, обнаружил существование двух возможных решений, из которых на основе экспериментальных данных было выбрано единственное, соответствующее минимальной скорости детонации. Однако работы Михельсона долгое время оставались неизвестными за пределами России, и поэтому элементарную теорию детонации стали связывать только с именами Чепмена и Жуге.

Чепмен предложил правило отбора скорости детонации, которое заключалось в выборе решения с минимально возможной скоростью, а Жуге дополнил эту гипотезу еще одним дополнительным условием – скорость звука в продуктах сгорания детонации в точности равна скорости распространения стационарной детонационной волны относительно продуктов сгорания.

Классическая теория (Чепмена – Жуге) позволила разработать элементарную методику расчета скорости детонации (скорость идеальной детонации Чепмена – Жуге), но не смогла объяснить некоторые исходные положения расчета, в частности существование минимальной скорости детонации для идеального газа.

ТЕОРИЯ ДЕТОНАЦИИ ЗЕЛЬДОВИЧА – НЕЙМАНА – ДЕРИНГА

Бурное развитие тематики, связанной со взрывчатыми веществами, в 1930–1940-х гг. и вызванное этим появление новых экспериментальных данных, которые не укладывались в рамки существовавшей классической теории, привело к необходимости более детального анализа механизма распространения и структуры волны газовой детонации. Проблема была чрезвычайно актуальна, и практически в одно и то же время, независимо друг от друга, было издано несколько очень близких по своим идеям и содержанию работ: Я.Б. Зельдовича и А.А. Гриба (1940 г.) в СССР, Дж. фон Неймана (1942 г.) в США и В. Деринга (1943 г.) в Германии.

В рамках одномерной теории, получившей название модели Зельдовича – Неймана – Деринга (ЗНД), структура детонационной волны включает в себя последовательно в направлении газового потока ударную волну, зоны индукции и химической реакции и волну разрежения. Быстрый нагрев и сжатие газа при переходе через фронт ударной волны приводит к тому, что за это время химический состав смеси не успевает измениться, и реакция происходит в уже сжатом веществе с некоторым эффективным периодом индукции воспламенения за передним фронтом детонационной волны. Выделение энергии в сжатом и нагретом веществе приводит к подъему температуры в зоне реакции и последующему расширению продуктов реакции в волне разрежения.

Теория детонации Зельдовича – Неймана – Деринга предполагает наличие гладкого фронта волны, она основана на решении одномерных уравнений газовой динамики и химической кинетики и применима лишь при условиях, допускающих усреднение параметров в детонационной волне.

СТРУКТУРА ДЕТОНАЦИОННОЙ ВОЛНЫ

Несмотря на физическую ясность интерпретации течения в детонационном фронте, структура волны, описываемая моделью ЗНД, в реальности почти никогда не встречается. Многие исследования показали, что детонационная волна в газовой смеси представляет собой сложное трехмерное и нестационарное образование как вблизи, так и вдали от пределов ее распространения.

Еще в 1926 г. англичане С. Кэмпбелл и Д. Вудхед обнаружили явление спиновой детонации (от англ. spin – вращение), которое состоит в том, что в тру-

бах при определенных режимах распространения (вблизи пределов существования детонации) наиболее яркое свечение фронта волны наблюдается вблизи стенки. Оно существует в ядре (иначе еще называют голове) спина, которое вращается по окружности одновременно с поступательным движением фронта волны. Траектория движения такого ядра относительно стенок трубы образует спираль с шагом, примерно равным трем диаметрам, угол с образующей близок к 45° (рис. 1). В дальнейшем явление спиновой детонации было детально исследовано К.И. Щелкиным, который обнаружил и объяснил излом в ее фронте, связанный с существованием известной в газодинамике структуры – тройной маховской конфигурации скачков плотности. Это не укладывалось в рамки классической гидродинамической теории и трактовалось как частный, предельный случай.

В 1957–1958 гг. детальные экспериментальные исследования (Б.В. Войцеховский, Р.И. Солоухин, Ю.Н. Денисов, В.В. Митрофанов, Я.К. Трошин, М.Е. Топчийн) показали, что детонационная волна обладает сложной ячеистой структурой, в ее фронте всегда фиксируются сильные движущиеся неоднородности – поперечные волны (рис. 2). Упрощенно фронт стационарной детонационной волны представляет следующую регулярную, строго периодическую структуру. Передней поверхностью является фронт ударного сжатия, состоящий из выпуклых участков (рис. 2). Точки сопряжения (или излома) – тройная маховская конфигурация, в которой помимо головной и отраженной

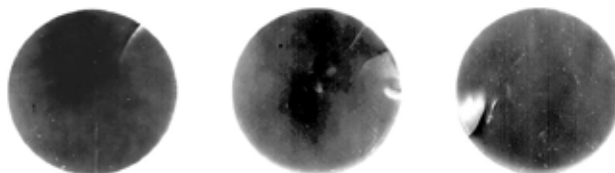
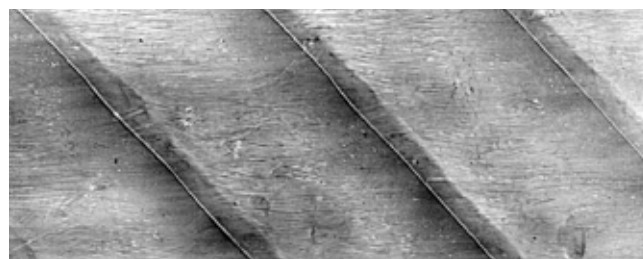


Рис. 1. Следовые отпечатки движения фронта спиновой детонационной волны на боковой поверхности и в поперечном сечении круглой трубы диаметром 25 мм. Смесь ацетилен-кислород-аргон. Эксперименты Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

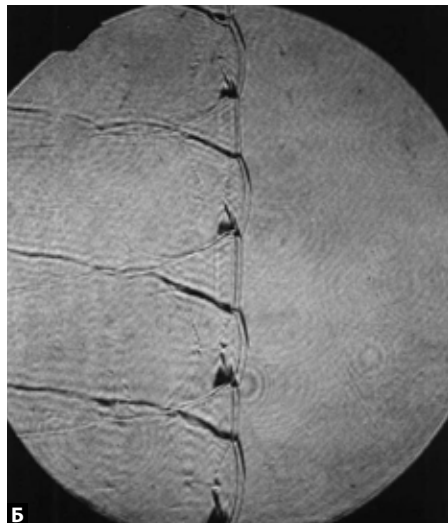
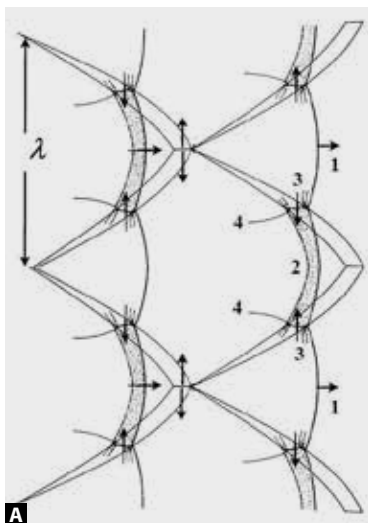


Рис. 2. А) условная схема структуры реальной многофронтной детонационной волны (распространяется слева направо): 1 – головная ударная волна, 2 – зона реакции, 3 – «тройные» точки, 4 – поперечные волны, λ – поперечный размер детонационной ячейки, ромбовидные структуры – траектории (во времени) движения тройных точек; Б) теньевые (шлирен) фотографии детонации в смесях ацетилен-кислород-аргон. Иллюстрация из «Austin, Joanna Maria Karol (2003). The Role of Instability in Gaseous Detonation. Dissertation (Ph.D.). California Institute of Technology»

волн присутствует и третья, поперечная, которая распространяется по зоне реакции и продуктам сгорания. Системы поперечных волн периодически попарно сталкиваются. Траектории движения точек излома, или же тройных точек, выглядят как регулярная, периодическая, ромбовидная структура (рис. 3). Таким образом, детонационная волна – это пульсирующий, периодический процесс, при котором участки переднего фронта, характеризующиеся повышенным давлением и температурой, движутся навстречу друг другу по его поверхности. Участки эти сталкиваются между собой, расходятся, а затем вновь сталкиваются. Кроме того, позднее было обнаружено, что в зависимости от состава смеси детонационная волна может обладать как регулярной, так и нерегулярной структурой, способна «перестраиваться» по мере распространения из одного режима в другой, меняя ее. В дальнейшем было показано, что для определенного класса топливно-окислительных смесей характерна двухразмерная, или же бифуркационная, структура, когда внутри крупномасштабных возмущений наблюдаются также и мелкомасштабные.

Кроме стационарных возможны галолирующие режимы распространения, когда детонационная волна пульсирует вдоль оси трубы, то затухая, то возникая вновь, с шагом пульсаций, который составляет сотни калибров трубы.

Следовательно, вместо одномерной стационарной структуры детонационной волны, соответствующей простейшему решению уравнений гидродинамики

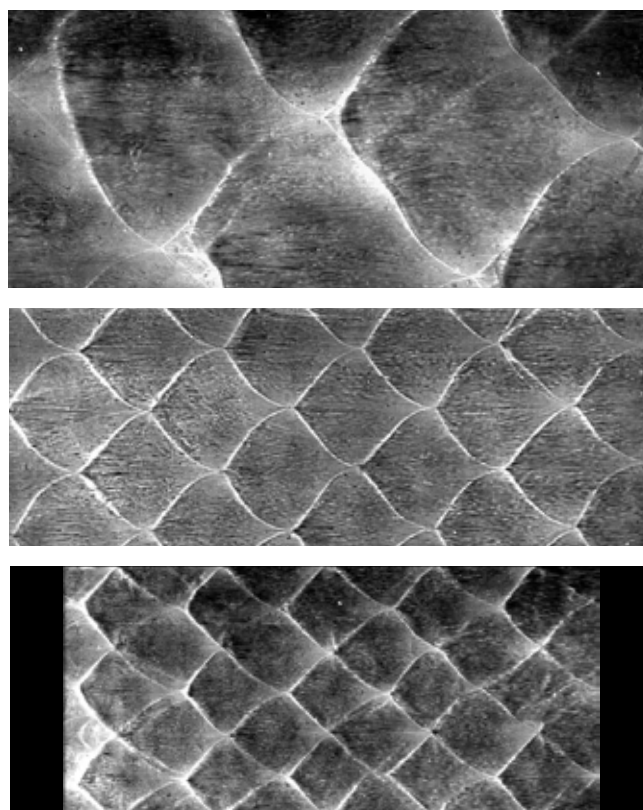


Рис. 3. Следовые отпечатки движения фронта детонационной волны на боковой поверхности круглой трубы диаметром 25 мм. Режимы распространения с одной, двумя и тремя регулярными ячейками. Смесь ацетилен-кислород-аргон. Эксперименты Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

и химической кинетики, распространение детонации в газах сопровождается образованием сложного течения в ее фронте. Период повторения элементов структуры течения в пространстве по мере движения детонационной волны – размер детонационной ячейки – играет роль основного масштаба, на котором вследствие самоорганизации течения восстанавливаются локальные значения максимального энерговыделения и устанавливается режим самоподдерживающегося распространения детонации. Ввиду этого длина или ширина ячейки стала одним из универсальных размерных параметров, с которым сопоставляются масштабы наблюдаемых явлений: размеры зон химической реакции, диаметры детонационных труб и зарядов, геометрические размеры каналов, зоны распределения энергии при инициировании. В табл. 1 представлены размеры детонационной ячейки для некоторых топливно-окислительных смесей при нормальных начальных условиях. С ростом давления размер детонационной ячейки начинает экспоненциально уменьшаться.

Таким образом, основной особенностью процессов, проходящих во фронте детонации, является их сложный трехмерный характер. Законченной теоретической модели, позволяющей предсказывать поведение и свойства трехмерной детонации для произвольных граничных условий, еще не существует, хотя во многих работах предприняты попытки такого описания.

ИНИЦИИРОВАНИЕ ГАЗОВОЙ ДЕТОНАЦИИ

Эффект возбуждения горения или детонации обычно носит пороговый характер. Для горючей смеси минимальную энергию инициатора, обеспечивающего гарантированное возбуждение горения или детонации, называют критической энергией инициирования. Эта величина служит мерой пожарной или детонационной опасности смеси – чем она меньше, тем более опасна с точки зрения горения или детонации смесь. Например, при нормальных условиях (атмосферное давление и температура 20 °C) для воспламенения идеально перемешанной стехиометрической водородно-воздушной смеси требуется приблизительно 0,017 мДж, а для прямого инициирования детонации – около 4000 Дж (1 г тротила). Для смеси метана с воздухом минимальная энергия зажигания составляет 10^{-3} Дж, а энергия инициирования детонации – 10^8 Дж (десятки кг тротила).

Среди классических и достаточно подробно изученных способов возбуждения детонации в объеме реагирующей смеси, как правило, выделяют следующие:

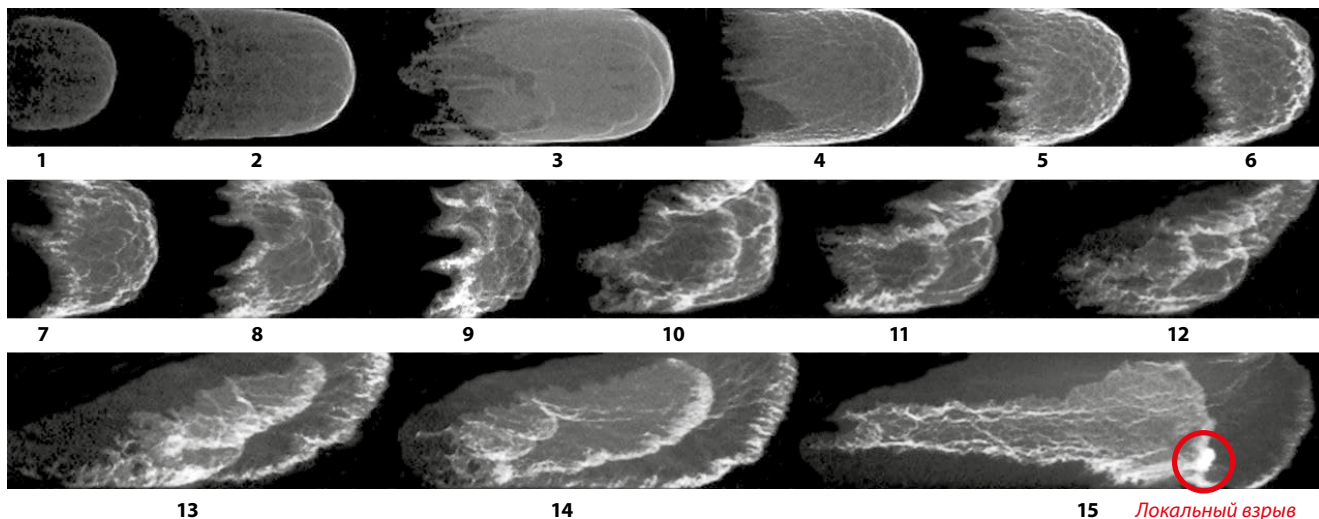
- *прямое инициирование путем быстрого локализованного выделения энергии, вызванного различными источниками: взрывчатые вещества, накал нитей, лазерный пробой, высоковольтный разряд и т.д.;*
- *инициирование при выходе детонационной волны, сформировавшейся в трубе малого диаметра, в объем или в канал с большим поперечным сечением и, кроме того, инициирование при выходе детонации из отверстий различной формы (круглое, эллиптическое, треугольное, прямоугольное и т.д.);*
- *зажигание смеси маломощным источником энергии с последующим переходом горения в детонацию (ПГД).*

К настоящему времени разработаны аналитические модели, описывающие процессы прямого инициирования детонации в объеме, предложена классификация по виду инициирования (плоское, цилиндрическое и сферическое) и формулы для оценки критической энергии, позволяющие удовлетворительно описывать совокупность имеющихся экспериментальных результатов. На основании большого количества исследований определены критические условия, необходимые для успешного реинициирования в случае выхода детонационной волны из канала меньшего диаметра. Предложены теоретические подходы к определению критического диаметра и различные модели, описывающие выход и дифракцию детонационной волны.

В реальности же не так часто возникают ситуации, когда случайное или намеренное воспламенение

Смесь	Поперечный размер детонационной ячейки, мм
Водород-кислород	1,4–2
Водород-воздух	9
Ацетилен-кислород	0,1
Ацетилен-воздух	11
Пропан-кислород	1
Пропан-воздух	53
Метан-кислород	3
Метан-воздух	279

Таблица 1. Детонационная ячейка некоторых газовых смесей, начальные условия нормальные (по данным California Institute of Technology)



ние смеси возможно с помощью мощного локализованного источника энергии. Наиболее вероятным развитием событий является поджиг слабым источником с последующим медленным горением смеси. Однако под воздействием ряда факторов пламя может самопроизвольно ускориться. Это ведет к формированию волн сжатия перед ним, которые создают условия для самовоспламенения и взрыва смеси, что приведет к формированию детонационной волны. Сценарии интенсивного ускорения пламени и перехода к детонации расцениваются как наиболее разрушительные, и поэтому к ним приковано пристальное внимание исследователей.

Развитие процесса ускорения пламени и перехода горения в детонацию (ПГД) в пластиковой прозрачной трубе круглого сечения при поджиге горючей смеси у закрытого торца трубы слабым источником поджига (автомобильная свеча) представлено на рис. 4. Исследования проводились в лаборатории физико-химической гидродинамики Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, впервые в мире удалось зарегистрировать весь процесс (а не отдельные его стадии) ускорения пламени и возникновения детонации, получить детальные качественные изображения фронта реакции, установить его пространственную структуру и форму. Регистрация процесса осуществлялась высокоскоростными камерами со скоростью съемки 210 тыс. кадров в секунду. Можно выделить следующие характерные стадии. Поначалу пламя движется с ускорением, контуры его фронта ровные, четкие, что свидетельствует о ламинарном характере горения (кадры 1–4, рис. 4). На следующей стадии процесс замедляется. К этому времени

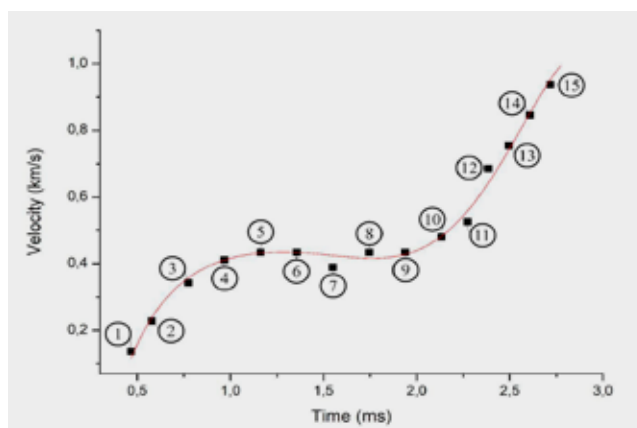


Рис. 4. Мгновенные фотографии самосвечения фронта пламени при распространении горения по трубе диаметром 60 мм и соответствующие профили скорости в зависимости от расстояния и времени. Стехиометрическая смесь ацетилена с кислородом, на 25% разбавленная аргонem. Начальное давление 21 кПа. Скорость съемки 210 тыс. кадров в секунду, разрешение 1024x72 пикс. Экспозиция каждого кадра 3,15 мкс. Эксперименты Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

поверхность пламени начинает дробиться, и на ней начинает формироваться ячеистая (или сотовая) структура (кадры 5–6, рис. 4). Затем фронт пламени распространяется фактически с постоянной скоростью. Его форма и структура при этом практически не претерпевают каких-либо существенных изменений (кадры 7–9, рис. 4). И наконец, на заключительном этапе наблюдается повторное ускорение. Одна из частей фронта пламени начинает резко выдвигаться вперед в направлении движения, и по мере растяжения вдоль оси трубы его скорость начинает

резко возрастать. Пламя принимает коническую, сильно вытянутую вдоль оси трубы форму, напоминающую бумажный кулек или вафельный стаканчик (кадры 10–15, рис. 4). В результате возникает локальный взрыв, приводящий к формированию детонационной волны.

Несмотря на большое количество работ, описывающих процессы ускорения пламени и формирования детонации, единой теории, объясняющей переход одной стадии в другую, не существует. На сегодняшний день полноценное трехмерное моделирование такого процесса не выполнено и вряд ли возможно, поскольку требует очень серьезных вычислительных мощностей.

ПРЕДЕЛЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ДЕТОНАЦИИ

Различают концентрационные пределы и геометрические. Первые – диапазон концентраций, от минимальной до максимальной, горючего в топливно-окислительной смеси, при которых возможно инициирование и распространение детонации. Например, состав от 5 до 61% метана в кислороде и приблизительно от 4 до 19% в воздухе считается опасным с точки зрения воспламенения. Детонация возможна при концентрации метана от 8 до 56% в кислороде и от 6 до 13% в воздухе, для водорода такие пределы шире – от 4 до 80%. Детонационные пределы уже пределов воспламенения. И те, и другие расширяются с увеличением начальной температуры и давления.

Геометрические пределы распространения связаны с влиянием граничных условий, то есть геометрических масштабов системы. При их уменьшении ниже некой критической величины стационарный режим детонации невозможен. Например, для смеси метана с воздухом при нормальных условиях в трубе диаметром 50 мм. Характерным масштабным параметром системы является поперечный размер детонационной ячейки. Считается, что крити-

ческий диаметр трубы $d_{кр}$ (минимальный диаметр, при котором еще возможно распространение стационарной детонационной волны) связан с поперечным размером трубы λ следующим соотношением: $d_{кр} \geq \lambda/3$. А, например, при выходе волны из трубы в свободное пространство для успешного реинициирования детонации требуется, чтобы диаметр трубы превышал величину 13 λ .

Пределы воспламенения и детонации – фундаментальные величины в физике горения и взрыва. Их знание необходимо в первую очередь с практической точки зрения для понимания и прогнозирования вероятности развития различного рода сценариев в штатных и нештатных ситуациях. Последствия, например, пожара и детонации, или взрыва газовой смеси несопоставимы по своему воздействию.

ЧЕМ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ГАЗОВАЯ ДЕТОНАЦИЯ?

На сегодняшний день принято считать, что именно детонация является наиболее опасным и наиболее эффективным режимом горения (табл. 2).

Помимо экстремальной скорости распространения волна детонации характеризуется гораздо более высокими по сравнению с нормальным горением температурой и давлением. Мощность тепловыделения с единицы поверхности детонационного фронта в тысячи раз выше таковой у фронта обычной дефлаграции и сопоставима с энергией излучения Солнца. Кроме того, в отличие от продуктов медленного горения, продукты детонации обладают огромной кинетической энергией.

В табл. 3 представлены расчетные параметры детонации некоторых топливно-окислительных смесей при начальном давлении 1 атм и температуре 20 °С.

Интерес ученых и инженеров всего мира к явлению газовой детонации условно можно разделить на два взаимосвязанных направления. Первое – это целенаправленная борьба с детонацией как с наиболее опасным и разрушительным режимом горения. Основная задача здесь – не допустить возможности ее возникновения в любом (штатном или аварийном) режиме работы промышленного или бытового оборудования, объектов инфраструктуры, сооружений и т.д. Второе направление – использование детонационного режима сжигания топлива в силовых установках различного рода. Еще в 1940 г. Я.Б. Зельдович теоретически показал, что термо-

Параметр	Дефлаграция	Детонация
Число Маха волны	Менее 0,03	4–5
Перепад давления	Приблизительно 0,98	13–55
Перепад температуры	4–16	8–21
Перепад плотности	0,06–0,25	1,4–2,6

Таблица 2. Сравнение основных параметров дефлаграции и детонации

динамическая эффективность этого процесса превосходит таковую у любых иных циклов, основанных на традиционном медленном горении. Однако этот выдающийся результат до сих пор не нашел своего полноценного практического применения. Известны единичные оригинальные разработки, использующие детонационный режим сжигания топлива, среди них отметим устройства для напыления, очистки деталей от заусенцев, дробления и фрагментации и т.п., но широкого распространения они не получили.

Наибольший же интерес явление детонации представляет с точки зрения двигателестроения для авиационной и ракетной промышленности. Предложено множество схем реализации управляемого детонационного режима сгорания, которые можно разделить на две группы – с импульсно-детонационным и непрерывно-детонационным рабочим циклом. В импульсном детонационном двигателе (ИДД) камера сгорания циклически заполняется рабочей смесью, при ее зажигании распространяется детонационная волна, и продукты сгорания истекают в окружающее пространство. Первые образцы ИДД были разработаны и протестированы в 1957 г. в университете г. Мичигана (США). В простейшем варианте ИДД представляет собой трубу, один из концов которой закрыт, в нем расположены устройства для подачи горючей смеси и ее поджига. Из открытого конца происходит истечение продуктов сгорания. Устройство работает на частоте (обычно до 100 Гц), которая существенно ограничена и определяется продолжительностью заполнения камеры сгорания рабочей смесью и временем, требуемым для создания детонации и последующего истечения продуктов сгорания, создающих тягу. Существуют схемы организации детонационного цикла без механических клапанов, то есть в конструкции двигателя вообще отсутствуют подвижные элементы. Понятно, что он прост, а его тягу можно практически неограниченно увеличивать за счет количества детонационных труб. Существует множество демонстрационных образцов силовых установок, реализующих импульсно-детонационный режим работы. Отметим, что фундаментальных ограничений при создании ИДД нет. Однако существует множество сдерживающих факторов технического и эксплуатационного характера, которые связаны с необходимостью при-

Смесь	Скорость детонации, м/с	Температура, К	Давление, атм
Водород-кислород	2840	3682	19
Водород-воздух	1970	2944	16
Ацетилен-кислород	2425	4215	34
Ацетилен-воздух	1867	3111	19
Пропан-кислород	2358	3829	37
Пропан-воздух	1800	2819	19
Метан-кислород	2393	3727	30
Метан-воздух	1803	2777	17

Таблица 3. Расчетные параметры детонации некоторых горючих смесей, начальное давление 1 атм, начальная температура 293 К

нудительного охлаждения камеры сгорания, использования штатных топлив, минимальной энергии для инициирования детонации, соблюдения необходимых массо-габаритных характеристик и т.д.

Иной концепцией является непрерывное детонационное сжигание топлива в одной или нескольких детонационных волнах, непрерывно циркулирующих в тангенциальном направлении поперек потока. Идея была предложена и реализована Б.В. Войцеховским в 1959 г. Камера сгорания в этом случае представляет собой зазор между двумя коаксиально расположенными цилиндрами. В детонационной волне (или нескольких) сжигается смесь, которая успевает поступить за время оборота волны по окружности камеры сгорания. Двигатель с непрерывной вращающейся детонацией имеет следующие преимущества по сравнению с пульсирующим детонационным: непрерывный режим создания тяги, возможность функционирования на обедненных топливных смесях, отсутствие необходимости непрерывного вклада энергии для инициирования детонации (осуществляется единожды при запуске двигателя), а также возможность прямой интеграции в существующие реактивные и турбореактивные устройства.

Однако несмотря на теоретически доказанное превосходство и многочисленные лабораторные испытания, еще рано говорить о создании полноценной силовой установки, способной конкурировать с существующими образцами двигателей. Теоретически предсказанная (в идеальных условиях) выгода не так велика, но и ее не удастся реализовать в условиях, близких к реальным. Поэтому вопрос создания полноценного детонационного двигателя пока открыт, для продвижения вперед в данном направлении необходимы кропотливые и планомерные научные исследования. ■

СУБРЕГИОНАЛЬНЫЙ ОБЗОР ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ 2020:

Восточная Европа и Закавказье



Ольга Мееровская,
старший научный
сотрудник Белорусского
института системного
анализа



Татьяна Ляднова,
ведущий научный
сотрудник Белорусского
института системного
анализа, кандидат
экономических наук

Европейская экономическая комиссия ООН в ноябре 2020 г. представила новый международный индекс в области инноваций. Идея его создания основана на том, что существующие индексы инновационной активности и, в первую очередь, Глобальный индекс инноваций Всемирной организации интеллектуальной собственности и Индекс глобальной конкурентоспособности Всемирного экономического форума, оценивают, главным образом, «входные» и «выходные» показатели – ресурсы, затраченные на инновационную деятельность, и ее результаты. При этом остаются в тени вопросы о том, насколько эффективны усилия государственной инновационной политики по созданию условий для трансформации ресурсов в результаты и каким образом эта трансформация происходит. Ответы на них как раз и призван дать новый рейтинг «Субрегиональный обзор инновационной политики» (СРОИП). Проект реализован ЕЭК ООН в 2019–2020 гг. при финансовой поддержке Правительства Швеции в 6 странах (Азербайджан, Армения, Беларусь, Грузия, Молдова, Украина) в тесном сотрудничестве с национальными органами государственного управления, отвечающими за инновационное развитие. В Беларуси партнером ЕЭК ООН выступил Государственный комитет по науке и технологиям, контактным центром – Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы.

Структура и методология

Цель нового индекса состоит в том, чтобы оценить масштаб и качество инновационной политики. Он направлен на ее совершенствование, выявление сильных и слабых сторон инновационного развития, а также на повышение конкурентоспособности экономик целевых стран. Для характеристики этих аспектов разработаны 49 индикаторов, которые сгруппированы в 3 компонента: «Управление инновациями», «Инструменты инновационной политики» и «Процессы инновационной политики».

Компонент I «Управление инновациями» оценивает стратегические, институциональные и правовые основы инновационной политики, а также компетенции разрабатывающих и реализующих ее государственных органов, и уровень координации между ними. Он позволяет установить, является ли управление инновационной политикой продуманным и хорошо структурированным процессом.

Компонент I включает два подкомпонента: «Основы» и «Координация», состоящих из 11 индикаторов. В рамках первого исследуются такие вопросы, как определение повестки дня в области инноваций; наличие государственных стратегий, направленных на их поддержку, и инновационной составляющей в смежных стратегиях, посвященных устойчивому развитию, активизации предпринимательства в целом и малых и средних предприятий (МСП) в частности, промышленному развитию, образованию; наличие и качество институциональных и правовых основ для инновационной деятельности. Подкомпонент «Координация» характеризует международное сотрудничество в сфере инноваций, а также согласованность инновационной политики на уровне центральных, региональных и местных органов управления.

В рамках компонента II «Инструменты инновационной политики» оцениваются ее меры, а также различные механизмы и инструменты государственной поддержки инноваций. При этом изучается не только масштаб и сфера применения инструментов, но и их качество, и уровни приложения.

Компонент II состоит из 5 подкомпонентов и 28 индикаторов. Подкомпонент «Освоение знаний» оценивает механизмы продвижения организационно-управленческих практик в частном и государственном секторах, механизмы поддержки развития технических и деловых услуг, фискальные стимулы для инновационной деятельности. Подкомпонент «Продвижение инноваций» исследует наиболее распространенные инструменты их стимулирования (конкурсы стартапов, кредиты для проведения НИОКР, механизмы освобождения от НДС). Наиболее широкий по своему охвату подкомпонент «Отношения и взаимосвязи» определяет наличие и уровень развития таких механизмов и инструментов поддержки инноваций, как ваучеры и гранты на совместные НИОКР науки и бизнеса; отраслевые исследовательские сети; услуги по подбору поставщиков; научно-технологические парки; инновационные пространства; инициативы по поддержке деловых сетей; кластеры; технологические аксе-

латоры; инициативы по содействию мобильности между научными кругами и промышленностью; механизмы использования сетей диаспоры и пр. Подкомпонент «Распространение знаний» анализирует механизмы получения информации и посреднические услуги для модернизации технологий; стандарты, инструменты испытаний и сертификации для МСП; технологическую помощь и услуги по распространению знаний для МСП в промышленности; государственные закупки для поддержки инноваций; механизмы цифровизации экономики. Наконец, подкомпонент «Научные исследования и образование» оценивает эффективность политики, направленной на увеличение числа выпускников в области науки, технологий, инженерных наук и математики и расширение научных исследований.

Последний компонент «Процесс инновационной политики» анализирует механизмы ее разработки и осуществления. С помощью 10 индикаторов последовательно рассматриваются все стадии: определение повестки дня и обоснование (подкомпонент «Подготовка»), разработка и согласование (подкомпонент «Разработка»), реализация и мониторинг (подкомпонент «Осуществление»), оценка эффективности и извлечение выводов (подкомпонент «Период после осуществления»).

Компонент III исследует процесс инновационной политики на примере одного конкретного инструмента, выбор которого – прерогатива целевых стран. Сопровождающие его разработку и реализацию процессы должны быть типичными для страны: это позволяет экстраполировать выводы, сделанные в отношении одного инструмента, на инновационную политику в целом. В Беларуси для анализа предложены государственные научно-технические программы – старейший и наиболее масштабный инструмент финансирования НИОКР. Другими мерами инновационной политики, рассматриваемыми СРОИП, являются, например, Закон о государственной поддержке информационных технологий (Армения), схема грантов Государственного фонда развития информационных технологий (Азербайджан), Стратегия инновационного развития – 2030 (Украина) и пр.

Расчет индикаторов СРОИП осуществляется путем параллельного опроса органов государственного управления целевых стран (самооценка) и независимых национальных экспертов (независимая оценка). Сопоставление результатов проводится экспертами ЕЭК ООН, при этом каждый индикатор оценивается в баллах по шкале от 0 до 3.

Наивысший балл присваивается реализуемым в полном масштабе политическим инициативам и механизмам, оценка «2» дается, если они действуют, но не в полной мере, «1» – если находятся в стадии разработки, «0» означает, что механизм, стратегический документ или инициатива в стране отсутствуют. Оценка по подкомпоненту является средней между оценками составляющих его индикаторов. В отличие от первых двух компонентов, по компоненту III оценки не выставляются, исследуемые национальные инструменты между собой не сравниваются. Для каждого подкомпонента СРОИП отмечает достижения страны, определяет области для улучшения и предлагает, как именно можно это сделать.

Выводы и рекомендации СРОИП представлены в итоговом отчете в разрезе региона и целевых стран. Важно отметить, что авторы стремились уйти от ранжирования последних, делая акцент на том, что СРОИП – это в большей степени инструмент для бенчмаркинга, определения узких мест и обмена опытом, нежели способ выявления лучших и аутсайдеров. Это подтверждает и название рейтинга: по ходу проекта первоначальное название «индекс инновационной политики» было заменено на более описательное – «обзор». Оно, кстати, точнее отражает и другую особенность исследования, а именно качественный характер оценки. При этом количественные и в том числе статистические данные в разрезе отдельных индикаторов представлялись странами в ходе опросов и безусловно оказывали влияние на выводы.

Этапы реализации СРОИП в Беларуси

Первые обсуждения методологии СРОИП на экспертном уровне состоялись в конце 2018 г., а после того, как весной 2019 г. она прошла апробацию в Грузии, официальный старт проекта был дан в оставшихся целевых странах. В Беларуси презентация обзора состоялась 20 июня 2019 г. В августе – сентябре в заполнении анкеты приняли участие более 20 республиканских, областных и ряд местных органов управления. Параллельно эту же работу делали независимые эксперты, которые собирали информацию, главным образом, в негосударственном секторе. Обе оценки – и госорганов, или «самооценка», и независимая – были представлены в ЕЭК ООН. Первые результаты сопоставления и предварительные выводы по Беларуси были обсуждены в Минске 6 ноября 2019 г. с участием представителей органов госуправления и независимых экспертов, участво-

вавших в анкетировании. Мероприятие позволило улучшить понимание зарубежными экспертами местной ситуации, обеспечив тем самым более адекватное отражение достижений и проблем отечественной инновационной политики в СРОИП.

Отдельные уточнения в отношении изложенных в обзоре фактов принимались ЕЭК ООН вплоть до февраля-марта 2020 г., после этого команда приступила к написанию итогового отчета. Целевые страны к работе не привлекались, но имели возможность рассмотреть каждая свой национальный раздел и высказать замечания. Сводные предложения госорганов по белорусскому разделу были обобщены и представлены ГКНТ авторам отчета в июле 2020 г. Основные замечания касались необходимости уточнения информации в связи с потерей актуальности отдельных сведений, а также дополнения отчета рядом значимых событий, которые произошли в первой половине 2020 г.

Завершающим этапом проекта стала презентация выводов СРОИП в целевых странах. В Беларуси она прошла 17 декабря 2020 г.

Выводы и рекомендации

Управление инновациями

СРОИП констатирует, что в Беларуси сложилась надежная система науки и инноваций. Государственная программа инновационного развития на 2016–2020 гг. (ГПИР) и Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития до 2030 г. регулируют реализацию национальных приоритетов в сфере инновационной деятельности. Разработанные механизмы предварительной экспертизы и промежуточной оценки способствуют повышению эффективности стратегических инициатив и позволяют извлекать уроки из проводившейся политики. Отмечается, что национальные стратегии сопровождаются планами мероприятий, которые содержат подробные меры для достижения целей политики и определяют полномочия ответственных государственных органов. Стратегии в других областях, в том числе в сфере образования и развития МСП, имеются в наличии и взаимосвязаны с ГПИР. Как результат, делается вывод о том, что институциональные и правовые основы достаточно прочны для поддержки инновационной политики.

Оценка Беларуси по компоненту I «Управление инновациями» является самой высокой в регионе и тем не менее не дотягивает до максимальной. В качестве областей, где улучшения необходимы

и возможны, обзор называет как общеизвестные болевые точки отечественной (и не только) национальной инновационной системы (недостаточное использование инструментов инновационной политики для поддержки инноваций в бизнес-секторе, ограниченное сотрудничество между наукой и промышленностью и коммерциализация результатов НИОКР, низкий уровень интеграции отечественных предприятий в глобальные производственно-сбытовые цепочки), так и ряд областей, внимания к которым в стране пока что меньше (например, способность органов управления разрабатывать, формулировать и реализовывать инициативы в сфере инновационной политики, растущий отток высококвалифицированных кадров) или они вообще не относятся к проблемным (недостаточная координация инновационной политики между республиканскими и региональными органами власти).

Инструменты инновационной политики

СРОИП показал, что в контексте целей ГПИР Беларусь продемонстрировала относительно хорошие результаты по подкомпонентам «Научные исследования и образование» и «Продвижение инноваций». В то же время существует потенциал для совершенствования в части подкомпонентов «Отношения и взаимосвязи», «Освоение знаний» и «Распространение знаний». Отмечена очевидность усилий государственной политики по стимулированию спроса и предложения в области инноваций, однако многие из них не реализованы пока в полном масштабе. Поддержаны рост сектора ИКТ, появление новых технологий, расширение инновационной инфраструктуры, реформы высшего образования и развитие частного сектора. Несмотря на это, ограниченный доступ бизнеса на ранних стадиях к финансированию, недостаток предпринимательского опыта и слабые связи «наука – производство» являются главными препятствиями для коммерциализации результатов НИОКР и инноваций в стране. Инструменты инновационной политики зачастую недостаточно четко ориентированы на решение указанных проблем и порой несовместимы с целью снижения риска инноваций. В то время как для создания экономики, основанной на знаниях, необходимы меры, ориентированные на создание устойчивой системы, которая позволяет и поощряет проведение экспериментов. И это, как полагают авторы СРОИП, должно проходить в условиях строгой и, возможно, более жесткой фискальной политики в течение следующего десятилетия.

В целом, компонент II «Инструменты инновационной политики» оценен ниже, чем компонент I «Управление инновациями». Это означает, что существующие механизмы и способы реализации инновационной политики пока что не в полной мере используют те, в общем-то, неплохие условия для инновационной деятельности, которые созданы в Беларуси. А наши стратегии, программы и планы – лучше, чем способы их реализации. При этом нельзя забывать об относительности оценок: ни одна из стран не получила высший балл ни по одному из подкомпонентов. Так что работать нужно всем: одним целесообразно уделить первоочередное внимание совершенствованию законодательства и институциональных условий (Азербайджан, Армения, Молдова, Украина), другим – сосредоточиться на разработке инновационной стратегии (Азербайджан, Армения). Беларуси же СРОИП рекомендует, среди прочего, провести комплексную оценку существующих налоговых льгот с количественной оценкой экономических последствий каждой из них, а также обратить внимание на растущий спрос на технические и бизнес-услуги и необходимость развития передовой практики организации и управления частным сектором. Эти меры призваны улучшить освоение знаний.

С целью укрепления взаимосвязей в рамках национальной инновационной системы обзор предлагает:

- *расширить существующую практику сотрудничества между наукой и промышленностью путем разработки новых эффективных механизмов взаимодействия (аспирантура на базе производства, академические отпуска, финансируемые промышленностью отраслевые лаборатории и др.);*
- *внедрить финансовый инструмент, способствующий снижению рисков, связанных с инновациями, и стимулирующий эксперименты (венчурные фонды);*
- *упростить существующие схемы инновационных ваучеров и грантов с целью повышения их привлекательности для потенциальных заявителей;*
- *разработать специальную программу сотрудничества с белорусской научной диаспорой для использования ее международного опыта и т.д.*

В качестве мер по содействию распространению знаний, а именно этот подкомпонент в составе компонента II получил наименьшую оценку, рекомендуется:

- *стимулировать спрос на инновации через госзакупки (например, рассмотреть вопрос о принятии предкоммерческого подхода к закупкам*

для разработки инновационных решений в соответствии с потребностями государственного сектора), а также внести изменения в действующее законодательство о госзакупках с тем, чтобы выбор исполнителей НИОКТР, финансируемых полностью или частично за счет бюджета, осуществлялся на основании результатов государственной научной и научно-технической экспертизы;

- ускорить технологическую модернизацию производственных процессов МСП путем интеграции соответствующей помощи в области промышленных технологий в портфель услуг научно-технических парков;
- рассмотреть возможность увеличения подготовки специалистов в сфере информационных технологий с целью создания условий для цифровизации экономики (специализированное учебное заведение в области ИТ; образовательные программы по информационным технологиям и цифровой трансформации для менеджеров).

Наряду с весьма конкретными рекомендациями есть и более широкие. Так, существующее в Беларуси разделение государственных программ поддержки науки и инноваций на программы финансирования научных исследований, НИОКТР и инновационной деятельности, по мнению авторов обзора, скрывает риски неэффективности и способствует усилению фрагментации. Беларуси предлагается рассмотреть вопрос об объединении целей развития науки, технологий и инноваций.

Процесс разработки инновационной политики

СРОИП не предполагает сравнения процессов разработки инновационной политики в целевых странах. Тем не менее сопоставление выводов и рекомендаций, сделанных по Беларуси и по региону, позволяет выделить ряд достижений республики в отношении законодательного, методологического и организационного обеспечения инновационного развития.

На стадии подготовки положительно оценены усилия страны по использованию технологического форсайта и внедрению в процесс разработки нормативных правовых актов оценки регулирующего воздействия (ОРВ). Лидером по ОРВ в регионе названа Армения. Для придания этим усилиям системного характера СРОИП рекомендует рассмотреть вопрос об интеграции технологического предвидения в процесс разработки политики и создании полномасштабного национального центра прогнозирования.

Предполагается, что он должен удовлетворять потребности не только отраслевых министерств, но и крупных компаний. Кроме того, с учетом международного опыта рекомендуется утвердить план и график по реализации ОРВ с тем, чтобы обеспечить систематическое использование фактических данных при подготовке новых законов и инициатив. Одновременно предлагается внедрить устойчивые и необременительные руководящие принципы для ОРВ и определить ее применение на конкретных этапах разработки инновационной политики.

По мнению авторов обзора, поддержка инноваций в Беларуси на высоком уровне обеспечивает благоприятные условия для генерации и согласования инициатив, и в частности ГНТП. Вместе с тем указывается на ограниченное участие в разработке ГНТП и инновационной политики частного сектора и предлагается выработать согласованный подход к консультациям с бизнесом и общественностью в рамках более широкого процесса принятия решений. Государственно-частные консультации на стадии формирования политики являются характерной приметой времени, в регионе же СРОИП отмечает положительный опыт Молдовы.

На этапе реализации ГНТП характеризуются как стабильно работающий, хорошо структурированный инструмент, который использует прозрачный процесс отбора заявок и подробные, доступные инструкции. Положительно отмечены концентрация ресурсов программ в приоритетных областях научно-технологического развития, общая тенденция снижения государственных средств в финансировании ГНТП и рост доли внебюджета, а также наличие у бенефициаров возможности свободно приобретать товары и услуги на рынке. Одновременно указано на недостатки: мониторинг ГНТП излишне фокусируется на контроле за ходом работ в рамках заданий и ответственности исполнителей в случае невыполнения целевых показателей, участие частных компаний в качестве исполнителей заданий является редким, возможности международного сотрудничества при реализации ГНТП и продвижении ее результатов задействованы не в полной мере.

Анализ процессов, имеющих место на стадии подведения итогов ГНТП, выявил ряд способов оценки хода выполнения отдельных заданий и программ в целом (ежегодно и по завершении программного цикла), которые используют госзаказчики, ГКНТ и ряд контролирующих ведомств. Результаты анализа и оценки обсуждаются и доводятся до сведения руководства республики, заинтересованных органов управления, исполнителей и общественности. Все

это хорошо отлаженные, регулярные процессы. Вместе с тем, как полагают авторы СРОИП, отсутствует внешняя оценка результатов программ и их воздействия на состояние соответствующих отраслей, экономики в целом либо социальной сферы. Делается вывод о необходимости более тесной увязки мониторинга и оценки с разработкой политики.

Итоговый отчет СРОИП на английском языке доступен по адресу: http://www.scienceportal.org.by/upload/2020/Dec/IPO_2020_FULL.pdf. Он адресован органам управления, отвечающим за развитие инноваций и связанных областей, а также исследователям и международным организациям, работающим в регионе. Карманная версия обзора на русском языке дает общее представление о целях, содержании и основных выводах обзора.

Внимание, которое уделено в отчете пробелам в сфере ОРВ наводит на мысль, что оказание содействия в изучении и внедрении лучших зарубежных практик в этой области могло бы стать новым направлением работы ЕЭК ООН в регионе. СРОИП подтвердил, что Беларуси важно продолжать реформы в таких областях, как создание венчурных фондов для финансирования инновационных проектов, упрочение связей между наукой и промышленностью, создание национальной системы технологического прогнозирования, использование госзакупок для стимулирования инновационной деятельности, вовлечение бизнеса и общественности в процесс разработки, реализации и оценки инновационной политики и т.д., тем самым на годы вперед обозначив направления ее совершенствования, в том числе при поддержке международных доноров. ■

Пути совершенствования правового регулирования индивидуального предпринимательства в Республике Беларусь



Михаил Попков,
соискатель степени к.э.н.,
Белорусский государственный
экономический университет;
popkov@inbox.ru

Часть 1

Аннотация. В статье рассказывается о правовом регулировании индивидуального предпринимательства (ИП) в Республике Беларусь и за рубежом, существующих отличиях законодательства и возможных направлениях его совершенствования. Рассматриваются вопросы налогообложения индивидуальных предпринимателей, методы оценки их доходов, а также пути повышения их участия в формировании ВВП и целесообразные для этого законодательные изменения.

Ключевые слова: малый и средний бизнес, индивидуальное предпринимательство, нормативное правовое регулирование, критерии определения индивидуального предпринимательства, государственная регистрация, налогообложение малого бизнеса, вклад в ВВП.

Для цитирования: Попков М. Пути совершенствования правового регулирования индивидуального предпринимательства в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2021. №4. С 43–47.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-4-43-47>

Во второй половине прошлого века в экономической науке наблюдался процесс консолидации исследований предпринимательства как самостоятельной дисциплины, занимающей свое место на пересечении менеджмента, социологии, демографии и других наук. Публикации в большинстве случаев были посвящены юридическим лицам. Вопрос вклада в экономику индивидуального предпринимательства трактовался лишь описательно, а теоретические аспекты проблемы редко иссле-

довалась сколько-нибудь детально. Они считались настолько простыми и очевидными, что при обсуждениях вопросов развития малого и среднего бизнеса упоминались лишь упоминания.

По критериям, установленным Законом Республики Беларусь №148-З от 01.07.2010 г. «О поддержке малого и среднего предпринимательства», к его субъектам относятся:

- *индивидуальные предприниматели;*
- *микроорганизации – коммерческие организации со средней численностью работников за календарный год до 15 человек включительно;*
- *малые организации – коммерческие организации со средней численностью работников за календарный год от 16 до 100 человек включительно;*
- *субъекты среднего предпринимательства – коммерческие организации со средней численностью работников за календарный год от 101 до 250 человек включительно.*

Первоисточниками информации о показателях развития индивидуального предпринимательства в Республике Беларусь являются Национальный статистический комитет, Министерство по налогам и сборам и Министерство юстиции. Указанные госорганы представляют статистический сборник «Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь» с такими сведениями как количество ИП и нанятых ими работников, их удельный вес в ВВП, выручка, объем розничного товарооборота, количество принадлежащих ИП магазинов и их торговая площадь и т.д.; а также данные о количестве ИП, зарегистрированных в налоговых органах, и налоговых поступлениях в бюджет; об осуществляющих хозяйственную деятельность и общем числе зарегистрированных ИП.

Отдельные показатели, характеризующие развитие ИП в нашей стране по итогам 2019 г., таковы:

- *удельный вес в ВВП – 4,5%, в сравнении с 2,6% в 2011 г.,*
- *численность – 257 тыс. чел., против 219,3 тыс. чел., привлекаемый наемный персонал – 69,6 тыс. чел., в сравнении с 16,8 тыс. чел. по итогам 2011 г. соответственно,*
- *удельный вес налоговых поступлений от хозяйственной деятельности в общереспубликанском объеме 2,2%, против 2,3% по итогам 2011 г.*

Индивидуальные предприниматели обеспечивают порядка 3% выручки от реализации от общего объема в целом по народному хозяйству, около 7% от занятого населения и более 70% от субъектов хозяйствования [2].

В Республике Беларусь проблемы функционирования ИП регулярно оказываются в фокусе все-

общего внимания во многом из-за недовольства предпринимателей изменениями государственного регулирования их деятельности: в 2000 и 2005 гг. вопросы вызвали учет и уплата НДС, в 2002 г. – ведение учета выручки при помощи кассовых аппаратов на рынках и в торговых центрах, 2006 г. – обязательная маркировка товаров легкой промышленности, а также ограничение для ИП найма работников тремя близкими родственниками (последнее отменено в 2014 г.), 2007 г. – лицензирование торговли спиртосодержащей парфюмерией, 2015 г. – сертификация товаров легкой промышленности (обувь и одежда) и т.д. [3].

Сегодня наиболее актуальны проблемы предоставления обязательного комплекта документов (накладные и электронные счет-фактуры) приобретенных за рубежом товаров и сертификация (маркировка) товаров легкой промышленности на предмет безопасности для потребителей.

Перечисленное свидетельствует об имеющихся недостатках законодательного регулирования хозяйственной деятельности ИП в Республике Беларусь в сравнении с зарубежными странами с рыночной экономикой, что делает целесообразным рассмотрение их различий и выявление незадействованных резервов оптимизации участия ИП в экономике.

Индивидуальное предпринимательство – наиболее распространенная форма организации малого бизнеса, определяющим фактором которого является стремление конкретного человека улучшить собственное финансовое положение. ИП сами создают свои рабочие места и выступают владельцами капитала. Содержание их деятельности состоит в реализации товаров и услуг, а цель – в получении прибыли. При этом, в отличие от собственников юридических лиц, часто делегирующих управление наемным менеджерам, индивидуальные предприниматели в большинстве случаев сами заняты разными видами труда, включая тяжелый и малоквалифицированный.

Одной из важнейших функций ИП является формирование кадрового потенциала (своего рода «подпочвы») для более крупного бизнеса. Последний, по мнению видного теоретика предпринимательства Д. Штайнхоффа, начинается с малого, который, в свою очередь начинается с предпринимателя [1]. Такое же мнение было опубликовано в 2005 г. в журнале *Economic Review* в статье «Движение фирмы от традиционной формы к корпорированной» [4].

Малые предприятия, как правило, формируются в некапиталоемких отраслях с высокой оборачиваемостью.

мостью капитала. При этом использование наемного труда свидетельствует о переходе на более высокую ступень развития: появляется разделение функций между собственником-предпринимателем и наемным персоналом [5].

В разделе инициативы Европейской комиссии «Small Business Act for Europe» индивидуальные предприниматели характеризуются как одна из основ функционирования экономического механизма [6].

В «старых» странах ЕС предпринимательская деятельность без образования юридического лица обеспечивает работой каждого восьмого жителя [7]. В Великобритании ИП составляют 12,8% от общего числа занятых [8] и наблюдается увеличение их количества, отчасти в результате заинтересованности правительства в развитии этого направления [9]. В США они создают большое число новых рабочих мест и трудоустраивают значимую часть работоспособного населения [10].

В нашей стране сложность в формировании полноценной нормативной базы предпринимательской деятельности состоит в том, что после многолетнего господства плановой экономики практический опыт предпринимательства был во многом утрачен, и вопросы этой сферы надолго изъяты из предмета регулирования гражданского права.

Возможность полноценной реализации предпринимательских способностей, потенциала и инициативы физических лиц открылась со вступлением в силу постановления Совета министров Республики Беларусь от 16.10.1991 г. №386 «О порядке государственной регистрации предпринимателей, осуществляющих свою деятельность без образования юридического лица».

Согласно законодательству ИП является формой ведения бизнеса физическим лицом без создания юридического. Индивидуальные предприниматели не могут осуществлять оптовую и розничную торговлю нефтепродуктами, адвокатскую, банковскую, лотерейную, образовательную, страховую, нотариальную деятельность и др.

На ИП, привлекающего наемных работников, возложена обязанность по ведению персонифицированного учета, при этом отсутствуют требования по статистическому учету и предоставлению отчетности.

Налогообложение ИП может осуществляться в общем порядке или упрощенном, с уплатой единого налога (фиксированного ежемесячного платежа по определенным видам деятельности, с установленной градацией по месторасположению ведения

бизнеса) или подоходного в размере 15% (с установлением дополнительных доплат при превышении определенного объема выручки).

К иным обязательным платежам ИП относят взносы в Фонд социальной защиты населения (в размере 36% от определяемого дохода и 35% от фонда оплаты труда) и Государственный фонд содействия занятости (1% от фонда заработной платы).

Проблемы изучения индивидуального предпринимательства и сопоставления с международным опытом во многом обусловлены различиями в идентификации рассматриваемого субъекта хозяйствования, его места в гражданском праве. Достаточно распространенная классификация организационных типов бизнеса представляет собой выделение трех основных форм хозяйствования: единоличные владения, партнерства и корпорации [11]. Ответ на вопрос о том, какой форме собственности, принятой за рубежом, соответствует ИП в Республике Беларусь, закладывает основу для последующего анализа. При этом дословного перевода индивидуального предпринимательства на английский язык как «individual proprietorship» для решения этой задачи недостаточно, так как данный термин в таком виде не используется за рубежом.

ИП в Республике Беларусь по своим характерным признакам аналогично понятию единоличного владения (англ. – sole proprietorship). Представим классификацию организационно-правовых форм хозяйствования в аспекте степени концентрации собственности (таблица).

Разновидностью единоличного владения в Беларуси также являются и частные унитарные предприятия [12], которые представляют собой «форму ведения бизнеса, существующую исключительно в России и некоторых странах бывшего СССР» [13].

За рубежом	В Республике Беларусь	
единоличные владения	индивидуальные предприниматели	
	негосударственные унитарные предприятия	
партнерства	общества с ответственностью	ограниченной
		дополнительной
	товарищества (партнерства)	полные
		коммандитные
корпорации	акционерные общества	открытые
		закрытые

Таблица. Сопоставление организационных форм хозяйствования в Республике Беларусь и за рубежом
Собственная разработка

Рассмотрим различия трактовок и переводов рассматриваемого понятия в интерпретации отечественных и зарубежных ученых:

- «единоличное владение – старейшая форма организации бизнеса, предусматривающая наличие единственного владельца, который несет неограниченную ответственность за все долги фирмы» [14],
- «индивидуальное предприятие представляет собой неинкорпорированную предпринимательскую компанию, находящуюся в собственности одного физического лица» [15],
- «индивидуальный предприниматель в США (англ. – sole proprietor) – физическое лицо, получающее доходы от занятий бизнесом в качестве основного или дополнительного источника» [16];
- «индивидуальное предприятие (единоличная собственность) – одна из основных форм бизнеса, при которой собственником и предпринимателем является одно и то же лицо, несущее полную ответственность по обязательствам фирмы» [17].

Термин «sole proprietorship» также часто трактуется как «индивидуальное предпринимательство» в англо-русских словарных изданиях [18], и выражение «индивидуальный предприниматель» широко употребляется при характеристике организационно-правовых форм за рубежом российскими учеными-правоведами [19].

Английский ученый А. Хоскинг дал следующее определение: «Индивидуальным предпринимателем является лицо, которое ведет дело за свой счет, лично занимается управлением бизнесом и несет личную ответственность за обеспечение необходимыми средствами, самостоятельно принимает решения. Его вознаграждением является полученная в результате деятельности прибыль и чувство удовлетворения, которое он испытывает от занятия свободным предпринимательством. Но наряду с этим он должен принять на себя весь риск в случае банкротства его предприятия» [20].

Авторы отмечают, что «индивидуальное предпринимательство не обязательно предусматривает одно лицо. Во всех перечисленных случаях может применяться труд нескольких людей, но если коммерческое предприятие является собственностью только одного лица, то это индивидуальный предприниматель» [21].

В мировой практике, как и в Республике Беларусь правовой статус ИП определяется главным образом как «предпринимательская деятельность физического лица, без образования для этих целей юридического лица».

В ЕС предприятием считается любой участвующий в экономической деятельности субъект экономики, независимо от его юридической формы, в том числе ИП [22]. В статистике он соответствует определению микроорганизации, используемому Евростатом (включается в их число) [23].

Законодательство, регулирующее вопросы индивидуального предпринимательства разных стран, как правило не предполагает отдельного комплексного нормативного правового акта в этой сфере и ограничивается общими нормами гражданского законодательства и корпоративного права (в США, Великобритании, Австрии, Бельгии). В Беларуси, Венгрии, Казахстане, Армении были приняты специальные законы.

Принципиальное отличие ИП от юридического лица состоит в степени ответственности по обязательствам, возникшим в результате осуществления предпринимательской деятельности – он несет ее всем своим личным имуществом как у нас в стране, так и в Великобритании, Германии, Италии, Канаде, США, Японии, Франции, Дании, Норвегии, Швеции, Новой Зеландии, Польше, Болгарии, Китае [24].

Наименование индивидуального предпринимателя, в отличие от юридических лиц, в правовом аспекте имеет отдельное значение: оно должно быть уникальным и содержать его фамилию, имя и отчество. Отечественное законодательство в этом вопросе схоже с нормами Болгарии.

Осуществление хозяйственной деятельности под своим именем упраздняет необходимость регистрации в США и Канаде [25]. В случаях, когда к имени добавляются дополнительные наименования, либо регистрируется иное, в США используется аббревиатура «d.b.a.» (действующий под именем).

В Германии к названию должны добавляться сокращения «e.K.» (зарегистрированный коммерсант), «e.Kfr.» (для лиц женского пола).

В Великобритании требования по регистрации также не предъявляются, если деятельность осуществляется под собственным именем. В противном случае обязательной является регистрация в Бюро наименований коммерческих предприятий [20].

В Австрии единоличный владелец (нем. – einzelunternehmen) может использовать «деловое название», отличное от его имени, с обязательным указанием на юридическую форму бизнеса, добавляя аббревиатуру «e.U.» – зарегистрированный предприниматель (нем. – «eingetragener Unternehmer») [26].

В Бельгии единоличный владелец вправе вести бизнес как под собственным именем, так и под «деловым названием» [26].

В Словении единоличный торговец, в случае осуществления деятельности не под своим именем, должен добавлять аббревиатуру «sp» (словенск. – samostojni podjetnik). При этом, в отличие от других стран, предоставляется возможность использования полного названия бизнеса для коммерческой деятельности наследниками после смерти владельца. Соответственно принимаются и все обязательства по бизнесу [26].

В Великобритании единоличные торговцы не могут использовать в «деловых названиях» слова и выражения, которые создают впечатление о том, что бизнес связан с центральными или местными органами власти, например «королевский», «страхование», «строительный кооператив» [27].

Португалия – одна из немногих стран, где формулировка «единоличный торговец» (португ. – empresdrio em nome individual) несет как смысловую нагрузку, так и юридические последствия и ограничивает сферу ведения бизнеса именно торговыми операциями [26].

А вот во Франции введена обязанность страхования профессионального риска, связанного с осуществлением такой деятельности [27].

В силу того, что индивидуальные предприниматели являются коммерческими агентами, за рубежом (в Бельгии, Германии, Австрии) предусмотрен запрет на обращение их к законодательству о защите прав потребителей. Также для них не установлены требования по минимальному капиталу и раскрытию финансовой информации, что не освобождает от ведения отчетности для целей налогообложения.

Количество работников, которые могут быть наняты ИП, за рубежом ограничивается главным образом косвенными методами. Так, в Словении платежи на социальные нужды государства (в пенсионный фонд, фонд медицинского страхования, на оплату больничных листов и отпусков по беременности) предприниматели обязаны уплачивать в размере 38% от своих доходов, кроме того, физические лица, выплачивающие заработную плату своим наемным работникам, отчисляют взнос на содержание безработных в размере до 15% от величины брутто-месячной зарплаты (по прогрессивной шкале) [28].

Узбекистан и Румыния – одни из немногих стран-исключений, где ИП осуществляется самостоятельно, без права найма работников [29].

В Великобритании величина взносов по социальному страхованию для единоличных торговцев зависит от объема получаемой ими прибыли, в соответствии с установленной правительством шкалой [30].

Вопросы налогообложения ИП и методы оценки их дохода, а также пути повышения участия индивидуальных предпринимателей в формировании ВВП и назревшие изменения в законодательство будут рассмотрены во второй части статьи. ■

■ **Summary.** The article describes the legal regulation of individual entrepreneurship in the Republic of Belarus and other countries. Differences in the legislation and opportunities for its improvement. The social and economic significance of individual entrepreneurship. The issues of taxation of individual businesses and methods of assessing their income are considered. Increasing the participation of individual entrepreneurs in the formation of GDP and possible legislative changes.

■ **Keywords:** small and medium-sized businesses, individual entrepreneurship, regulatory legal regulation, criteria for the identification of individual entrepreneurship, state registration, taxation of small businesses, contribution to GDP.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-4-43-47>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Штайнхофф Д. Основы управления малым бизнесом. – М., 1997.
2. Малое и среднее предпринимательство в Республике Беларусь. Стат. сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. 2020 г.
3. Іпэўшнікі vs гасударства: історыя 15-летней борьбы // <http://finance.tut.by/news437700.html>.
4. Shifting Business from traditional form to Corporate // *Economic Review*. 2005. №11. PP. 16–18.
5. Пастушенко А. Малое предпринимательство как субъект экономических отношений // *Человек и труд*. 2006. №8. С. 76.
6. https://ec.europa.eu/growth/smes_en.
7. Амоша А.И. Рецензия на книгу Л.Я. Дятченко, В.И. Ляшенко, К.В. Павлова «Малое предпринимательство в странах СНГ» // *Економічний вісник Донбасу*. 2008. №1(11). С. 173.
8. Экономические преобразования в Чешской республике // *Экон. и упр. в зарубеж. странах* / ВИНТИ РАН. 2008. №5. С. 16, 19.
9. Бэрдшоу Дж. Эканоміка. Ч. 1: Уводзіны. Мікраэканоміка. – Минск, 1996.
10. Поддержка малого бизнеса как фактор активизации предпринимательской деятельности в регионах. Современные финансовые и иные механизмы: спр.-аналит. материал / Г.П. Бадей, Т.П. Быкова, Н.К. Наумович, Свен-Олаф Невиак, Ж.К. Тарасевич, С.П. Шершнева. – Минск, 2010.
11. Басаргин О.А., Ермолаева М.Г., Коляго В.С. и др. Микроэкономика. – М., 2001.
12. Алейников А.Н. Предпринимательская деятельность. – М., 2003.
13. Unitary enterprise // http://en.wikipedia.org/wiki/Unitary_enterprise.
14. Ван Хорн Дж. Основы финансового менеджмента – М., 2007.
15. Судакова Н.А. Американские индивидуальные предприятия: современное состояние и организация // *США, Канада. Экономика, политика, культура*. 2008. №5. С. 93–113.
16. Супян В.Б. Экономика США. – СПб., 2003.
17. Рубе В.А. Малый бизнес. История, теория, практика. – М., 2000.
18. Мамуля А.С. Англо-русский полный юридический словарь. Первое издание. – М., 1993.

Полный список использованных источников размещен

SEE <http://innosfera.by/2021/03/entrepreneurship>

Статья поступила в редакцию 22.10.2020

Продолжение в следующем номере

Система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь



Юрий Нечепуренко,
начальник научно-инновационного отдела
НИИ физико-химических
проблем БГУ, кандидат
химических наук

УДК 338.2

ИС и МСП:

Предложите свои идеи рынку



Аннотация. В рамках реализации государственной политики в сфере интеллектуальной собственности разработана и описана система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь. Она позволила подведомственным университетам и научным организациям выдвигаться в число лидеров в нашей стране в части создания изобретений, полезных моделей и секретов производства (ноу-хау) и может быть рекомендована для других органов государственного управления.

Ключевые слова:

интеллектуальная собственность, система управления, правовая охрана, объекты промышленной собственности, коммерциализация, Министерство образования, Республика Беларусь.

Для цитирования: Нечепуренко

Ю. Система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь // Наука и инновации. 2021. №4. С. 48–53. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-4-48-53>

Государственная политика в сфере управления интеллектуальной собственностью (ИС) должна быть направлена в ближайшие годы на повышение конкурентоспособности продукции отечественных предприятий и национальной экономики в целом. Расширение объемов и географии экспорта наукоемких высокотехнологичных товаров белорусских производителей возможно только на основе их надежной правовой охраны на всех потенциальных рынках. Первым шагом в решении этой задачи должна быть разработка подходов к созданию эффективной системы управления ИС на государственном и корпоративном уровнях, основные цели и задачи которых описаны в работах [1, 2].

Несмотря на предпринимаемые усилия, в настоящее время в Республике Беларусь в большинстве госорганов такую систему на отраслевом подуровне (по видам деятельности) сформировать не удалось. Выполненный анализ показал, что эти службы не обеспечивают решение возложенных на них задач. В штатном расписании соответствующих отделов министерств, государственных комитетов и концернов отсутствуют специалисты данного профиля. Как правило, функциональные обязанности по управлению ИС дополнительно возложены на одного из работников. Наиболее развитая система управления ИС существует только в Министерстве образования Республики Беларусь. Она создавалась на протяжении последних 15 лет и может быть рекомендована для других отраслевых структур, поэтому рассмотрим ее более подробно (рисунок).

Министерство образования Республики Беларусь на пря-

мую взаимодействует по вопросам интеллектуальной собственности с Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ), отвечающим за выработку и реализацию государственной политики в сфере ИС, и его подведомственным учреждением – Национальным центром интеллектуальной собственности (НЦИС), а также, по мере необходимости, с другими республиканскими органами государственного управления.

Функции управления ИС в министерстве возложены на управление науки и инновационной деятельности, которое, с одной стороны, организует и координирует работу Экспертного совета (организован согласно приказу от 12.11.2018 №789) по вопросам, связанным с приобретением имущественных прав на результаты научно-технической деятельности (НТД), созданные по договорам на выполнение НИОКР, государственным заказчиком которых является Министерство образования Республики Беларусь, и распоряжением этими правами, а с другой – формирует отраслевую нормативную правовую базу в области ИС. В частности, в 2009–2011 гг. были разработаны и утверждены пять методических рекомендаций в сфере ИС, а в 2019 г. в рамках отраслевой тематики НИР разработаны и утверждены Методические рекомендации по управлению объектами интеллектуальной собственности в университетах и научных организациях Министерства образования, которые рекомендованы для практического использования во всех подведомственных организациях [3]. Под эгидой управления науки и инновационной деятельно-

сти функционируют три центра: 1) центр по оценке стоимости прав на объекты интеллектуальной собственности, 2) консультативно-информационный центр и 3) Межвузовский центр маркетинга научно-исследовательских разработок (МЦМ НИР).

Центр по оценке стоимости прав на объекты интеллектуальной собственности создан на базе отдела организации и сопровождения инновационной деятельности Главного управления науки Белорусского государственного университета (ГУН БГУ), в котором работают два независимых оценщика объектов ИС, аттестованных в Национальном центре интеллектуальной собственности. Они выполняют внутреннюю оценку объектов ИС для структурных подразделений БГУ, а также на договорной основе – заказы от предприятий и организаций. Первоначально такой центр функционировал в научно-инновационном отделе Научно-исследовательского института физико-химических проблем БГУ (НИИ ФХП БГУ), однако после внесения в 2010 г. изменений в Указ Президента Республики Беларусь от 13.10.2006 г. №615 «Об оценочной деятельности в Республике Беларусь» [4] эта группа оценщиков по согласованию с Министерством образования была переведена в ГУН БГУ. Следует отметить, что центр выполнил за последние годы ряд оценок (принятие к учету стоимости прав на объекты промышленной собственности (ОПС) и на результаты НТД, оценка стоимости лицензий о предоставлении права использования ОПС, оценка стоимости прав на объекты ИС при внесении в качестве не денежного вклада в уставный фонд совместного предприятия) как для университетов и научных

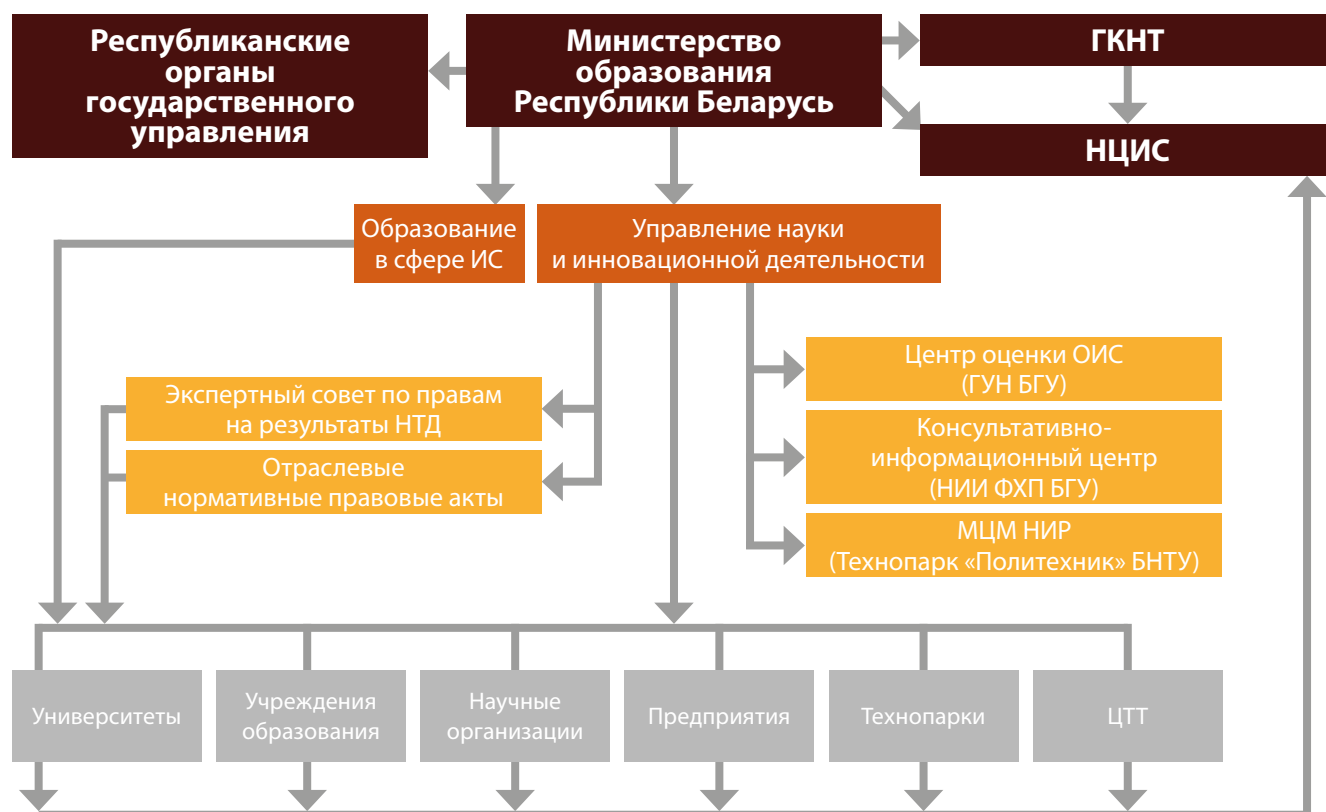


Рисунок. Система управления интеллектуальной собственностью в Министерстве образования Республики Беларусь

организаций министерства (НИИ ФХП БГУ, Брестский государственный технический университет и др.), так и для крупных предприятий Министерства промышленности (ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК» и др.).

Консультативно-информационный центр по вопросам управления ИС функционирует на базе научно-инновационного отдела НИИ ФХП БГУ и является неформальным структурным подразделением. К его основным видам деятельности относятся:

- проведение на постоянной основе мониторинга правовой охраны и коммерциализации в Республике Беларусь и за рубежом ОПС, разработанных в подведомственных организациях;

- создание и ведение реестра охраняемых документов на ОПС, полученных организациями Министерства образования в 1992–2020 гг.;
- оказание информационной, консультативной и методической поддержки научнотехнической и инновационной сферы министерства на портале НИИ ФХП БГУ (<http://www.fhrp.bsu.by>) в разделе «Интеллектуальная собственность»;
- проведение научно-практических семинаров для работников подведомственных университетов, научных организаций, предприятий, технопарков по различным вопросам управления ИС (состоялось более 20 семинаров);
- консультативная и методическая помощь по вопросам патентно-лицензионной дея-

тельности (заключение лицензионных договоров о предоставлении права использования ОПС и т.п.);

- выполнение научно-исследовательских работ в сфере ИС по заданиям, направленным на обеспечение деятельности Министерства образования.

Межвузовский центр маркетинга научно-исследовательских разработок функционирует в составе Научно-технологического парка БНТУ «Политехник». Его основной целью является создание постоянно действующей системы сбора и обработки маркетинговой информации в области научно-исследовательских разработок для использования в организациях Министерства образования при планировании коммерциализации результатов НТД на рынке научно-технической продукции.

Важным элементом системы управления ИС в министерстве является развитие образования в данной сфере. Оно обеспечивает: 1) подготовку специалистов в рамках дисциплины «Основы управления интеллектуальной собственностью», которая преподается в большинстве университетов технического и естественно-научного профиля; 2) подготовку узких специалистов, например по специализации «Управление интеллектуальной собственностью», для экономических специальностей на базе кафедры экономики промышленных предприятий Белорусского государственного экономического университета; 3) подготовку магистров на второй ступени высшего образования; 4) повышение квалификации в сфере ИС на базе Республиканского института высшей школы, Института бизнеса БГУ, БНТУ и др.; 5) переподготовку специалистов на базе высшего образования с выдачей диплома государственного образца (БНТУ); 6) подготовку кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук) по юридическим и экономическим специальностям.

Значительное внимание было уделено созданию в университетах и научных организациях естественно-технического профиля министерства эффективной организационной структуры управления интеллектуальной собственностью, роль которой выполняют патентные службы, центры трансфера технологий, научно-инновационные отделы, научно-технологические парки и др. В этих подразделениях работают более 20 штатных специалистов: патентоведы, независимые оценщики ОИС, менеджеры-экономисты по управлению ИС и др. Кроме того, дополнительно

привлекаются по мере необходимости юристы, прошедшие повышение квалификации в сфере ИС, и работники экономических служб.

Сформированная в Министерстве образования Республики Беларусь комплексная система управления интеллектуальной

собственностью на отраслевом и корпоративном уровнях показала свою эффективность. Прежде всего это касается создаваемых объектов промышленной собственности (таблица). Подведомственные университеты и научные организации выдвинулись в число лидеров в нашей

Год	Количество полученных охранных документов на объекты права промышленной собственности и зарегистрированных лицензионных договоров									
	в Республике Беларусь					за рубежом				Количество договоров
	И	ПМ	ПО	ТИМ	ТЗ	И			ПМ СНГ	
	ЕА	РФ	ДЗ							
1993	–	–	–	–	3	–	45	–	–	–
1994	13	–	–	–	–	–	211	–	–	2
1995	21	–	–	–	1	–	99	–	–	1
1996	51	–	–	–	4	–	47	–	–	–
1997	41	–	–	–	2	–	38	–	–	1
1998	110	–	–	–	1	–	11	–	1	3
1999	93	8	–	–	3	–	5	1	–	1
2000	94	15	2	–	4	–	6	–	–	1
2001	79	21	–	–	1	–	6	–	–	1
2002	131	59	2	–	2	–	4	2	1	2
2003	218	88	2	–	4	–	2	3	7	3
2004	210	108	2	–	4	–	6	1	4	2
2005	249	135	3	–	6	2	9	–	1	3
2006	284	144	1	–	5	–	11	1	3	1
2007	295	111	–	–	2	–	6	–	3	3
2008	268	144	–	–	2	1	8	3	1	6
2009	271	188	–	4	2	–	1	–	1	6
2010	244	184	–	2	3	1	9	2	–	2
2011	316	168	2	–	8	–	6	–	–	6
2012	375	225	2	1	8	–	9	–	2	3
2013	236	262	4	–	3	–	13	–	–	10
2014	209	129	1	1	13	2	12	–	2	3
2015	187	54	3	–	–	1	5	–	–	1
2016	194	43	–	–	1	5	4	–	1	–
2017	171	21	1	–	3	51	6	–	1	–
2018	135	35	–	–	1	29	2	–	–	3
2019	41	28	–	–	–	40	1	–	1	2
2020	63	39	–	–	2	24	1	3	–	2
Итого	4599	2209	25	8	88	156	583	16	28	68

Таблица. Сводные данные по охране ОПС в Министерстве образования Республики Беларусь

И – изобретение, ПМ – полезная модель, ПО – промышленный образец, ТИМ – топология интегральной микросхемы, ТЗ – товарный знак, РФ – Российская Федерация, ЕА – евразийский патент, ДЗ – далее зарубежье

стране в части создания изобретений (2-е место среди всех республиканских органов госуправления с показателем 19,7% всех национальных патентов на изобретения), полезных моделей (1-е место, или 17,7% всех национальных патентов на полезные модели) и секретов производства (ноу-хау). В первой десятке отечественных организаций, получивших по национальной процедуре наибольшее количество патентов на изобретения в 1994–2020 гг., находятся 4 организации Министерства образования, а Белорусский национальный технический университет и Белорусский государственный технологический университет уверенно занимают первые два места – 1067 и 902 патента соответственно.

Что же касается зарубежного патентования, университеты и научные организации Министерства образования получили 755 патентов на изобретения в странах дальнего зарубежья и СНГ (таблица), что является самым высоким показателем среди всех органов госуправления.

Созданные в организациях министерства объекты промышленной собственности активно вводятся в гражданский оборот как на территории Беларуси, так и за рубежом. Их коммерциализация осуществляется тремя основными способами: 1) совместным патентованием с предприятиями и последующим использованием ОПС на их площадях; 2) введением в гражданский оборот ОПС в собственном производстве университетов, научных организаций и предприятий; 3) путем предоставления права использования ОПС по лицензионным договорам. Ниже приведены некоторые примеры.

В рамках реализации задания первой Государственной про-

граммы инновационного развития Республики Беларусь на базе разработок НИИ ФХП БГУ создано производство метиловых эфиров жирных кислот в ОАО «Гродно Азот» и в ОАО «Могилевхимволокно», которые в дальнейшем употреблялись для изготовления смесового дизельного биотоплива. В промышленной установке по непрерывному синтезу эфиров в ОАО «Гродно Азот» применены технические решения, охраняемые тремя патентами Республики Польша на изобретения, полученными институтом совместно с фирмой WIEDEMANN-POLSKA sp. z o.o. (г. Варшава), которая создала оборудование по заказу НИИ ФХП БГУ, а в ОАО «Могилевхимволокно» использованы секреты производства (ноу-хау), содержащиеся в разработанной институтом технологической документации. В 2008–2016 гг. на предприятиях республики выпущено и РУП «ПО «Белоруснефть» реализовано потребителям на внутреннем рынке и за рубежом смесового дизельного биотоплива, соответствующего требованиям СТБ 1657–2006, на сумму более 2,5 млрд долл.

Совместно с предприятиями фармацевтической промышленности (ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», РУП «Белмедпрепараты») разработаны и освоены в производстве охраняемые патентами на изобретения и товарными знаками составы и технологические процессы получения фармацевтических субстанций и готовых лекарственных средств различного спектра действия. Среди них: гемостатическое средство «Поликапран», антисептическая и ранозаживляющая мазь «Этоний-ПК», антимикробная и ранозаживляющая мазь «Линкоцел», препарат «Оксицеланим» антимикробного

и иммуностимулирующего действия, кровоостанавливающее, бактерицидное и репаративное лекарственное средство «Процелан мазь», комплексные противовирусные препараты «Бутаминофен» и «Актовир» для профилактики и лечения герпетических заболеваний кожи и слизистых оболочек, лекарственное средство «Лакэмокс» для лечения офтальмологических заболеваний, лекарственное средство на основе модифицированного крахмала «Нитаргал», обладающее комбинированным сосудорасширяющим, кардиотропным и антиагрегантным действиями. Объем выпуска указанных фармацевтических субстанций и лекарственных средств составил десятки миллионов руб.

В собственном производстве университетов, научных организаций и технопарков используются преимущественно изобретения и полезные модели. Их общее количество за последние годы варьируется в интервале от 50 до 100 объектов в год, а объем выпущенной продукции, охраняемой ОПС, составил несколько миллионов рублей в год.

В период с 1993 по 2020 г. подведомственные Министерству образования организации заключили 68 лицензионных договоров на право использования ОПС, зарегистрированных в патентном ведомстве, по которым получены платежи в размере 2,24 млн долл. (по средневзвешенному курсу), из них валютные поступления составили 213,7 тыс. долл. и 1,23 млн евро. С 2014 по 2020 г. к учету принято более 1,2 тыс. объектов нематериальных активов (ОПС и результатов НИОКР) с балансовой стоимостью более 10 млн руб.

Авторам объектов промышленной собственности в 2015–2020 гг.

выплачено вознаграждение за их создание в размере 147,2 тыс. руб., а за использование – 823,2 тыс. руб.

Комплексное развитие научно-исследовательской, инновационной и предпринимательской инфраструктуры организаций министерства в целях создания инновационной продукции и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности является основой совершенствования деятельности учреждений высшего образования в рамках модели «Университет 3.0». Для дальнейшего повышения эффективности использования ОПС следует разработать комплекс мер, направленных на решение следующих задач:

- *расширение собственной производственной базы университетов, научных организаций и технопарков, создание в них производственных участков для выпуска мелкосерийной и малотоннажной наукоемкой высокотехнологичной продукции, охраняемой патентным правом;*
- *совершенствование инфраструктуры инновационной деятельности путем создания новых технопарков и центров трансфера технологий. Это необходимо для передачи результатов научно-технической деятельности, создаваемых в университетах и научных организациях, для освоения в своих подведомственных субъектах, что позволит обеспечить выпуск продукции высокого качества под полным контролем владельцев результатов НТД;*
- *подготовка, повышение квалификации и переподготовка специалистов в сфере ИС, включая вопросы управления интеллектуальной собственностью, без чего невозможно достичь эффективной коммерциализации*

зации наукоемких высокотехнологичных результатов НТД.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

В целях повышения конкурентоспособности национальной экономики за счет создания и эффективного использования высокотехнологичных наукоемких результатов научно-технической деятельности в Министерстве образования Республики Беларусь разработана комплексная система управления ИС на отраслевом и корпоративном уровнях, которая показала свою эффективность и позволила:

- *подведомственным университетам и научным организациям выдвинуться в число лидеров в Беларуси в части создания изобретений, полезных моделей и секретов производства (ноу-хау);*
- *ввести в гражданский оборот на производственной базе предприятий Беларуси и подведом-*

ственных организаций большое количество объектов промышленной собственности и других результатов НТД и выпустить товарную продукцию, содержащую охраняемые ОПС, на сотни миллионов руб.;

- *осуществить трансфер объектов промышленной собственности на сумму свыше 2,24 млн долл. (по средневзвешенному курсу);*
- *выплатить в 2015–2020 гг. вознаграждения авторам за использование объектов промышленной собственности в 5,6 раза больше, чем за их разработку (823,2 тыс. руб. и 147,2 тыс. руб. соответственно).*

Созданная в Министерстве образования Республики Беларусь система управления интеллектуальной собственностью может быть рекомендована для других республиканских органов государственного управления и организаций, подчиненных Правительству. ■

■ **Summary.** As part of the implementation of state policy in the field of intellectual property, aimed at increasing the competitiveness of products of domestic enterprises and the national economy as a whole, a system of intellectual property management in the Ministry of Education of the Republic of Belarus has been developed and described. It allowed subordinate universities and scientific organizations to become one of the leaders in Belarus in terms of creating inventions, can be recommended for other government authorities.

■ **Keywords:** intellectual property, management system, legal protection, industrial property, commercialization, Ministry of Education, Republic of Belarus.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-4-48-53>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нечепуренко Ю. В. Управление интеллектуальной собственностью в научно-образовательной сфере / Ю. В. Нечепуренко. – Минск, 2009.
2. Нечепуренко Ю. Управление интеллектуальной собственностью на корпоративном уровне / Ю. Нечепуренко // ИС. Промышленная собственность. 2019. №3. С. 27–36.
3. НИИ ФХП БГУ: Методические рекомендации // <http://fhp.bsu.by/metodicheskie-rekomendatsii>.
4. Об оценочной деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 13 октября 2006 г. №615 (с изм. и доп.) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – №168. – 1/7999.

Статья поступила в редакцию 01.03.2021

SEE http://innosfera.by/2021/03/intellectual_property

ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ФИЛОСОФИИ

История Института философии, образованного в 1931 г. в рамках Академии наук БССР – это, по сути, летопись становления белорусской профессиональной, или академической, философии. Ее развитие началось в 1921 г. с открытия в Белорусском государственном университете факультета общественных наук, на котором имелись 2 кафедры – философских дисциплин и исторического материализма, а позже учреждена кафедра диалектического материализма.

Конечно, философия того периода была специфической, основанной на фундаменте марксизма-ленинизма, однако рассматривались и другие вопросы, к примеру западноевропейская философская традиция, а также актуальные проблемы социальной практики той исторической эпохи. В 1920–1930-х гг. в белорусской философии стали известными такие фигуры, как Б.Э. Быховский, Р.М. Выдра, С.З. Каценбоген, а также первый директор Института философии академик С.Я. Вольфсон.

С течением времени изыскания отечественных ученых вышли за республиканские рамки и получили всесоюзную известность. К примеру, коллективный труд белорусских философов «О «Философских тетрадах» В.И. Ленина» (1959), подготовленный под редакцией академика АН СССР Г.Ф. Александрова, был издан в Москве.

В 1950–1960-е гг. начаты систематические исследования истории отечественной философской мысли (И.Н. Луцкий, В.А. Сербента, Н.С. Купчин, Н.А. Алексютович, Э.К. Дорошевич, В.М. Пузилов и др.). Один из важнейших результатов этой работы – коллективная монография «Из истории философской и общественно-политической мысли Белоруссии» (Минск, 1962). Спустя 11 лет опубликовано еще одно фундаментальное издание – «Очерки истории философской и социологической мысли Белоруссии (до 1917 г.)».

Следует отметить результаты и по другим направлениям, к примеру в области диалектики, теории познания и методологии науки, философских проблем естествознания (разработки В.И. Степанова, Д.И. Широконова, Л.В. Ува-

рова, И.И. Жбанковой, А.К. Манева и др.), социальной философии (исследования К.П. Буслова, А.И. Савастюка, И.Я. Жибуля, Е.Х. Капеляна и др.), религиоведения (труды Е.С. Прокошиной), этики (работы А.И. Боровского) и эстетики (В.М. Конона и Э.К. Дорошевича).

Наиболее интенсивно философская мысль в институте развивалась в 1970–1980-е гг., что



ознаменовалось выходом таких известных монографий, как «Творчество в научном познании» (1976), «Динамическое равновесие человека и природы» (1977), «Закономерности развития и методы познания современной науки» (1981). Книга «Гуманизация общественных отношений и возрастание активности трудящихся» удостоена в 1977 г. диплома III степени ВДНХ СССР. В 1984 г. циклу коллективных работ по истории философии и общественной мысли Беларуси присуждена Государственная премия БССР. В числе лауреатов – академик Е.М. Бабосов, член-корреспондент А.С. Майхрович, Э.К. Дорошевич, В.М. Конон, С.А. Подокшин, Е.С. Проко-

шина. Именно в тот период стали формироваться основные философские школы в области логико-методологических основ и структур научного познания, философской мысли Беларуси, социально-экологических исследований, философии религии и религиоведения, теории и методологии становления информационного общества.

Ежегодно институтом публикуются научные, учебно-методические, справочные и научно-популярные издания. В числе крупных, увидевших свет в последние годы, – 1–4-й тома 6-томной «Истории философской и общественно-политической мысли Беларуси», «Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем» (2006), «Становление информационного общества: коммуникационно-эпистемологические и культурно-цивилизационные основания» (2015), «Интеллектуальный капитал и потенциал Республики Беларусь» (2015), «Логика достоинства и свободы личности» (2016), «Один пояс, один путь»: гуманитарные аспекты белорусско-китайского сотрудничества» (2019), «Креативное взаимодействие предметного, нормативного и рефлексивного знания в научном поиске» (2019), «Мораль в транзитивном обществе: социально-философский подход» (2021) и многие другие. Ряд исследований увидел свет за пределами Республики Беларусь и издан на белорусском, русском, английском, польском, словацком, венгерском, китайском и других языках.

Свидетельством международного признания стало вступление института в Международную федерацию философских обществ – наиболее авторитетную мировую организацию в области философского знания. ■

ОСТРЫЕ ЗАДАЧИ ФИЛОСОФСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ



Институт философии НАН Беларуси — единственная в нашей стране специализированная научно-исследовательская организация в области философского знания. О том, как оно развивалось в течение 90 лет, какие научные школы получили известность, как реорганизовывалось учреждение в «угоду» насущным запросам общества, рассказывает директор института, кандидат философских наук Анатолий ЛАЗАРЕВИЧ.

— В истории института были различные периоды. С момента своего создания в 1931 г. в его состав входили четыре секции: диалектического материализма, исторического материализма, антирелигиозная и секция по национальным вопросам. В 1935 г. путем присоединения Института советского строительства и права учреждение было преобразовано в Институт философии, советского строительства и права, но в марте 1938-го было ликвидировано. Оно возобновило свою работу уже после Великой Отечественной войны, когда 1 июня 1947 г. был открыт Институт философии и права на базе созданного годом ранее сектора истории философии Академии наук БССР. В 1958 г. с отделением сектора государства и права в отдельную структуру учреждение было переименовано в Институт философии. В 1965 г. отдел правовых наук Белгосуниверситета включен в состав Института философии, который отныне вновь стал именоваться Институт философии и права. Начиная с середины 1980-х гг. белорусская академическая наука вслед за всей страной взяла курс на перестройку и обновление тематики научно-исследовательской работы. Органичным продолжением этих перемен стало возникновение в 1990 г. на базе отделов социологического профиля нового научно-исследовательского учреждения — Института социологии Академии наук БССР. В 1999 г. Институт философии и права был реорганизован путем выделения из его структуры правовых отделов (на их базе был создан Институт государства и права) и вернулся к своему исходному наименованию — Институт философии.

Его работа строится с учетом мировых тенденций в развитии философской науки, ее приоритетных направлений, научной и практической значимости философских исследований в решении актуальных задач, стоящих перед белорусским обществом и государством. В институте работают 1 академик, 6 докторов наук, 21 кандидат наук, значительную часть сотрудников составляют молодые ученые, которые либо уже подготовили к защите диссертации, либо находятся на завершающей стадии этого процесса. С учетом новой программы научных исследований на 2021–2025 гг. реорганизованы структурные подразделения. Вместо функционировавших ранее 7 центров сейчас работают 3 – центр историко-философских и компаративных исследований, центр философско-методологических и междисциплинарных исследований и центр социально-философских и антропологических исследований. Направления деятельности центров и создаваемых в их структуре мобильных научно-исследовательских групп, секторов и отделов позволяют изучать и развивать фактически всю актуальную проблематику, находящуюся в эпицентре современной философской науки.

– В представлении обывателя философ – некий заумный «рассуждист», не обремененный практическими и бытовыми задачами. Так ли это на самом деле? Приходится ли сотрудникам института увязывать свою теоретическую деятельность с практикой?

– С точки зрения этимологии и наиболее привычного понимания, философия – это любовь к мудрости. С древних времен она так формировалась и трактовалась не только по названию, но и по сути. Считается, что впервые слово «philosophos» для обозначения «исследователя природы вещей» употребил Гераклит. Он отмечал, что «многознание» не научает мудрости. Значит, следуя его постулату, можно отметить, что обширность, энциклопедичность знаний – еще не мудрость, еще не философия. Настоящая мудрость достигается редко. Это гармоничное соединение знания, опыта и понимая ценностей в сознании и деятельности человека. Философ – тот, кто сориентирован на мудрость в своей жизненной позиции, в познании, в своих поступках и делах в мире. В античности мудрость считалась одной из важных кардинальных добродетелей. Мудрость требует соответствующего жизненного опыта, в значительной мере независимости и некоторой отстраненности от тех явлений, объектов, о которых приходится выносить суждение, решение. Следует проводить важное различие между понятиями «человек,

занимающийся философией, работающий в сфере философии» и «человек, являющийся философом по духу, по своей жизненной позиции». Для первого – философия есть одна из разновидностей профессиональной деятельности, для второго – во многом стиль и смысл жизни. Идеальным выглядит, конечно, тот случай, когда два указанных образа человека гармонично соединяются в одном либо дополняют друг друга.

Людей, занимающихся философией, немало. Настоящих философов по духу, как и настоящих мудрецов, немного. Мудрость как сочетание глубины ума, интуиции и опыта познавательной деятельности дала основание И. Канту в невообразимом множестве всевозможных характеристик, свойств и особенностей реальности увидеть две базисных «самых удивительных вещи в мире – звездное небо над головой и нравственный закон в нас». Тем самым философ ярко, образно формулирует две центральных проблемы человечества – познание мира и человека.

Что касается практической полезности философии, она, несомненно, есть, хотя и специфична. Важно понимать, что эта полезность не сиюминутна. Философия формулирует и эксплицирует категории, то есть идеи, понятия, через которые человек смотрит на мир и осознает его (причина и следствие; необходимость, случайность, невозможность; всегда, иногда, никогда; хорошо, плохо, безразлично; лучше, хуже, равноценно и др.). Философия подводит человека к вопросам «Что есть время?», «В чем смысл жизни?»; развивает общую картину мира, трактует роль и место человека в нем. Все это закладывает основы и принципы стиля мышления, способа видения и понимания мироздания. Разрабатываемые философией идеи входят в систему культуры мышления, выполняя конструктивную, порой инструментальную роль. Практично все это или нет? Вряд ли найдется человек, который скажет, что такая практика ему не нужна.



Многотомное издание «История философской и общественно-политической мысли Беларуси»

К примеру, Аристотель разработал логическую теорию силлогистики; ее применяли в течение многих веков во всевозможных концептуальных построениях, объясняющих мир и место человека в мире; ее же фрагментарно в упрощенном и адаптированном виде часто используют на повседневном уровне и в наши дни, как правило, не осознавая, не зная истока. В IV веке до н.э. Евбулид сформулировал знаменитый парадокс «лжеца». В адаптированном виде этот парадокс излагается следующим образом: истину или ложь говорит человек, произносящий высказывание «Я лгу»? Этот парадокс вызвал немало дискуссий у современников Евбулида. Привлекает он внимание и в настоящее время. Заложённая в нем идея применяется в построении известного парадокса Рассела, используется она и в доказательстве знаменитой теоремы Гёделя.

– В перечне философских вопросов есть давние, «вечные», к примеру, что такое истина и как отличить ее от заблуждений, что понимают под добром и злом, в чем смысл человеческой жизни, и новые – серьезные и напряженные. Какие из них приходится осмысливать?

– Что касается «вечных» философских вопросов, то надо отметить, что именно глубина философской мысли дала возможность выявить и сформулировать их много веков тому назад. Но в том-то и дело, что мудрость философии позволила выявить фундаментальную ценность идей, заключающихся в этих вопросах, уловить их непреходящую значимость. Поэтому философские вопросы вечны, а ответы на них преходящи. Каждая эпоха, каждый сколько-нибудь существенный период развития социума, да практически и каждый человек находят основания и причины задумываться над ними. Философские вопросы сохраняют актуальность во все

времена. Каждая эпоха предлагает свои трактовки этих вопросов и находит свои ответы. С изменением социальных условий изменится видение мира, изменится стиль мышления эпохи, будут предложены новые интерпретации «вечных» вопросов философии. Начнутся возможные поиски новых ответов.

– Какая общая картина и тенденции развития современного общества, нашей страны в нынешней исторической ситуации?

– Современное общество характеризуется противоречивостью, динамичностью и непредсказуемостью. Недаром немецкий философ и социолог У. Бек назвал его «обществом риска». Именно по этой причине ученым нелегко делать прогнозы. Фактически ни один из социальных проектов, предложенных экспертами, в том числе проект «устойчивого развития», так и не был реализован. Но от научного изучения современного общества, прогнозирования его динамики нельзя отказываться. Необходимо углублять теоретико-методологическую базу исследования социума, а главное, предстоит объединить усилия специалистов различного профиля. Теория только тогда чего-то стоит, когда она не просто адекватно описывает определенную предметную область, но и обладает эффективным прогностическим потенциалом. Пока же, как мне представляется, приходится иметь дело с опережающим развитием социальной практики, демонстрирующей свою противоречивость, супердинамичность и непредсказуемость. Важно сказать и о другом. Встраиваться в сложившуюся, а тем более активно развивающуюся систему всегда нелегко. А ведь именно эту задачу нам пришлось и по-прежнему приходится решать, входя в мировое сообщество в качестве его полноправного субъекта. Беларусь фактически только с 1990-х гг. начала выстраивать свое собственное суверенное государство и свою модель развития. Именно с этим связаны периодически возникающие проблемы. К тому же обустройство государства требует не только исторического опыта, национальных интеллектуальных ресурсов, но и серьезных финансовых средств. Все это надо учитывать, характеризуя общую картину нашей страны в нынешней исторической ситуации.

– Как оценить в целом современную эпоху, социальное, духовное, экологическое состояние планеты?

– Хотелось бы в этот юбилейный для института год с оптимизмом смотреть на окружающий нас мир. Однако объективная реальность не позво-



Фото: Наталья Куксевич

Учредительное собрание Республиканского общественного объединения «Белорусское философское общество». Минск, 11 апреля 2017 г.

ляет это сделать. Чрезмерно много проблем накопилось на нашей планете. Прежде всего во всем мире наблюдается возрастающее давление на социальную сферу – государственные институты по многим причинам не всегда готовы и способны решать основные социальные проблемы, связанные, например, с бедностью и трудовой занятостью населения, надлежащим медицинским обслуживанием, доступным образованием, обеспечением качества жизни, переносят в таком случае всю тяжесть этих проблем на самих граждан, что вызывает мощное протестное движение. Оно будет возрастать, и с этим нельзя не считаться. Экологическое состояние планеты тоже не вызывает оптимизма, что достаточно убедительно отражено в ряде аналитических докладов и многочисленных научных публикаций. Напомню, Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш выделил 4 основных вызова, угрожающих существованию современного мира: геополитическая напряженность, глобальное недоверие, злоупотребление техническим прогрессом и климатический (читайте – экологический) кризис. Он назвал эти факторы «четырьмя всадниками Апокалипсиса». Очередной кризис переживает в наши дни и духовная культура. С одной стороны, этому в немалой степени способствует общая тенденция доминирования цивилизационно-технического над гуманитарно-культурным. С другой стороны, разразившаяся на земном шаре пандемия COVID-19 тоже не лучшим образом повлияла на духовно-культурные процессы в целом. Уже более года не работают в привычном режиме всемирно известные театры, музеи, выставочные павильоны, отменяются запланированные ранее масштабные культурные мероприятия. Да и сами граждане не скоро преодолеют сформированную психологическую установку на самоизоляцию.

– Как предотвратить нависшие над человечеством смертельные угрозы?

– Справедливости ради надо сказать, что страх перед теми или иными угрозами, который влечет озабоченность не только собой, но и окружающим миром, – явление не сегодняшнего и даже не вчерашнего дня. Вспомним хотя бы более чем двухтысячелетнюю религиозно-христианскую культуру понимания и ожидания конца света, который называется уже упомянутым выше Апокалипсисом. Последний – любимая тема для кинематографа, визуализировавшего в своих блокбастерах все наши страхи – от нашествия инопланетян до природных катаклизмов и эпидемий. Сказанное наводит на мысль



Председатель Президиума НАН Беларуси академик В.Г. Гусаков (справа) вручает директору Института философии А.А. Лазаревичу нагрудный знак отличия им. В.М. Игнатовского. Минск, 2021 г.

о том, что есть феномены, которых мы можем просто бояться, но предотвратить их не в состоянии. Как, к примеру, и в случае с динозаврами, которые вымерли 65 млн лет назад, такая же судьба может ожидать и человечество. И вполне допустимо, что мы ничего не сможем с этим сделать. Однако есть угрозы другого рода. Развитие цивилизации, увеличение могущества как отдельного *homo sapiens*, так и всего человечества в целом привело к тому, что стало возможным уничтожение самих себя в одно мгновение ока. Я имею в виду здесь, к примеру, ядерную угрозу, а в более общем плане речь идет все о том же созданном самими людьми «всаднике Апокалипсиса», которого Антониу Гутерриш назвал «злоупотреблением техническим прогрессом». Это, конечно, только предупреждение, но оно такого рода, что к нему следует внимательно прислушаться.

Можно ли предотвратить эти и подобные им угрозы, которые породили именно мы? Коль мы есть их причина – значит, человечество в своем единстве способно преодолеть их. Чтобы сказанное выглядело более оптимистично, подчеркну, что в этом плане делается немало, хотя, конечно, очень многое еще предстоит сделать.

– Как защитить великие гуманистические идеалы человечества от последствий «злоупотребления техническим прогрессом»?

– Отвечая на этот вопрос, отчасти продолжим тему предыдущего. Уместно вначале вспомнить слова Альберта Эйнштейна: «Не знаю, каким оружием будут сражаться в третьей мировой войне, но в четвертой в ход пойдут камни и дубинки». Сегодня мы уже знаем о разрушительной силе ядерного оружия, столкнулись с террористическими

угрозами и кибератаками, можем догадываться об антигуманном по своей природе оружии нового поколения. И весь этот арсенал люди, как ни странно, направляют на самих себя. Каким образом предотвратить сползание человечества в пучину варварства и дикости? На самом деле средств не так и много. Актуальным, на мой взгляд, является возрождение великих гуманистических идей, в основании которых лежат общечеловеческие нравственные ценности, которые, с одной стороны, являются благодатной почвой для духовного развития человека, с другой – становятся основой сближения и сотрудничества различных культур и народов. В любом случае, чрезвычайно важной задачей становится поиск инструментов создания новой коммуникативно-ценностной основы устойчивости и целостности современного мира, своего рода коммуникативной идеологии XXI в. В ее разработке важнейшая роль отводится социально-гуманитарному знанию, в том числе и философии, как инструменту критической оценки и творческого развития богатейшего духовно-нравственного опыта мировой и отечественной культуры.

– Какова философия современной цифровой эпохи и какие проблемы ставит перед человечеством цифровизация?

– Ключевое слово в вашем вопросе – «эпоха», которое подразумевает под собой стадию общечивилизационного развития человечества, знаменующую характерными (эпохальными) событиями, достижениями в различных сферах деятельности. Применительно к современной эпохе в числе таких достижений можно было бы назвать нанотехнологии, искусственный интеллект, Интернет вещей, аддитивное производство, облачные вычисления, технологии связи нового поколения, блокчейн, большие данные, генную инженерию и др. Все они оказались возможны благодаря революционным сдвигам, в первую очередь в сфере обработки информации, то есть в сфере компьютерно-цифровых технологий, что обусловило новые возможности научного познания и социально-коммуникационной мобильности в целом. Именно по этой причине современную эпоху условно и обобщенно можно назвать информационной, или цифровой эпохой, суть которой – в ее неопределенности. Научно-техническая, технологическая и социально-культурная динамика такова, что впору говорить о перманентном пребывании человечества в той или иной точке бифуркации, из которой, в свою очередь, возможны

самые различные сценарии развития и понимания будущего. Для себя такое состояние социума я называю новой социальностью. В связи с этим первостепенная задача социально-гуманитарной, в том числе философской науки заключается в том, чтобы сформировать адекватные теоретико-категориальные структуры анализа новой социальности и на этой основе выработать прогностический инструмент оценки возможных сценариев развития будущего.

Можно при этом говорить о многих достижениях и проблемах современной эпохи. Остановлюсь лишь на философско-антропологическом срезе проблемы новой социальности. Здесь очевидной является трансформация мироощущения человека, влекущая совершенно новые коннотации смысла жизни, понимания реальности. Современный мир интенсивно изменяется, велика плотность происходящих событий, в которые включены люди, генерируются и транслируются огромные потоки информации. Человек объективно, в силу своих физиологических особенностей не готов эффективно рефлексировать на достижения и растущие возможности цивилизационного прогресса. Отсюда стрессы, перегрузки, расстройства здоровья, различного рода зависимости и т.п. Большая опасность коренится также в том, что большинство людей в мире изобилия информации и технологий ее трансляции не формирует собственные (индивидуальные) смыслы, а слепо копирует то, что выбирается сегодня на информационный рынок. Следствием этого является так называемое клиповое сознание, лишенное какой бы то ни было критичности и социально востребованной креативности. В этом ряду проблем следует рассматривать и появление своего рода мировоззренческого хаоса, обусловливающего когнитивную и эпистемологическую растерянность человека в мире.

Таким образом, вопросы понимания, оценки и прогнозирования современной социальной динамики все больше обостряются и на понятийном, и на концептуальном, и в целом на теоретико-методологическом уровне. А это уровень сознания, образования и мировоззренческой культуры человека. И если здесь не будет достигнута необходимая определенность, говорить о каком-либо конструктивном сценарии развития современной цивилизации достаточно проблематично. И все же я верю в победу разума – разума естественного, человеческого, в основе которого всегда находились здравый смысл и философско-методологическая культура. ■

КОНСОЛИДАЦИЯ СИЛ в области сценарного прогнозирования международных отношений

Изыскания в области философии геополитики и мировых процессов начались в Институте философии с 2009 г. Созданный в этом году Центр стратегических европейских исследований и международного сотрудничества, впоследствии переименованный в Центр исследований глобализации, интеграции и социокультурного сотрудничества, объединил экспертов в сфере международных отношений. Среди лидеров нового направления был член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси Леонид Федорович Евменов (1932–2019). Этот выдающийся ученый – автор таких фундаментальных трудов, как «Глобализация: конвергенция – достоинство и права человека», «Международная идеология прав человека: проблемы – решения (опыт философского исследования)» в 5 томах, а также инициатор, составитель и научный редактор издания «Логика достоинства и свободы личности», посвященного 85-летию Института философии. Заметный след в развитии направления оставил и доктор философских наук Илья Яковлевич Левяш (1937–2017), автор многочисленных философских статей и науч-



Фото Николая Кукснеча

Наталья Кутузова,
руководитель Центра
исследований глобализации,
интеграции и социокультурного
сотрудничества
Института философии НАН Беларуси,
кандидат философских наук

ного издания «Глобальный мир и геополитика» в 2 томах.

Деятельность Центра отличается широкая коммуникация и многочисленные проекты, осуществляемые с учеными разных стран. Поддерживаются активные отношения с турецкими коллегами, в стадии создания Белорусско-турецкий исследовательский центр совместно с фондом Маариф, реализуется совместный научный проект с коллективом университета Ариэль (Израиль), имеется успешный опыт взаимодействия с международными организациями – Советом Европы, Секретариатом Европейской Хартии региональных языков и языков меньшинств. В сотрудничестве с последним в 2017 г. была издана монография «Республика Беларусь и Европейская Хартия региональных языков и языков меньшинств». Центром выполнялись проекты по заказу ЮНИСЕФ, Центрально-Европейской инициа-

тивы; поддерживалась деятельность Национальной контактной точки Рамочной программы Европейского союза «Горизонт 2020» по направлению «Наука с обществом и для общества».

Особое место в работе Центра занимает деятельность Белорусско-китайского исследовательского центра философии и культуры, постоянными партнерами которого являются Китайская академия общественных наук и Линнаньский педагогический университет. В настоящее время по согласованию с китайскими коллегами выполняется исследовательская программа, основной темой которой являются отношения между Китаем и Беларусью в рамках инициативы «Один пояс, один путь». Проведена серия круглых столов, посвященных сотрудничеству двух государств в сферах гуманитаристики, интерференции философских традиций, приоритетов

социально-политического развития и позиционирования в глобальной системе международных отношений. Новым витком в совместной работе стало сравнительное исследование стратегий развития высшего образования в обеих странах. Основным партнером по этому направлению выступает Линнаньский педагогический университет, в котором действует аналогичный центр, совместно ведется научная работа, посвященная философским основаниям интернационализации высшей школы и белорусско-китайским связям в отрасли науки и образования. Лидер в этом научном направлении – кандидат философских наук Д.А. Смоляков, он же является координатором совместного центра. В Линнаньском университете проходят стажировку научные сотрудники Института философии, а китайские ученые стажировались у нас.

Совместно с китайскими коллегами были изданы научные сборники, посвященные сотрудничеству в рамках инициативы: «China and Belarus: Forge Ahead Together in the «Belt and Road» Construction» (2019); «Один пояс, один путь»: гуманитарные аспекты белорусско-китайского сотрудничества» (2019), «Интер-

национализация высшего образования: теория, практика, перспективы» (2020), 国与白俄罗斯: 在「一带一路」建设中结伴而行. 北京: 中国社会科学出版社 («Китай и Беларусь: вместе в строительстве «Одного пояса и пути» (2019).

Совершенно новым направлением деятельности совместного центра явилась подготовка и продвижение программ для дополнительного образования детей и взрослых. В частности, программа для подростков «Зеленое солнце» (2018–2019) ориентирована на развитие у них навыков творческого, критического мышления, использования логики, архитектурного и смыслового проектирования, ознакомление с ключевыми понятиями философии и культуры Беларуси и Китая. Она состоит из двух компонентов. Первый – образовательная программа для занятий с детьми 10–13 лет, предназначенная для формирования мировоззрения, основанного на ознакомлении с ключевыми понятиями философии и культуры, развития коммуникативных навыков и компетенций совместной групповой работы. Программа включает 3 модуля: «Размышляем о мире и человеке: философия для детей и подростков»; «Учимся мыслить нестандартно:

теория и практика решения изобретательских задач»; «Создаем новые миры: основы архитектурного моделирования». Второй компонент – учебно-тематический план обучения тренеров.



Программа «Зеленое солнце» была презентована на Первой Китайской международной выставке импорта в г. Шанхай (КНР) (СПЕ-2018) в рамках работы национальной экспозиции. Еще один комплекс образовательных программ «Философия, ведущая к успеху» («Empowering philosophy») был представлен на Второй Китайской международной выставке импорта, состоявшейся через год. Он был дополнен «Программой профилактики когнитивного старения» и программами обучения в аспирантуре Института философии НАН Беларуси. Образовательные продукты, разработанные в Центре, ориентированы на удовлетворение широкого круга запросов: обучающихся, профессиональных, рекреационных. В них нашли отражение наиболее значимые результаты



работы специалистов Института философии НАН Беларуси, полученные за последние годы их профессиональной деятельности. На выставках в Шанхае были подписаны протоколы о намерениях сотрудничества с несколькими китайскими агентствами, которые занимаются продвижением образовательных услуг. Проявленный интерес к программам стал свидетельством того, что в мире есть спрос и даже конкуренция на данном рынке для некоторых возрастных категорий – подростков как сложной



Фото Николай Куксачёва



Фото Николай Куксачёва

Торжественное открытие Белорусско-Китайского исследовательского центра философии и культуры в Институте философии НАН Беларуси. Минск, октябрь 2017 г.

по поведению, но важной с точки зрения формирования ценностей и способностей будущего поколения группы, и пожилых людей в целях оптимального использования данного человеческого ресурса для социальных и экономических нужд общества. Многочисленные программы, стратегии ООН, Совета Европы, ЮНЕСКО, ЮНИСЕФ, ЮНФПА, Цели устойчивого развития и пр. нацелены на всестороннюю инклюзию данных возрастных групп, философская основа в этом плане является универсальной и позволяет затронуть в образовательном поле



вопросы мировоззренческого, духовно-ценностного характера.

При подготовке образовательных программ мы вплотную подошли к тематике интерференции философских традиций Беларуси и Китая, намерены при наличии партнера начать амбициозный проект по пере-

воду белорусских философских произведений на китайский язык и современных китайских авторов – на белорусский.

Широкая география научных связей, постоянное участие в международных конкурсах, тендерах, проектах, владение иностранными языками (китайским, английским, польским, немецким), повышение квалификации, в том числе в системах European IP Helpdesk, Council of Europe HELP Online Courses, Proteknon UNICEF, обеспечивают конкурентоспособность и высокую репутацию белорусских философов. В настоящее время Центр стремится консолидировать экспертов в области сценарного прогнозирования международных отношений, философии геополитики, рассматривая новое направление в контексте потребностей многовекторной внешнеполитической деятельности, участия Республики Беларусь в формировании multipolar world and system of global partnership. **И**

БЕЛАРУСКАЯ ЭТНАФІЛАСОФІЯ



Ірына Дубянецкая,
старшы навуковы супрацоўнік
Цэнтра гісторыка-філасофскіх
і кампаратыўных даследаванняў
Інстытута філасофіі НАН Беларусі,
доктар тэалогіі



У Інстытуце філасофіі ў 2019 г. пачалася навуковая праца ў межах асобнага праекта «Беларуская этнафіласофія ў сістэме нацыянальнай культуры», ініцыятарам і кіраўніком якога з'яўляецца кандыдат філасофскіх навук Сяргей Санько. Гэта даследаванне новае не толькі для беларускай філасофскай навукі – яно не мае паралелей у еўрапейскай гуманістыцы. Ідэя – у выяўленні і цэласным вывучэнні інтэлектуальных, светапоглядных і каштоўнасных асноў традыцыйнай беларускай культуры на аўтэнтчным фальклорна-этнаграфічным матэрыяле.

Для Беларусі навізна праекта палягае ў тым, што вусная народная творчасць разглядаецца як плён комплекснага асэнсавання і інтэрпрэтацыі свету сваім стваральнікам – народам. Гэта спроба ўзнавіць беларускую традыцыйную сістэму светамыслення і «прачытаць» яе як інтэлектуальную перадгісторыю краіны і яе народа на аснове цэласнай рэканструкцыі яго аўтэнтчнага светабачання, кагнітыўных асноў, сацыяльных мадальнасцей і аксіялагічных канцэптаў.

У міжнароднай практыцы гэта першая ў еўрапейскай і шырэй – заходняй навуцы спроба даследавання этнафіласофіі народа, належнага да еўрапейскай культуры.

Этнафіласофія ўзнікла ў другой палове мінулага стагоддзя як галіна культурнай антрапалогіі, і сам тэрмін традыцыйна прымяняецца найперш для даследавання светапоглядных асноў сучасных непісьмовых культур, якія не цалкам інтэграваныя ў сучасны высокатэхналагічны свет, або знаходзяцца на яго ўзбоччы. Даследаванні ў гэтым напрамку часта вядуцца ў ключы крытыкі еўропацэнтрызму і носяць

адценне ідэі «вызвалення» (liberation, па аналогіі з тэалогіяй вызвалення) – гэта значыць незалежнасці абарыгенных народных філасофій ад дамінанты заходняй філасофіі, ад неабходнасці размаўляць на мове заходняй навукі, урэшце, ад нізкага статусу ў сучасным інтэлектуальным дыскурсе.

Прынцыповая навізна праекта «Беларуская этнафіласофія ў сістэме нацыянальнай культуры» палягае ў тым, што ён сфакусаваны на вывучэнні адной са «старых» еўрапейскіх культур. У дадатак да метадаў, распрацаваных «класічнай» этнафіласофіяй, даследаванне ўжывае метадалагічны інструментарый розных рэlevantных дысцыплін – семіётыкі культуры, кампаратыўнай міфалогіі, рэлігіязнаўства, кагнітыўнай лінгвістыкі, гістарычнага мовазнаўства, інтэлектуальнай гісторыі, філасофскай герменеўтыкі, канцэптуальнага і дыскурсіўнага аналізу ды інш.

З іншага боку, беларуская этнафіласофія жывіцца багатым матэрыялам, напрацаваным рознымі айчыннымі этнадаследаваннямі, якія пачыналіся сістэмным запісам фальклору ў XIX ст., працягваліся і развіваліся як акадэмічныя дысцыпліны праз усё XX ст. і набываюць новы імпульс у нашым часе, пераўзыходзячы вузкадысцыплінарныя рамкі і працуючы на скрыжаванні розных дысцыплін і метадалогій.

Беларускія акадэмічныя этнадаследаванні вылучаюцца сярод іншых сваім ахопам матэрыялу. Найлепшы прыклад – беспрэцэдэнтны збор вуснага фальклору ў адкрытай шматтомнай серыі «Беларуская народная творчасць» (БНТ), выдаванай Інстытутам мастацтвазнаўства, этнаграфіі і фальклору НАН Беларусі ад 1970 г., у якую на дадзены момант уваходзіць каля 50 кніг, укладзеных паводле жанра-

вага (радзей рэгіянальнага) прынцыпу. БНТ прадэманстравала выключную распрацаванасць і жанравую разнастайнасць нацыянальнага фальклору як найбагацейшай крыніцы для даследавання светапогляду беларусаў, і не толькі іх. Некаторыя паэтычныя жанры каляндарна-абрадавага цыкла захаваліся толькі ў беларускіх запісах, але відавочна, што яны сведчаць пра касмалагічныя ўяўленні ўсіх датчых народаў, і таму ўяўляюць асаблівую каштоўнасць для рэканструкцыі сакральных ведаў краін славянскага, балта-славянскага арэала, шырокага абсягу еўрапейскіх і інда-еўрапейскіх краін, а таксама для вывучэння трансмісіі ведаў і вераванняў у гэтым накірунку. Можна, нездарма еўрапейскія этнафіласофскія даследаванні пачынаюцца менавіта ў Беларусі, дзе такая значная колькасць акадэмічна апрацаваных аўтэнтычных фальклорных крыніц.

Праект «Беларуская этнафіласофія ў сістэме нацыянальнай культуры» мае на мэце выявіць значныя элементы беларускага традыцыйнага мыслення – канцэпты, тэмы, вобразы, а таксама светапоглядныя, кагнітыўныя і аксіялагічныя фарманты ўсяго комплексу народных ведаў пра свет, чалавека і грамадства. Перад вучонымі стаяць дзве асноўныя практычныя задачы. Па-першае, гэта збор матэрыялу. Неабходна сабраць, апрацаваць, класіфікаваць, суправадзіць навуковым каментаром, а таксама падрыхтаваць да друку корпус фальклорных запісаў, у якіх утрымліваецца інфармацыя пра светапоглядныя напрацоўкі беларускай народнай культуры, пра традыцыйную карціну свету і такія яе складнікі, як паходжанне і структура сусвету (этнакасмалогія), сфера сакральнага (этнатэалогія), чалавек і чалавечае жыццё (этнаантрапалогія), грамадства (этнасацыялогія), нормы паводзінаў і сістэма каштоўнасцей (этнааксіалогія), кагнітыўная сфера, сістэма ведаў і яе трансмісія (этнаэпістэмалогія, этнагнасеалогія) ды інш.

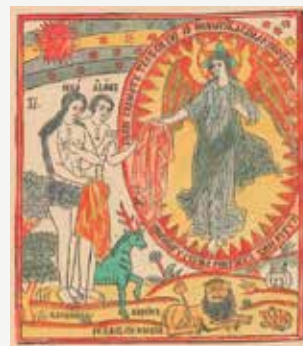
Другая задача – гэта інтэрпрэтацыя матэрыялу. На грунце паглыбленага даследавання традыцыйных тэм, паняткаў, вобразаў, ідэй, устойлівых асацыяцый і семіятычных сувязей паміж канцэптамі, іх вербальнага афармлення і г.д. неабходна ўзнавіць, наколькі гэта магчыма, цэласную сістэму і ўнутраныя структуры карціны свету і светамыслення беларускай традыцыйнай супольнасці, што, у сваю чаргу, будзе ключом да разумення нацыянальнай ідэнтычнасці беларусаў. (Такая праца таксама можа быць скарыстана для глыбокага вывучэння гісторыі філасофскай і грамадска-палітычнай думкі нашай краіны). Наступны крок да разумення народнай сацыяльнай ды інтэлектуальнай тоеснасці – гэта кантэкстуалізацыя беларускага аўтэнтычнага мыслення шляхам

кампаратыўных даследаванняў, што дасць магчымасць асэнсаваць і ацаніць месца і ролю беларускай інтэлектуальнай традыцыі ў індаеўрапейскіх і не толькі часова-прасторавых узаемасувязях.

Першая фаза праекта завершаная. Сабрана значная база дадзеных, тэматычна класіфікаваных і сістэматызаваных, якая на гэты момант уключае больш за 8 тыс. запісаў фальклорных тэкстаў розных жанраў і этнаграфічных сведчанняў і працягвае папаўняцца. Апублікаваны шэраг артыкулаў, рыхтуецца калектыўная манаграфія. І дзеля ўвядзення новага этнафіласофскага дыскурсу ў шырокі культурны ўжытак удзельнікамі праекта ўкладзена і падрыхтавана да друку навукова-папулярнае выданне «Трошкі бліжэй ад Сонца і трошкі далей ад Месяца. Беларуская народная філасофія». Назва ўзятая з тэкстаў Уладзіміра Караткевіча, п'есы з падобнай назваю і казкі «Чортаў скарб», дзе апавядальнік сітуацызуе падзеі сваёй гісторыі «у нейкім прыгожым краі, трошкі бліжэй Сонца і трошкі далей ад Месяца... словам, у тым краі, дзе мы з табою жывём», пазначаючы такім чынам Беларусь. Кніга імкнецца комплексна прадставіць народнае мысленне як сістэмнае асэнсаванне свету, разуменне чалавека, норм паводзін, каштоўнасцей і г.д. Аднак канцэпцыя кнігі яшчэ больш складаная, бо ўлучае рэфлексію на народную філасофію і яе працяг і развіццё ў беларускім аўтарскім пісьменстве – пераважна ў мастацкай літаратуры, якая цягам стагоддзяў часта брала на сябе функцыю прафесійнай нацыянальнай філасофіі. Як і назва ўсёй кнігі, раздзелы і падраздзелы названы цытатамі з літаратуры, а кожны раздзел пачынаецца эпіграфамі з літаратурных твораў, якія прадстаўляюць прадмет абмеркавання, каментуюць народнае бачанне прадмета, развіваюць яго, задаюць яму новыя вымярэнні або спрачаюцца з гэтым бачаннем ці нават наўпрост пярэчаць яму. Аўтары



Герой касмічнага змагання. Ініцыял з Аршанскага Евангелля канца XII – пачатку XIII ст.



Светаўладкаванне (або Новаствораны свет). Дрэварыт з Бібліі Васіля Кораня 1692–1696 гг.

эпіграфаў – беларускія мысляры і творцы ад Сярэднявечча, Рэнесансу, Рэфармацыі, Асветніцтва да нашых дзён. Гэта ўсё дапамагае пабачыць, што ідэі і вобразы, на якіх грунтуецца старажытнае аўтэнтчнае мысленне, не знікаюць з развіццём культуры і прагрэсу, не адкідаюцца як аджылыя наўзбоч культуры, але працягваюць фарміраваць нацыянальны інтэлектуальны дыскурс, утвараючы неперарыўны культурны дыялог, супольны і індывідуальны роздум над асноўнымі пытаннямі, што вярэдзяць усе пакаленні нацыянальнай супольнасці. Такім чынам ствараецца аб'ёмная карціна беларускага светамыслення і светаадчування, якая зааганізоўвае чытача, набліжае яго да разумення інтэлектуальнай глыбіні беларускай народнай філасофіі і складанасці нацыянальнай ідэнтычнасці.

У кнізе пяць частак: «Сам-насам з Сусветам» (Беларуская этнакасмалогія), «На Беларусі Бог жыве» (Беларуская этнаэалогія), «О чалавек, ніхто не змераў глыб тваю!» (Беларуская народная антрапалогія), «У агромністай такой грамадзе» (Грамадскі лад у светапоглядзе беларусаў), «Гэта скарб нам на вечныя годы» (Беларуская этнааксіялогія) і больш за 170 унутраных загаловаў.

Сёння ў Беларусі, як ніколі, акрэсліўся сацыяльны запыт на даследаванне нацыянальнай ідэнтычнасці і на асэнсаванне фарміравання яе духоўна-светапоглядных асноў. У гэтым запыце значнасць і актуальнасць праекта «Беларуская этнафіласофія ў сістэме нацыянальнай культуры» відвочная. Ён можа стаць важным унёскам у сёняшні працэс інтэлектуальных і культурных зрухаў, што адбываецца ў краіне, дапаможа яму стаць больш усвядомленым, больш глыбокім і знайсці сваё месца ў сусветным часова-прасторавым кантэксце. ■

АВАНС НА БУДУЧЫНЮ



Сярод таленавітых маладых навукоўцаў, якім прызначана стыпендыя Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь на 2021 г., – маладшы навуковы супрацоўнік Інстытута філасофіі НАН Беларусі Яўген Сакоўскі. Да вашай увагі – думкі маладога вучонага аб абранай прафесіі і планах на будучыню.

Нельга сказаць, што я на працягу ўсяго жыцця марыў стаць філосафам. Хаця тэарэтычныя даследаванні пачалі цікавіць мяне падчас вучобы ў Беларускім дзяржаўным эканамічным універсітэце. Па базавай адукацыі я палітолаг-менеджэр, скончыў бакалаўрыят і магістратуру па гэтым накірунку. І тут важна нагадаць пра кандыдацкі экзамен па філасофіі ў канцы навучання магістратуры, які быў зданы добра. На маю думку, гэта паўплывала на далейшае развіццё падзей.

Праз некаторы час мне патэлефанавала доктар філасофскіх навук, прафесар Яскевіч Ядвіга Станіславаўна, на той час дэкан Інстытута сацыяльна-гуманітарнай адукацыі БДЭУ, і прапанавала паступіць у аспірантуру філасофскага напрамку. У выніку я яе скончыў, застаўся працаваць у Інстытуце філасофіі і пакуль ні разу не пашкадаваў аб гэтым. Можна абагульніць вышэйсказанае тым, што мая прафесія вызначылася праз злучэнне волі выпадку з пэўным унутраным адчуваннем сваіх здольнасцей.

Што да ролі настаўніка ці аўтарытэтнага навукоўца ў выбары прафесіі або навуковага напрамку, то відавочна, што яна вельмі важная, але ў той жа час яе нельга перабоольшваць. Тым больш у галіне філасофіі. Ёсць меркаванне, што ўся гісторыя філасофіі – гэта адна вялікая спрэчка ўсіх са ўсімі, якая працягваецца прыблізна 2500 гадоў. Я часткова згодны з гэтай думкай. Калі б

у развіцці гэтай навукі вырашальную ролю адыгрывала прызнанне аўтарытэтаў (у патрыярхальным разуменні дадзенай фразы), то мы зараз пісалі б толькі адныя каментары да Платону і не з'явілася б ніякіх іншых аўтарытэтаў вышэй за яго. Калі ісці далей у дадзенай парадыгме мыслення, то ні Кант, ні Маркс, ні Ніцшэ, ні Фуко не набылі б тую бліскуючасць, веліч і вядомасць, што яны маюць цяпер. Таму ў межах філасофіі размаўляць пра аўтарытэт можна вельмі ўмоўна. Так, чытаць знакамітых філосафаў, разбірацца ў іх ідэях заўсёды будзе добрым тонам, але зусім не абавязкова па ўсіх пытаннях з імі салідарызавацца. Першае і апошняе словазлучэнне ў філасофіі – рэальная свабода думкі. Пры яе наяўнасці само паняцце аўтарытэта размываецца і ўвогуле пазбаўляецца ўсялякай формы.

Варта мовіць, што кожны спецыяліст выбірае прафесію з улікам розных прычын. Уплыў настаўніка ці аўтарытэтнага спецыяліста з'яўляецца не адзінай падобнай умовай. І менавіта ў гэтым заключаецца яе асаблівы шарм. Для мноства маладых навукоўцаў настаўнік падобны да лесвіцы, ён сімвалізуе мэту, метады і перспектывы вынік іх кар'еры. Хоць перадачы і ёсць лесвіца, але як на яе ўзбірацца, з якой хуткасцю, пераскокваць прыступкі ці не, з адкатамі назад ці без адката – залежыць толькі ад самога маладога навукоўца. Амаль тая ж гісторыя з аўтарытэтным вучоным (ці філосафам), за выключэннем таго, што ён зможа дапамагчы і падцягнуць асабіста цябе. Выдатна канешне, калі твой настаўнік адначасова і выбітны навуковец, як гэта атрымалася ў мяне. Кандыдат філасофскіх навук, дацэнт Ігар Міхайлавіч Бабкоў (мой навуковы кіраўнік) – дастаткова вядомы філосаф не толькі ў Беларусі, але, напэўна, ва ўсёй Цэнтральна-Усходняй Еўропе. Нягледзячы на гэта, я не магу сказаць, што з'яўляюся пераемнікам ці прадаўжальнікам яго філасофскіх ідэй. Магчыма, нават наадварот, у мяне супрацьлеглы позірк на многія рэчы. Між іншым падобныя адносіны ў філасофіі – цалкам нармальнае з'ява.

Настаўнікі і аўтарытэты ў філасофіі мне ўяўляюцца вельмі каштоўным рэсурсам, які можна выкарыстоўваць для свайго развіцця ў прафесіі. Можна, аднак не абавязкова. Мяжы дасканаласці тут няма, як і адначасна правільнага шляху. У любым выпадку кожны навуковец ці філосаф, у якога ёсць чаму навучыцца, заслугоўвае павагі. Тым не менш з ім пры неабходнасці можна і трэба спрачацца, у тым ліку пісьмова, з дапамогай артыкулаў, часопісаў і мовы навукі.

Прадметная вобласць маіх даследаванняў – вывучэнне гісторыі філасофіі. У мяне 2 прыярытэ-

ных напрамкі: будысцкая філасофія і нацыянальная беларуская філасофія. У межах апошняй зараз вывучаю дактрыну народніцтва і яе ўплыў на беларускае грамадства ў канцы XIX – пачатку XX ст. Даследуючы гэты перыяд, можна даведацца пра мноства цікавых рэчаў, якія і ў наш час да некаторай ступені актуальныя. Напрыклад, вядома, што ў канцы XIX ст. народнікі прытрымліваліся ліберальных і сацыялістычных поглядаў. Аднак на шэраг важных пытанняў (у тым ліку на нацыянальнае) адказ менавіта беларускіх прадстаўнікоў гэтай плыні больш падобны да нацыяналізму і ўмеранага кансерватызму. Увогуле народніцтва сумяшчае ў сабе тэзісы розных палітычных ідэалогій і філасофскіх дактрын. Дадзенае сітуацыя ўзаемапрацікнення і суіснавання ідэй, якія лічацца амаль супрацьлеглымі, зацвердзіла ідэалагічнай інверсіі. Яе ўздзеянне на чалавека і грамадства я даследую па працах М.К. Судзілоўскага-Руселя.

Гэты філосаф і рэвалюцыянер беларускага паходжання меў эклектычныя філасофскія погляды, нягледзячы на сімпатыі да сацыялізму. Ён з'яўляецца тыповым інтэлектуалам, які здзіўным чынам спалучае ў творчасці супярэчлівыя ідэйныя напрамкі. Больш за тое, трэба разумець, што дадзенае асаблівасць была характэрна для многіх іншых выбітных асоб таго часу. І калі зараз гэта, насамрэч, звыклая з'ява, то 100–130 гадоў таму філасофская эклектыка была чымсьці незвычайным і не даследаваным. У выніку такая непаслядоўнасць у поглядах была шырока распаўсюджана і потым, на этапе з'яўлення палітычных партый (1890-я гг.). Таму можна казаць, што ідэалагічная інверсія адыграла важную ролю ва ўтварэнні палітычнага вакууму напярэдні Першай рускай рэвалюцыі (1905–1907 гг.).

За даследаванне народніцтва і аналіз пэўных асаблівасцей гэтай ідэалагічна-філасофскай плыні я атрымаў стыпендыю Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь таленавітым маладым навукоўцам. Гэта сур'ёзная фінансавая падтрымка, аванс на будучыню і дадатковая матывацыя для плённай працы.

Дадзены аналіз прывёў у выніку да аўтарскай тэорыі, якая робіць спробу даць адказ на пытанне, як і чаму генезіс палітычных і філасофскіх ідэй абавязкова на пэўных этапах сустракаецца з унутранымі супярэчнасцямі. Даследаванне ідэалагічнай інверсіі, яе прычын, праяў і наступстваў, а таксама вывучэнне яе на прыкладзе творчасці М.К. Судзілоўскага-Руселя складае ядро маёй кандыдацкай дысертацыі. У хуткім часе планую выходзіць з ёю на абарону. Спадзяюся, што ў далейшым буду развівацца як навуковы супрацоўнік і змагу ўнесці свой невялічкі ўклад у філасофію. ■

Матэрыялы рубрыкі падготовіла Ірына ЕМЕЛЬЯНОВИЧ

ЛАЗЕРНОЕ (ЛИДАРНОЕ) ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ В БЕЛАРУСИ

Лазерное зондирование атмосферы (ЛЗА) – это определение ее состава с помощью облучения лазерным лучом, один из эффективных методов решения обратных задач дисперсных сред путем измерения рассеянного света. Приборы, в которых его источником является лазер, называются лидарами. Излучение лазера обладает уникальными свойствами: огромной мощностью, высокой монохроматичностью, когерентностью, поляризацией, малой угловой расходимостью и шириной пучка, возможностью изменять в широком спектральном интервале длину волны и длительность импульса. Это дало толчок к свершению подлинной технической революции в области светового зондирования атмосферы.



Фото Юлии Василюхой

Аркадий Иванов,
главный научный сотрудник
Института физики НАН Беларуси,
член-корреспондент,
заслуженный деятель науки
Республики Беларусь

Сущность ЛЗА достаточно проста. В атмосферу посылается короткий световой импульс, который в разные моменты времени засвечивает различные секторы пространства (3–10 м). Чем больше время, тем удаленнее засвечиваемый участок. Рассеянное в обратном направлении излучение несет информацию об этом сегменте, а временная развертка регистрируемого приемником сигнала – обо всей трассе зондирования. При сканировании лучом под разными углами или при нахождении лидара на перемещающемся носителе (автомобиле, корабле, самолете, космическом аппарате) получаем сведения о значительно большем пространстве атмосферы.

К достоинствам ЛЗА можно отнести:

- *измерение оптических характеристик атмосферы, определяющих радиационный режим, климат Земли и лежащих в основе оценки подавляющего количества компонентов среды;*
- *определение концентрации в воздухе различных газов естественного и антропогенного происхождения на уровне предельно допустимых концентраций (ПДК) и ниже;*
- *замеры характеристик аэрозоля: концентрации, среднего размера, формы, степени полидисперсности частиц, показателя преломления;*
- *установление направления и скорости ветра, плотности воздуха, давления, температуры, влажности в разных участках атмосферы;*
- *высокое (до нескольких метров) пространственное разрешение измеряемого компонента;*

- дальность действия – порядка метеорологической дальности видимости (2–30 км) по всему обозреваемому объему пространства;
- возможность непрерывного контроля;
- экспрессность;
- неконтактность (сведения получают с больших расстояний);
- исключение возможности возмущающего действия прибора на воздушную среду благодаря дистанционности зондирования;
- возможность отследить даже быстро меняющиеся значения параметров атмосферы с помощью большой частоты зондирующего импульса.

С чем связана возможность определения такого большого количества характеристик? Характер рассеянного света может быть самым разнообразным. Его интенсивность на разных частотах, резонансное и комбинационное рассеяние, доплеровский сдвиг частоты, люминесценция – все эти особенности и используются для исследования атмосферы.

Следует, однако, отметить, что при распространении лазерного излучения в атмосфере возможно возникновение разных физико-химических явлений, в частности электрического пробоя с образованием плазмы при очень большой мощности излучения, что делает невозможным дальнейшее распространение света. С другой стороны, при определенных больших мощностях (но меньших порогового значения для пробоя воздуха) показатели поглощения и преломления среды могут так измениться, что атмосфера в канале распространения луча «просветляется», а сам канал превращается в своеобразный волновод.

При изучении аэрозоля классическими методами (без лазеров) применяются различные приборы, измеряющие концентрацию частиц, их распределение по размерам. В ряде случаев устанавливается химический состав. Концентрация газов измеряется приборами, основанными на разных физико-химических методах. Забор воздуха осуществляется в ограниченный объем рабочей кюветы прибора, в условиях которой можно добиться высокой точности измерений, разработать эталонированные методики, тестировать аппаратуру и осуществлять строгий контроль за состоянием воздуха в ограниченных объемах (в цехах заводов и т.д.). В этом заключаются положительные качества классических методов контроля атмосферы. Однако они имеют большое количество принципиальных недостатков: трудоемкость измерений, длительность обработки пробы, использование для каждого измеряемого компонента своего метода и прибора, малое

количество точек наблюдения, недоступность многих из них (как правило, высотных).

Все это ограничивает возможности осуществления мониторинга загрязнения атмосферы на больших пространствах только классическими методами, поскольку необходим колоссальный объем информации от источников выбросов. Особенно актуален такой контроль в крупных промышленных центрах, при решении проблем трансграничного переноса, экологии, климатологии. И вот тогда на помощь приходят методы ЛЗА.

Лазерное зондирование атмосферы получило в Беларуси широкое развитие. По техническому оснащению, теоретическим разработкам, программному обеспечению, участию в организации международных лидарных сетей, объединению их с другими системами контроля состава атмосферы, внедрению новых принципов анализа состояния воздушной среды в мировое сообщество наше государство заняло одно из ведущих мест в мире. Как и почему это получилось? Поскольку автор статьи имеет определенное отношение к этому, особенно в первоначальной стадии, хотелось бы рассказать о том, как я пришел к проблеме ЛЗА и как она разрабатывалась в дальнейшем.

Естественно, я не думал о лазерном зондировании атмосферы: в те далекие времена и понятия такого не было. Окончил школу в 1947 г. в г. Куйбышеве (ныне Самара) с золотой медалью, поступил в Ленинградский институт точной механики и оптики (ЛИТМО) на инженерно-физический факультет, который окончил в 1953 г. и стал работать в Государственном оптическом институте (ГОИ) в лаборатории красителей, организованной членом-корреспондентом АН СССР Т.П. Кравцем, родоначальником советской школы научной



За работой вместе с коллегой по лаборатории Владимиром Диком



Аркадий Петрович Иванов с сотрудниками лаборатории оптики рассеивающих сред, которой он руководил более 40 лет – с 1964 по 2008 г.

фотографии. В лаборатории велись исследования и разработки адсорбционных пленочных и стеклянных светофильтров. Изучались спектры поглощения красителей, адсорбированных на поверхности адсорбтива или проникших внутрь него. Поскольку в качестве адсорбентов рассматриваются в основном порошкообразные вещества, методика измерения спектров поглощения таких объектов (в отличие от прозрачных) осложнена наличием рассеяния света. Стояла задача использовать диффузный спектральный коэффициент отражения света $R(\lambda)$ (λ – длина волны) для определения спектра поглощения материала $k(\lambda)$. Поскольку теоретических проработок этого вопроса в те годы не было, влияние рассеяния на восстановление $k(\lambda)$ пытались установить экспериментально. В 1952 г. заведующим лабораторией красителей был назначен Б.И. Степанов. Будучи теоретиком, он решил установить аналитическую связь между коэффициентом отражения порошкообразных материалов и их показателем поглощения. Борис Иванович допустил, что отражение реального светорассеивающего слоя эквивалентно отражению стопой пластинок, толщина которых равна среднему диаметру частиц. Исходя из такой гипотезы, он вместе со своим первым аспирантом О.П. Гириным выяснил аналитическую связь между R и коэффициентом отражения границы «вещество – связующая среда», показателем поглощения вещества, размером частиц. Сравнение с экспериментальными данными показало хорошее совпадение результатов. Борис Иванович строил серьезные планы по развитию этого направления в ГОИ, однако ему вместе с другими крупными учеными предложили работать в АН БССР, где в 1955 г.

был создан Институт физики и математики, основу которого в 1959 г. составил Институт физики (ИФ). Борис Иванович, увлеченный полученными в ГОИ результатами в области спектроскопии дисперсных сред, первым делом продолжил работы в указанном направлении со своими учениками: Ю.И. Чекалинской, А.М. Самсоном, А.П. Пришивалко.

Ну а чем я занимался в ГОИ? Дипломная работа, которой руководил мой наставник А.С. Топорец, была связана с анализом явления Умова, согласно которому при освещении дисперсной среды поляризованным светом при росте интенсивности отраженного излучения его поляризация обязательно падает. Дальше я задумался над поступлением в аспирантуру и темой диссертации. Случайно разговорился об этом с физиком Н.А. Толстым (прототипом героя повести Алексея Толстого «Детство Никиты» и сыном писателя). А он мне говорит: «Наша промышленность начинает выпускать люминесцентные лампы. Но когда на стекло наносится очень тонкий или толстый слой люминофора, свечение слабое. При определенной толщине – максимальное. Каждый раз приходится находить эту толщину экспериментально. Разработайте теорию вопроса». Я и занялся этим. Используя подходы А.А. Гершуна, Б.И. Степанова, М.М. Гуревича (последний стал моим научным руководителем) по рассеянию света, я развил их дальше применительно к люминесценции, возникающей под действием возбуждающей радиации; подготовил и провел эксперименты на люминесцирующих объектах разной степени дисперсности; защитил кандидатскую диссертацию в 1958 г., оппонентом которой был Б.И. Степанов.

Встал вопрос о дальнейшей работе. Я изучил литературу по теории многократного рассеяния в различных дисперсных средах и обнаружил, что для решения астрофизических задач, где среду считают слабопоглощающей, а индикатрису рассеяния элементарного объема $x(\gamma)$ (γ – угол рассеяния x) близкой к сферической, теория разработана прекрасно. А вот для земных объектов (атмосфера, водная среда, земная поверхность, растительность и прочие биологические объекты, различные материалы) наглядная теория распространения света отсутствует. Трудности связаны с сильной вытянутостью индикатрисы в реальных средах. Кроме того, часто нужно знать не только закономерности распространения широких (о которых шла речь), но и узких пучков света разной временной длительности. В каждой области проводились сходные независимые экспериментальные измерения с выводами, часто похожими друг на друга, но не связанными

между собой. Я задумался: как выйти из этого положения? Помогла сама теория переноса излучения. Если отвлечься от поляризации, то этот процесс в любой дисперсной среде определяют только три оптических параметра. Ими могут быть показатель ослабления света ϵ , равный сумме показателей рассеяния σ и поглощения k , вероятность выживания фотона $\Lambda = \sigma/(\sigma + k)$, индикатриса рассеяния элементарного объема среды $x(y)$. С этой точки зрения неважно, какие компоненты содержатся в любой среде, каковы природа и физические процессы, влияющие на то или иное соотношение между рассеянием и поглощением. Если два совершенно разных по своему строению объекта обладают одинаковыми вышеуказанными параметрами, то у них и структура светового поля будет одинаковой. Более того, в теории переноса величины среды и положение точки наблюдения определяются не размерными, а безразмерными характеристиками. Например, интенсивность света в точке, положение которой в пространстве характеризуется вектором r , зависит не от этого вектора, а безразмерного вектора ϵr . Нужно сказать, что показатель ослабления фигурирует во всех аналитических соотношениях не самостоятельно, а только в произведении с линейными координатами, имеющими размерность длины. Поэтому в сильномутных объемах (большое ϵ) на малых расстояниях реализуется такое же световое поле, как в слабомутных объемах на больших расстояниях. Следовательно, если, например, взять небольшой аквариум с водой и добавить в нее поглощающий и рассеивающий материал, добившись вышеуказанных оптических компонентов как у изучаемой среды, можно очень легко и быстро, зачастую без дорогостоящих экспериментов (например, экспедиций в море или атмосфере) получить оптическую информацию в этой среде.

Стоит также отметить, что в теории переноса время, как и пространственные координаты, используется не размерное t , а безразмерное $\tau = \epsilon vt$, где v – скорость света в среде. Поэтому данные по нестационарному рассеянию света, полученные в одной среде, могут быть использованы в другой среде. Такой возможный модельный подход к изучению рассеяния в дальнейшем я наметил для себя. Но что-то меня сдерживало от того, чтобы «окунуться» полностью в проблему рассеяния. Я решил посоветоваться с А.С. Топорцом о возможных направлениях исследований. Он предложил мне обратиться к проблеме, которая всю жизнь интересовала академика С.И. Вавилова: оценить границы применимости основного закона фотометрии – закона Бугера,

в частности, изучить, при каких больших световых потоках он нарушается. Это уже совершенно другая научная тематика – спектроскопия, в которую нужно было вникнуть. То, что было сделано мной в дальнейшем, опиралось на книгу Б.И. Степанова «Люминесценция сложных молекул». В 1958 г. я написал статью «О влиянии больших освещенностей на поглощательную способность сложных молекул». В ней были установлены причины и условия «просветления» вещества, приводящие к нарушению закона Бугера, и возможности возникновения отрицательного поглощения – не ослабления, а усиления излучения. Эти явления можно было наблюдать с разработанными в то время импульсными лампами. Б.И. Степанов с особым интересом воспринял статью, но усомнился в возможности реализации отрицательного поглощения, ссылаясь на работы своего аспиранта В.П. Грибковского по гармоническому осциллятору. У Бориса Ивановича это был редчайший случай ошибочного восприятия материала. Через несколько лет он со своими учениками А.Н. Рубиновым и В.А. Мостовниковым получил на растворе сложных молекул не просто усиление, а генерацию света.

Зная меня много лет, Борис Иванович пригласил работать к себе в Институт физики. Увлеченный возможностями, которые передо мной открывались, я дал согласие и в августе 1959 г. переехал в Беларусь. В 1964 г. я возглавил лабораторию оптики рассеивающих сред. Решил заниматься вопросами как нелинейной оптики (нарушением закона Бугера), так и рассеяния света. По первой проблеме над приобретением техники и подготовкой объектов работали А.Л. Скребин и П.Я. Ганич. Затем подключился А.Н. Рубинов, который впоследствии стал соавтором создания лазеров на красителях. После появления лазеров сотрудница нашей лаборатории Э.П. Зега занималась теорией рассеяния возбуждающего света и люминесценции в мутных средах с учетом нелинейных эффектов. Как частный случай, сформулировала обобщенный закон Бугера.

По второй проблеме мои сотрудники И.Д. Шербаф, К.Г. Предко, Г.К. Ильич, С.А. Макаревич, П.Я. Ганич стали создавать модельные среды, в которых можно изменять характеристики рассеяния и поглощения, специальные кюветы (аквариумы) для исследования световых полей. Это позволило получить информацию об общих закономерностях рассеяния, особенностях пространственной и угловой структуры излучения на больших глубинах, изучить рассеяние узких пучков света с малой угловой расходимостью, рассмотреть поляризацию при

многократном рассеянии. В дальнейшем, опираясь на этот материал, сотрудники лаборатории стали заниматься проблемами, связанными с рассеянием света в разных средах: фотометрических экранах (К.Г. Предко), биологических объектах (А.Я. Хайрулина), фотоматериалах и жидкокристаллических системах (В.А. Лойко). Все они стали докторами физико-математических наук. В связи с появлением лазеров, обладающих рядом ранее перечисленных уникальных свойств, встал вопрос о возможности использования таких источников света в морской воде для решения проблем передачи информации, связи, локации, видения. Было получено постановление Совета Министров СССР о выполнении Институтом физики АН БССР задания по изучению распространения лазерного излучения в водной среде. Выполненной лабораторией работе приемной комиссией (руководитель – профессор Г.В. Розенберг) была дана высокая оценка. Результатом стала рекомендация о необходимости создания научного корпуса с лабораторным оптическим бассейном (вместо аквариумов). В этом бассейне, введенном в эксплуатацию в 1969 г., в дальнейшем было проведено много исследований по моделированию распространения света (в том числе лазерного излучения) в океане. Такого уникального объекта больше не удалось построить нигде.

Одна из слабо изученных задач, решением которой я собирался заниматься, – нестационарное рассеяние света, то есть временное распределение интенсивности света в пространстве, порожденное коротким импульсом. Частной задачей являлось зондирование атмосферы (или воды) световым лучом. Возникновение этой идеи относится к началу XX в., когда В.В. Кузнецовым была опубликована работа по определению высоты облаков ночью с помощью прожектора. В 30–50 гг. в Советском Союзе и за рубежом проводились немногочисленные исследования стратифицированной атмосферы с помощью стационарных и импульсных источников в поляризованном и естественном свете. Однако их несовершенство затрудняло широкомасштабную реализацию указанной идеи. Одним из уникальных свойств появившегося лазерного излучения стала возможность создания сверхкоротких импульсов при их большой мощности. Это открывало принципиально новые условия изучения состава атмосферы или воды и переориентировало нас на использование нового светового источника. Таким образом, случайное желание одновременно заниматься нестационарным рассеянием света и влиянием мощного излучения на его распространение в среде ока-

зало большое влияние на быстрое развитие методов и техники ЛЗА в республике.

Первые эксперименты по лазерному зондированию проводились нами в воде. Сотрудниками И.Д. Шербаф, А.Л. Скрелиным, В.Д. Козловым, И.И. Калининым была сделана оптическая водная скамья в виде соединенных между собой трех 12-метровых труб с наваренными на них рельсами. По рельсам перемещались два своеобразных рейтера с лазером и приемником. Узконаправленный приемник мог вращаться на 380° . Погружая скамью в воду, можно было изучать пространственно-угловую и временную структуру света. Детальные эксперименты были проведены в 1966 г. на оз. Нарочь.

Лазерное зондирование зарождающегося тумана и его трансформация во времени наблюдались нами на Звенигородской станции Института физики атмосферы АН СССР в 1967 г. Это было первое лазерное зондирование атмосферы в СССР. (В мире оно было осуществлено на рубиновом лазере Г. Фиокко и Л.Д. Смуллиным в 1963 г.)

Впервые методом многоволнового поляризационного лазерного зондирования нами был проведен длительный цикл исследований спектров оптических характеристик и микроструктуры аэрозоля в нижней атмосфере в большинстве географических регионов бывшего СССР и Мирового океана. Измерения осуществлялись как с наземных лидарных станций, так и с борта самолетов и кораблей. Исследована динамика вертикальных профилей параметров атмосферного аэрозоля. Построены региональные статистические модели оптических параметров тропосферного аэрозоля. По сигналам обратного рассеяния сделаны оценки отношения «сигнал/шум» при решении локационных задач.

В 1974 г. группу лазерного зондирования возглавил кандидат физико-математических наук Анатолий Павлович Чайковский, который в 2008 г. принял руководство моей лабораторией. Широкий круг научных теоретических и экспериментальных задач рассматривал В.Н. Щербаков. В частности, он исследовал нестационарное рассеяние не только в слабомутных, но и в плотных дисперсных средах. В последнем случае эквивалентом короткой длины импульса являлась малая длина монохроматичности света. Вопросами общей компоновки, сборки, юстировки лидарной техники, а также измерениями с ее использованием занимались И.С. Хутко, Ф.П. Осипенко, М.М. Король, Н.П. Воробей, А.И. Колесник. Радиоэлектронную аппаратуру разрабатывал А.С. Слесарь, а программное обеспечение – С.В. Денисов. Конструкторская документация

подготавливалась в разное время К.Н. Дятловым, Л.В. Николаевым, Е.В. Рыбальченко, Л.А. Бондарчиком. Большую помощь в создании лидаров оказало Центральное конструкторское бюро АН БССР.

За все годы создано около 30 лидаров разного назначения для работы в лабораторных условиях и на открытом воздухе, на автомобиле, корабле, самолете. С крыши Института физики осуществляется зондирование загрязнения атмосферы г. Минска, из помещения – профиля характеристик аэрозоля, концентрации озона и ряда парниковых газов до высоты 40 км. Особо следует отметить регулярное, с 2012 г., ЛЗА с помощью двух лидаров в прибрежной зоне Антарктиды на российской станции «Молодежная», в районе г. Вечерняя, где сейчас построена Белорусская антарктическая научная станция. Первые эксперименты там выполнял М.М. Король. Получен большой материал по оптическим свойствам атмосферы континента. Для круглогодичных измерений в Антарктиде в разных условиях создан многоволновый поляризационно-рамановский контейнерный лидар с фотоприемными модулями четырех типов.

Лидарная техника будет более эффективно использоваться, если сформировать единый банк данных загрязнения атмосферы по огромным территориям. Это возможно при объединении отдельных лидарных станций в единую сеть с интеркалибровкой приборов и методик, проведением мониторинга по общим правилам. Первая попытка создания сети была предпринята еще в середине 1980-х гг. Сеть стратосферных лидаров, контролирующих антропогенные и вулканические загрязнения атмосферы, «озоновые дыры», работала в разных странах СНГ, в Польше, на Кубе. Европейская лидарная сеть EARLINET в 2000 г. объединила 24 ведущих центра на территории 13 государств. Одним из организаторов данного проекта был Институт физики. В 2017 г. EARLINET была трансформирована в комплексную региональную сеть мониторинга атмосферы. ИФ инициировал создание на территории бывшего СССР новой лидарной сети CIS-LiNet (функционирует с 2006 г. в тесной связи с сетями Европы и Юго-Восточной Азии). Проект включает 7 лидарных станций от Минска до Владивостока с унифицированным оборудованием, программными пакетами для обработки данных. В процессе мониторинга исследуются пространственно-временные тренды и циклические изменения параметров тропосферного и стратосферного аэрозоля, а также стратосферного озона в различных геофизических регионах СНГ.

С целью увеличения возможностей лидарной техники была создана многоволновая лидарная система с рамановскими каналами, внедренная не только в Беларуси, но и в ряде стран в сетях EARLINET и CIS-LiNet. Ее кардинальными задачами стали разработка многоволнового излучателя, многоканальной оптической приемной системы и фотоприемных модулей. Многоволновый излучатель посылает в атмосферу одновременно 3 световых импульса по одной трассе зондирования. Приемная система представляет собой 7-канальный оптический анализатор, предназначенный для регистрации излучения на разных длинах волн. Фотоприемники включают в себя датчик, усилитель и аналогово-цифровой преобразователь для регистрации в аналоговом режиме или дискриминатор (счетчик импульсов) для регистрации в режиме счета фотонов.

Существует принципиально другая мировая сеть AERONET для регистрации загрязнения атмосферы аэрозолем, включающая около 400 станций. В ней с помощью радиометров фирмы CIMEL по ослаблению солнечной радиации определяется спектральная аэрозольная оптическая толщина всей атмосферы, что позволяет рассчитать среднюю концентрацию аэрозоля. А.П. Чайковским, который уделял особое внимание комплексному изучению загрязнения и состава атмосферы дистанционными методами (а это не только лазерное, но и радиометрическое и аэрокосмическое зондирование), предложен метод совместной обработки данных лидара и солнечного радиометра, поддержанный учеными разных стран. Это дает возможность найти профили не только общей концентрации, но также мелкой и крупной фракций. Такой метод применяется на многих лидарных станциях.

Информация о пространственном распределении параметров атмосферных компонентов по всему земному шару составляет основную ценность результатов космических измерений, но в силу технических ограничений они не могут достигнуть качества данных, которое доступно на стационарных лидарных станциях. Начиная с 2006 г., когда был запущен спутник CALIPSO, осуществлялся международный эксперимент по валидации спутниковых измерений и сопоставлению их с результатами наземного зондирования в сети EARLINET (в том числе в Институте физики). На основании статистического анализа были сделаны оценки разностей сигналов обратного рассеяния, измеряемых системами.

Идея аэрокосмического зондирования основана на измерении теплового излучения атмосферы, подстилающей поверхности или рассеянного ими

солнечного света. Для получения данных об аэрозоле в нашем центре оптического дистанционного зондирования использованы материалы спектрорадиометра MODIS на спутниках Terra и Aqua, космических агентств США (NASA) и ЕС (ECA). Большим недостатком аэрозольных алгоритмов обработки спутниковых данных, разработанных в Соединенных Штатах, Японии, Германии, Великобритании, является многочасовая обработка даже одного кадра изображения. С целью создания оперативного алгоритма по ее сокращению нашей теоретической группой во главе с Э.П. Зеге и И.Л. Кацевым было предложено использовать аналитические решения теории переноса излучения в комбинации с численными расчетами. Идея этого подхода была описана в монографии *Satellite Aerosol Remote Sensing over Land* (Editors A. Kokhanovsky, G. Leeuw Springer). Время обработки кадра – порядка минуты. Величины аэрозольной оптической толщины атмосферы в разных местах, измеренные на земле стандартным прибором CIMEL и восстановленные по разработанным нами и зарубежным алгоритмам, оказались близкими.

В настоящее время предложен новый метод комплексного наземного и спутникового дистанционного зондирования атмосферного аэрозоля, результатом применения которого являются восстановленные пространственные распределения высотных профилей концентраций и оптических характеристик атмосферного аэрозоля в масштабах крупных регионов и атмосферы в целом. Информацию о параметрах взвешенных в атмосфере частиц получают из данных координированных наземных и спутниковых измерений с помощью лазерных и радиометрических систем при их обработке regularизирующими алгоритмами, разработанными для основных форматов лидарных данных.

В 2017 г. Институтом физики впервые организован и проведен международный комплексный наземный и спутниковый эксперимент LRMC-2017, при котором результатом обработки объединенного массива данных координированных измерений спутникового лидара, наземных станций региональных лидарных сетей и станций глобальной радиометрической сети AERONET стали высотные распределения параметров аэрозольных фракций различных регионов планеты. В эксперименте участвовало 39 научных групп мира.

Помимо работ, выполненных указанным ранее коллективом, в Институте физики группа в составе В.В. Чуракова, В.О. Петухова, В.А. Горобца занималась исследованием возможности зондирования

газового состава атмосферы с помощью ИК-лазеров. С этой целью был разработан и создан комплекс аппаратуры на основе мощного TEA CO₂-лазера с широкой перестройкой по спектру (9–11,4 и 4,5–5,7 мкм) и CO₂(CO)-лазеров низкого давления с продольным разрядом (в том числе и многоволновыми), которые использовались в составе лидаров в Томске и Минске. Предложены методики измерения концентрации двуокиси серы, закиси азота, окиси углерода, паров воды и т.д., а также обнаружения мест утечек природного газа из трубопроводов путем контроля содержания этана в атмосфере. По ряду организационных причин эти разработки не были внедрены в практику.

Одновременно с развитием лидарной тематики в ИФ НАН Беларуси лазерное зондирование атмосферы осуществлялось в Институте прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко в 70–80 гг. группой Д.А. Ашкинадзе. Были проведены измерения загрязнения Минска, Москвы, Ленинграда. В дальнейшем экспериментальные исследования прекратились. Ряд методик прорабатывается в Белорусском государственном университете под руководством М.М. Кутейко.

В чем причина успехов методологии лазерного зондирования в Республике Беларусь, которых не было во многих других странах? Институт физики одним из первых в СССР включился в данную тематику благодаря научной заинтересованности и финансовой поддержке со стороны АН СССР, военных ведомств, Госкомгидромета СССР, Космического агентства Советского Союза, экологических организаций, а после 1992 г. – Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Беларуси. Это дало возможность овладеть современными технологиями, позволяющими разрабатывать лазеры различного назначения, в том числе для лидаров. В институте еще с 60-х гг. получили широкое распространение теоретические и экспериментальные работы по оптике и физике атмосферы и океана и их экологическому контролю. Важно и то, что в Беларуси развита оптико-механическая промышленность, электроника – основа лидарной техники; почти одновременно с созданием лазеров здесь велись работы по зондированию атмосферы и воды, сформировались высококвалифицированный научно-технический персонал и солидная материальная база. ■

ВЕЧНОЕ СИЯНИЕ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ



КАК БЕЛОРУССКИЕ ФИЗИКИ
ПЫТАЮТСЯ РАЗГАДАТЬ ВЕЛИЧАЙШУЮ ЗАГАДКУ
ВСЕХ ВРЕМЕН И НАРОДОВ



Научиться управлять четвертым состоянием вещества — плазмой — означает осуществить прорыв во многих определяющих нашу жизнь областях, в том числе медицине и энергетике. И если звезды, молнии, северное сияние и горящий огонь тысячи лет поражали человеческое воображение, пробуждая вдохновение художников и поэтов (а кто же первым понял, на что можно смотреть бесконечно?), то сегодня процессы, протекающие в этих природных плазменных образованиях, работают в устройствах, улучшающих жизнь миллионов людей.

Долгие годы над решением сложнейших задач, связанных с практическим применением плазмы, бьются лучшие умы человечества. Среди них — и белорусские физики, в том числе наш сегодняшний герой.

Тайны четвертого состояния

Для человека непосвященного плазма кажется чем-то далеким и неосязаемым. А между тем она распространена в природе и бывает совершенно разной: газоразрядной, лазерной, низко- и высокотемпературной, образованной различными способами... Исследования этого состояния вещества в Беларуси ведутся по нескольким

Краткая справка

Максим Усаченок – кандидат физико-математических наук, один из лучших молодых ученых нашей страны. Родился и вырос в Минске, окончил физический факультет Белорусского государственного университета и аспирантуру Института физики НАН Беларуси, в котором с 2010 г. и трудится. С 2018 г. – заместитель руководителя научного центра «Физика плазмы», с 2019 г. – глава Совета молодых ученых Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси. Автор более 70 научных работ, 8 патентов. Дважды был удостоен стипендии Президента Республики Беларусь: как один из лучших аспирантов (2014 г.) и талантливых молодых исследователей (2018 г.). Занимается изучением свойств и практического применения плазмы.

направлениям, одно из которых – физика и диагностика плазмы – является сферой научно-исследовательской деятельности Максима Усаченка. Часть этой большой работы связана с исследованием нелинейных процессов при взаимодействии мощных электромагнитных волн с неоднородной замагниченной плазмой. «Здесь наши с коллегами усилия в основном сфокусированы на развитии методов управления абсолютной параметрической неустойчивостью в неоднородной замагниченной плазме при использовании немонхроматичной накачки», – поясняет ученый.

Второй важнейший вопрос – разработка одно- и двумерных электромагнитных кристаллов, управляемых плазмой. Максим рассказывает, что они могут послужить основой для создания новых электрически управляемых элементов волноводных трактов (ключей, переключателей, фильтров, аттенюаторов и др.), способных работать при больших уровнях падающей СВЧ-мощности, а также средств защиты от мощных внешних электромагнитных атак. Получаемые результаты находят применение для развития теоретической модели нелинейного взаимодействия СВЧ-волн с плазмой. «Данная работа выполняется совместно с Физико-техническим институтом имени А.Ф. Иоффе РАН

(г. Санкт-Петербург) и ведется моими старшими коллегами и наставниками Архипенко В.И. и Симончиком Л.В. в стенах НАН Беларуси уже более 40 лет, – характеризует масштабы решения задач Максим Сергеевич. – К слову сказать, это один из немногих путей участия Республики Беларусь в международном проекте ИТЕР».

Иногда начинаешь понимать, что не даром древние предшественники ученых искали не что иное, как философский камень. Будучи наукой точной, современная физика дает возможность убедиться в том, какие многомерные изменения способны происходить при взаимодействиях, делая иной материю и реальность. Например, если облучать плазму радиоволнами, то при некоторых условиях она начинает вести себя подобно металлу. «Это важно, – подчеркивает в нашей беседе Максим Усаченок, – так как все радиоэлементы, особенно рассчитанные на большую мощность СВЧ-излучения, так или иначе работают с металлически структурированными объектами».

Что касается еще одного направления – взаимодействия плазмы с веществом, то уже известны и широко применяются технологии напыления металлов на различные поверхности при помощи плазмы, совершенствуются и методы создания наноматериалов, связанные с разрядами плазмы в жидкостях. Однако удачные лабораторные эксперименты заканчиваются не только новыми технологиями для промышленности, но и разработками для медицины – например, современных методов лечения заболеваний.

– В нашем центре исследуется влияние плазменных потоков на биологические объекты, – поясняет собеседник. – В частности, это направление плазменной медицины, связанное с обеззараживанием ран. Наши специалисты выявляют механизмы того, каким образом плазма убивает бактерии.

В поисках «вечного двигателя»

Максим Усаченок и его коллеги создают технологии будущего. Это поистине глобальный вопрос, решение которого будет иметь общемировое значение. Хотя крупных термоядерных устройств типа «Токамака» на территории Беларуси не имеется, тем не менее наши ученые активно участвуют в важнейших международных инновационных проектах. Наука безгранична – в полном смысле этого слова.



– Исследования мы выполняем в тесном взаимодействии с нашими коллегами из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, где работает сильная теоретическая группа, сотрудничающая практически со всеми ведущими термоядерными исследовательскими центрами Европы. Можно сказать, опосредованно через них мы участвуем в решении такой большой проблемы, как создание и внедрение в практику технологии получения «чистой» энергии.

Само понятие токамака было сформулировано еще более 50 лет назад академиком Л.А. Арцимовичем (по любопытному совпадению – белорусом и даже выпускником физмата БГУ). Работа этого устройства основывается на взаимном влиянии плазменного шнура и электрической обмотки, в результате которого получается фактически идеальный трансформатор с малыми тепловыми потерями и возможностью переводить термоядерную энергию в тепловую. Такой принцип получения энергии может позволить обойтись без атомных станций, тем самым сняв с человечества головную боль – проблему контроля их безопасности. Это возможно по той причине, что для получения термоядерной реакции планируется использовать дейтерий-тритиевую смесь. «Даже при условии выхода реактора из строя не получится развития неконтролируемых реакций, ведь плазма просто потухнет», – объясняет Максим. Именно поэтому уже более полувека физики всего мира ищут для человечества что-то вроде вечного двигателя.

При изучении взаимодействия СВЧ-излучения с неоднородной замагниченной плазмой модельные эксперименты наши ученые ставят на линейной плазменной установке «Гранит». Их исследования позволяют проверить теории, объясняющие природу возникновения аномальных эффектов при нагреве плазмы СВЧ-волнами в больших устройствах типа «Токамак» и «Стелларатор».

– Дело в том, – поясняет исследователь, – что эти устройства технически очень сложны, имеют высокое энергопотребление и требуют задействования большого числа сотрудников при проведении экспериментов, а на установках, подобных нашей, выполняются исследования отдельных физических явлений.

Трудно ли находить единомышленников – и среди теоретиков, и тех, которые могут применить находки исследователей на практике? Максим Сергеевич проливает свет на этот процесс:

– В научной среде люди, направляющие усилия на оригинальные научные исследования, формируют вокруг себя группу из тех, кто помогает в реализации идеи. Кто-то диагностикой занимается, кто-то реализацией самих приборов и т.д. Как только исследователь сформировал вокруг себя эту группу из нескольких человек, они работают в заданном направлении. Все результаты, которые они вместе получают, – общие. Найти группу коллег, которая занималась бы чем-то похожим в другой стране, не всегда просто. Как правило, их единицы, и они разбросаны по всему миру. Буквально через год-два все друг друга знают. По конференциям, по публикациям становится ясно: к примеру, вот тут в США группа ученых работает над подобной проблемой. Но хорошо, что мы их пока опережаем! Или наоборот: жаль, что пока не лидируем. У каждой научной группы есть свои секреты. Их наличие подстегивает интерес.

Кроме совместной работы с коллегами из Санкт-Петербурга, белорусские исследователи также сотрудничают с Лабораторией плазмы и преобразования энергии LAPLACE (Франция).

Куда приводят мечты

Максим мог стать инженером-строителем: вспоминает, как в 11 классе планировал поступать в БНТУ. Теперь признается, что попал в научную среду неожиданно для самого себя. «Так сложились звезды!» – невольно хочется сказать, узнав подробности. Да, лучший ученик одной из минских гимназий в старших классах вдруг увлекся именно небесными светилами.

Максим попробовал свои силы в олимпиадном движении по физике и астрономии. Судьба свела его с такими же увлеченными ребятами, и после окончания школы он поступил на физический факультет БГУ. На 3-м курсе университета познакомился со своими наставниками и с тех пор занимается исследовательской деятельностью.

– Можно сказать, что в школе мне привили потребность к познанию и поиску чего-либо нового, а в университете и в процессе выполнения курсовых проектов научили, как добывать новые знания, – анализирует предпосылки Максим. – При этом меня всегда сопровождали великолепные учителя и преподаватели: в школьные годы – учителя Мороз Зинаида Ивановна и Хмелевский Владимир Васильевич, в университете – заведующий кафедрой атомной физики и физической информатики

Стельмах Георгий Фомич, а в институте – Симончик Леонид Васильевич и Архипенко Валерий Иванович, чьи научные достижения являются несомненным примером для меня. Работа с настоящими, преданными науке учеными помогла мне стать тем, кто я есть сейчас.

Начав работу в Институте физики НАН Беларуси, Максим смог достаточно быстро защитить кандидатскую диссертацию по теме «Газоразрядная плазма в одномерных и двумерных электромагнитных кристаллах». Исследования касались волноводных систем для сверхвысоких частот и возможностей создания быстродействующих функциональных СВЧ-элементов.

– В мире существует огромный спектр СВЧ-устройств, которые можно условно разделить на быстродействующие (управляемые малыми мощностями) и мощные, – откликается ученый на просьбу объяснить сложное просто. – Но если последние меняют свои характеристики, изменения происходят за сравнительно длительный промежуток времени. А применение газоразрядной плазмы, как показано в том числе и нами, позволяет создавать плазменные элементы, которые обладают существенным быстродействием и могут работать при больших СВЧ-мощностях. Это устройства с оптимальными характеристиками.

...А что же со звездами? Увлечение астрономией, в свое время послужившее импульсом для прихода в физику, осталось в его жизни как хобби. Кстати, исследования звезд – отдельная область физической науки, требующая глубоких знаний спектроскопии, радиоспектроскопии, атомной физики и других академических направлений.

Подрастающая Академия

Максим Усаченок – лидер научной молодежи. Уже 2 года он возглавляет Совет молодых ученых Института физики, а также всего Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси.

– Это интересная работа, а в большей степени общественная нагрузка, позволяющая реализовать организаторские способности, – делится впечатлениями он. – К примеру, мы ежегодно проводим конференцию «Молодежь в науке». Это достаточно крупный форум, на который приглашаются молодые представители научных организаций всех стран СНГ. Активное сотрудничество налажено с Россией, Казахстаном, Узбеки-

станом, другими постсоветскими республиками. В последнее время начали активно взаимодействовать с молодыми коллегами из Польши. Для всех участников это возможность представить своих ученых, их исследования и достижения.

По словам Максима, Совет молодых ученых – это фактически «маленькая, подрастающая Академия». Именно здесь генерируются научные идеи молодежи, происходит их обсуждение с экспертами, аксакалами науки, хранителями ее традиций.

Иногда это происходит в свойственном молодым нестандартном формате. Например, в позапрошлом году в Институте физики прошел «научный пикник», собравший научных сотрудников института во внутреннем дворике за чашкой чая. В свободном, неформальном общении научная молодежь делилась со старшими своими идеями, вопросами, связанными с текущими исследованиями, интересовалась мнением более опытных ученых, спрашивала совета. Старшие коллеги как настоящие отзывчивые наставники откликались, нередко высказывали одобрительный отзыв, видя, что ребята развивают новое направление. Максим уверен: такие встречи вдохновляют на новые поиски, помогают сделать коллектив еще более дружным. В дальнейшем, правда, и неформальные собрания пришлось отменить, и даже конференцию для молодых ученых перенести в онлайн-формат: как везде в мире, из-за коронавируса. Реалии времени коснулись физиков не меньше, чем людей всех остальных профессий, близких к науке и далеких от нее.

На плечах титанов

Множество великих, выдающихся ученых прошлого и настоящего изменили мир к лучшему. «Можно открыть учебник по физике, химии, биологии и пр. и прочитать их имена, и у каждого из них есть черта, которая восхищает меня – стремление к тому, чтобы найти исчерпывающее объяснение устройству окружающего нас мира и тем самым сделать нашу жизнь лучше», – признается Максим. И философски замечает:

– Есть такое выражение: это не мы такие умные, это мы стоим на плечах титанов. Так оно и есть. Когда человек приходит работать в сформированную научную школу, как правило, там существует несколько направлений исследований. А потом он определяется непосредственно со своей небольшой задачей, которую



будет решать. Однако через некоторое время все может поменяться, могут возникнуть условия, которые диктует сама природа. Мы занимаемся исследованиями, а потом, к примеру, энергетика возобновляемых источников станет настолько эффективной и самоокупаемой, что поиск других альтернатив окажется не столь нужным.

«Зеленая» энергия пока считается достаточно дорогой, однако и проекты вроде «Токамака» далеко не самые экономичные. По мнению экспертов, затраты на их создание и функционирование не намного ниже, чем вложения во всемирно известный Большой адронный коллайдер. И тем не менее, подчеркивает ученый, этот проект необходим: термоядерная энергетика – это действительно светлое будущее всего человечества.

Компас в лесу науки

Одной из основных задач в работе научного сотрудника наш герой считает создание, формулирование нового знания и передачу его обществу. И хотя идея выглядит очень романтично, ее реализация невозможна без напряженного труда. «Ученый размышляет над поставленными перед ним задачами 24 часа в сутки», – констатирует Максим.

В процессе выполнения научно-исследовательских работ, безусловно, не обходится и без трудностей. Например, всегда стоят на повестке дня такие вопросы, как кадровый состав исследовательской группы, финансирование, обеспеченность оборудованием. При этом главная задача – гораздо более глобальная и отнюдь не прозаическая: не сбиться с пути в поисках нового.

– Заблудиться в лесу науки очень просто, – размышляет наш собеседник. – Недаром говорят: занялся научными исследованиями – будь готов долго над чем-то работать, а потом, если потребуется, все полученные результаты выбросить.

В этом и состоит сложность профессии исследователя: технологический мир меняется так стремительно, что не всегда возможно предугадать, что будет завтра. И обстоятельства могут сложиться так, что исследования, проводимые сегодня, завтра вдруг потеряют актуальность. Каждый хочет быть первооткрывателем, но ученые стараются относиться к миру философски.

– Представьте, что, получив впечатляющий результат, претендующий на некое открытие, вы решаете его проверить, протестировать на другом, более современном и чувстви-

тельном оборудовании. При новых разрешениях по длинам волн, времени, другим важным показателям может оказаться, что то, над чем вы бились, является лишь эффектом использования в работе прибора. Такая ситуация встречается при экспериментах нередко. Любые гипотезы нуждаются в тщательных проверках.

Избежать ошибки, по мнению Максима, можно также в ходе научных дискуссий. Вести их необходимо и со старшими коллегами, и с теми, кто имеет опыт исследований в смежных областях. Даже со вчерашними выпускниками университетов. А иначе можно годами «изобретать велосипед, не понимая, что за стенкой стоит мотоцикл – в научном смысле». Кстати, подчеркивает ученый, именно для такого обмена опытом и нужны научные конференции. Он уверен, что важное качество, позволяющее исследователю быть успешным независимо от области выбранного научного направления, – способность изъясняться на доступном для собеседника языке.

Расписание на послезавтра

– Надеюсь, в обозримом будущем заработает термоядерная энергетика, концепция которой была сформулирована 50 лет назад, – делится Максим и тут же уточняет, что на самом деле представить предмет исследования его коллег через полвека практически нереально:

– Физика – чрезвычайно многогранная и динамично развивающаяся область науки и человеческой деятельности. Соответственно, и предсказать, какое направление станет лидирующим в следующие десятилетия, да и в любой другой период времени, просто не представляется возможным.

Несмотря на колоссальные научные прорывы прошлого и текущего веков, человек еще очень многого не знает об окружающем мире. Для физики, которая формирует объективную картину реальности, по мнению М. Усаченка, еще на многие поколения исследователей хватит упорных поисков и удивительных открытий. И возможно, некоторые из них мы увидим уже скоро – как чудо нашей реальности, постепенно переходящее в категорию привычной, уютной, хорошо знакомой и даже незаменимой обыденности. ■

Татьяна ЖДАНОВИЧ

«На Саракі прыляцелі птакі...»

Традыцыі святкавання Саракоў у беларусаў

Мы сённяшнія – гэта і тое, што было да нас. Падзеі, якія адбываліся, людзі, што ў іх удзельнічалі, продкі, ад якіх мы паходзім, – часцінка ўсяго гэтага хаваецца глыбока ў нас, у нашай падсвядомасці, за стагоддзі сфарміраваўшы душу народа, да якога мы належым.

У рубрыцы «Крыніцы» мы будзем разам з нашымі аўтарамі і чытачамі шукаць беларускія архетыпы і першаасновы, якія датычацца матэрыяльнай і духоўнай культуры нашай краіны, яе багатай гісторыі і старадаўніх традыцый, а таксама ўплываў на іх нашых блізкіх і далёкіх суседзяў і дачыненняў з імі.

Запрашаем у гэты таямнічы і яскравы свет кожнага, хто цікавіцца нашай мінуўшчынай.



Птушкі на Саракі. Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць. Фота Т. Валодзінай.



Таццяна Кухаронак,
старшы навуковы супрацоўнік
аддзела нарадазнаўства
Цэнтра даследаванняў
беларускай культуры,
мовы і літаратуры НАН Беларусі,
кандыдат гістарычных навук, дацэнт;
kucharonak@tut.by

Асноўнай крыніцай для беларускіх этнолагаў і фалькларыстаў у апошнія два дзесяцігоддзі сталі палявыя запісы, інфармацыя, атрыманая ад захавальнікаў і носьбітаў мясцовых традыцый падчас экспедыцыйнай працы. Любая навуковая экспедыцыя з'яўляецца камунікатыўнай структурай спараджэння ведаў і фарміруе шэраг тыпавых камунікатыўных сітуацый, якія вызначаюць і формы першаснай вербалізацыі зыходнага збіраемага матэрыялу. Яе вынікі – палявыя дадзеныя – затым кладуцца ў аснову ўсіх далейшых трансфармацый, якія і склада-

юць фонд фальклорна-этнаграфічных ведаў [1]. Гэты артыкул напісаны менавіта на аснове палявых дадзеных, сабраных аўтарам і яе калегамі ў розных рэгіёнах Беларусі.

Назіранні за прыродай, вопыт, веды аб навакольным асяроддзі ў значнай ступені былі зафіксаваны ў народным календары беларусаў, які арганізоўваў жыццядзейнасць селяніна дзень за днём на працягу года, адлюстроўваў цыклічнасць часу, паўтор сезонаў і месяцаў года, кліматычных умоў кожнага з іх і ў якім працоўныя будні рытмічна чаргаваліся са святамі.

Саракі ў народным календары беларусаў адзначаюцца 22 сакавіка. Паводле праваслаў-

нага календара гэта Дзень святых сарака вялікамучанікаў Севасцейскіх. Як і ў іншыя святочныя дні, вяскоўцы на Саракі ўстрымліваліся ад працы, што было праяўленнем шанавання святаго дня. Абрадава-песенны комплекс, што суправаджаў гэтае свята ў мінулым, павінен быў садзейнічаць наступленню вясны, набліжэнню цяпла і святла, абуджэнню прыроды і яе жыццядайных сіл. Паводле традыцыйных уяўленняў, Саракі адкрывалі вырай, адкуль чакаўся прылёт птушак, якія лічыліся пасярэднікамі паміж зямлёй і раем, выраем, паміж гэтым і тым светамі. У народных вытлумачэннях сорок птушак супастаўляюцца з сарака пакутнікамі: «Сорок птушчак прыляціць – сорок мучанікаў, яны здалёка лятуць, з-за мора» (в. Воўкаўшчына, Маладзечанскі раён, Мінская вобласць) [2]. Для сустрэчы прылёту «сарака выраяў» гаспадыні выпякалі з цеста фігуркі птушак, што мелі адмысловыя назвы: гракі, са(–о)ракі, сарокі, жаўранкі, галубкі, галубы, вароны і інш. Печыва на Саракі – адзін з яскравых атрыбутаў, маркераў гэтага свята, інфарманты найчасцей згадваюць пра яго ў сваіх аповедах, памятаюць падрабязныя рэцэпты «птушак», клёцак, піражкоў, некаторыя гатуюць іх і сёння для сваіх унукаў. У паўночна-ўсходніх раёнах Гомельшчыны абрадавае печыва на Саракі магло насіць назву каткоў, коцікаў. Выпечаныя фігуркі давалі дзецям, якія з імі ўзлазілі на ўзвышшы, дрэвы ці прымацоўвалі іх на плот, пакідалі на праталінах. Пры гэтым яны гукалі вясну, падкідвалі «птушак» угору, імітуючы прылёт сапраўдных, і крычалі: «Жаўранкі ляцяць!». «На

Соракі пяклі жаўраначкаў такіх маленькіх, вочкі сдэлаем с канापеляк, дзюбкі. Угашчалі дзетак усіх. Тады гушчалі <птушак> на скацерцы: «Жавароначкі, прыляціця, стару зіму праганіця...». І падкідвалі ўверх птушак, і дзеці, і ўзрослыя» (Галіна Брыкава, 1941 г.н., в. Стары Дзедзін, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць); «На Саракі, гаворюць, сорок птушак прылятае. Абізацільна нада была спеч там каго ты ўмееш: сароку, і жаўранка – сорок штук. Дзеці гулялі з гэтымі птушчакімі, падкідвалі іх. Падвешвалі іх на дзярэўя, вешалі на кусты на нітачцы для настаўшчых птушчак» (Таццяна Зайцава, 1910 г.н., в. Пушкі, Лёзненскі раён, Віцебская вобласць).

Найбольш распаўсюджанай формай гэтых «птушак», асабліва на Магілёўшчыне, паводле ўспамінаў вясковых жыхароў, была наступная: іх выраблялі з распасцёртымі крыламі, як бы ў палёце: «На Соракі мы яшчэ малыя дзелалі і галубцы, і гракоў, і варон, і крылышкі ім дзелалі, і дзюбкі, усякая ім дзелалі. С жытнёвага цеста дзелалі, панаставіш на скавараду, каб не разваліліся» (Кацярына Мельнікава, 1926 г.н., в. Горы, Горацкі раён, Магілёўская вобласць). Паводле традыцыйных уяўленняў беларусаў, у гэты святочны дзень дзеці нашча зранку мусілі з'есці па адной «птушцы-сарачанцы», каб быць здаровымі і паспяховымі цэлы год. На Віцебшчыне стараліся як мага хутчэй з'есці атрыманую на Саракі птушку, «тады будзеш так шывка хадзіць, як птушка лятаець»; дзяўчаты ж з'ядалі яе, седзячы на ганку, «каб спіна не балелі ў час жніва». Таксама ўжыванне абрадавага печыва на Саракі спры-

яла, паводле вераванняў беларусаў, паспяховаму пошуку яек дзікіх качак і гусей летам, што было значнай падмогай у харчаванні многіх сялянскіх сем'яў. З гэтай жа мэтай – знаходжання яек – у некаторых лакальных традыцыях давалі хлапчукам посуд з сарака зваранымі клёцкамі і загадвалі ім да ўсходу сонца аббегчы ў адной кашулі кругом хаты тры разы і пры гэтым есці клёцкі.

У дзень свята гэтыя мучныя вырабы выкарыстоўваліся ў якасці падарункаў для дзяцей, якія здзяйснялі абыход двароў аднавяскоўцаў: «А дзеці тады прыхадзілі, як на Паску за яйцамі за крашанымі, так на Соракі за жаўранкамі за гэтымі хадзілі, у другія хаты. Ім давалі, яны пойдуць у другую хату. Глядзіш ужо: адны выходзяць, другія заходзяць, і раздавалі. А на Соракі нічога не пелі, прыдуць: «Здрасьце» – «Здрасьце», стаіць дзіцёнак у парозе. Мамка ўжо вынесець пару галушчак, жаўранка этага, і ён пабег» (Ніна Камарова, 1941 г.н., в. Кісялёва Буда, Клімавіцкі раён, Магілёўская вобласць). Акрамя дзяцей, згодна з анімістычнымі ўяўленнямі, уласцівымі традыцыйнаму светасузіранню беларусаў, на Саракі печыва/дары (іх пакідалі на дрэвах, стаўпах, каля вады) атрымлівалі прадстаўнікі звышнатуральных сіл, розныя духі, што насялялі навакольны свет і тагасвет у цэлым.

Акрамя «птушак» на Беларусі гатавалі яшчэ сорок клёцак, піражкоў ці аладак з цёртай бульбы або мукі, з якімі былі звязаны вераванні аб тым, што пасля Саракоў будзе яшчэ сорок замаразкаў, і пры кожным чарговым трэба з'есці адзін гэты выраб, а пасля палічыць:

колькі клёцак/піражкоў заста-
лося – столькі павінна яшчэ
быць замаразкаў. Пры дапамозе
абрадавага печыва варажылі –
знайсці запечаную ў сарачанцы
капейку прадказвала шанца-
ванне на ўвесь год: «Маленькіх
галушчак накатаюць, і ў адну
клялі капеечку. І вот пяць чле-
наў сям’і – на пяць кучачак рас-
кладуць. Кожды сваю бярець
кучку: хто капеечку найдзець –
той шчаслівы» (Марыя Мака-
ранка, 1946 г.н., в. Ліпаўка,
Хоцімскі раён, Магілёўская воб-
ласць). На Брэстчыне частку
мучных вырабаў «галеп»
пакідалі, і хто першы ўбачыць
бусла, той выходзіў да яго
насустрэч са словамі: «Бацян,
бацян! На табе галепу, дай мне
жыта капю». Людзі больш ста-
лага веку пакідалі «галепы»
да вясны/лета і з імі рабілі
першае заворванне і першае
зажынанне хлеба. У некаторых

лакальных традыцыях абрада-
вае печыва, як і іншыя сакраль-
ныя прадметы, захоўвалася
за абразамі і выкарыстоўвалася
як абярэг ад грому і маланкі.

У абрадавых дзеяннях
і народных павер’ях, звяза-
ных з гэтым святам, абыгрыва-
лася лічба «сорок»: «На Саракі
трэба было спячы сорок пту-
шак, сорок вяровак парваць,
сорок трэсак і сорок дравін пры-
несці ў хату». Па ўсёй Бела-
русі адным з устойлівых эле-
ментаў Саракі быў звычай
перакідвання праз страху трэ-
сак, скіраваны на поспех у зна-
ходжанні яек. Хлопчыкі бая-
ком раненька, да сонца, нашча,
выбягалі на двор і спрабавалі
перакінуць праз страху сорок
трэсачак. Гэта рабілі яны для
таго, каб летам мець поспех
у адшукванні птушыных гнёз-
даў: «Нада была баяком выбя-
гаць на вуліцу сабіраць трэскі,

і кідаць іх на крышу. Сколькі
накідаюць трэсак, тады прыля-
цяць пціцы на балота, сколькі
трэсак – столькі насабіраеш яіц
на балоце» (Іосіф Ільющыц,
1926 г.н., в. Рог, Салігорскі раён,
Мінская вобласць). У некато-
рых раёнах зафіксаваны звычай
варажыць пры дапамозе трэсак,
якія раніцай да ўзыходу сонца
прыносілі ў хату і лічылі: калі
трэсак аказвалася сорок штук,
гэта прадказвала, што летам
знойдзеш сорок птушыных гнёз-
даў з яйкамі качак або гусей.

Дзяўчаты раніцай на Саракі
разрывалі сорок вяровачак ці
матузкоў або разламвалі сорок
дошчачак, што, паводле тра-
дыцыйных вераванняў, спры-
яла вызваленню зямлі з зімо-
вага палону і хутчэйшаму нады-
ходу цёплых вясновых дзён.
Моладзь ладзіла ў гэты дзень
арэлі і гушкалася, меншыя гой-
данкі рабіліся і для дзяцей.



Птушкі на Саракі



Птушкі для гукання вясны



Птушкі для гукання вясны



Птушка-сарачанка



Печыва на Саракі. Фота А. Лянкевіча



Шчэпавая птушка-абярэг.
Бярозаўскі раён. Фота Т. Кухаронак

Гушканне на арэлях на Саракі, згодна з народным меркаваннем, садзейнічала здароўю чалавека, яго ачышчэнню; спрыяла росту ільну: лічылася, чым вышэй будзеш калыхацца – тым вышэйшы вырасце лён. У сучасных наратывах вясковых жыхароў яно ўзгадваецца як вясёлая дзея, а з яе магільных складнікаў захавалася пажаданне таго, каб улётку не кусалі камары: «Мы гушкаліся на Саракі, гушкалку павесім і гушкаемся. Бывала, былі гумы і бальшыя пуні, сабіраліся, хлопцы бяруць вяроўкі і робяць гушкалку такую. Вяроўкі за балькі, а тады доску кладуць бальшую, абкручваюць яе, увязваюць і па баках станаўяцца, а тут сядзяць і гушкаюць. Гушкаліся, каб камары ўлётку ня елі» (в. Стараселле, Крупскі раён, Мінская вобласць) [2]. Папулярнымі ў гэты дзень былі і скаканні дзяўчат на дошках, бо, згодна з міфалагічнымі ўяўленнямі, здольнасць дзяўчыны зламаць сорок такіх дошак паказвала на яе гатоўнасць да шлюбу. Права на такі від забаў-выпрабавання мелі толькі тыя дзяўчаты, што ўваходзілі ва ўзрост нявест, прычым удаае скаканне прадказвала будучыя поспехі. У сваю чаргу хлопцы гэтаксама праходзілі сваё выпрабаванне на гатоўнасць да шлюбу – мусілі збіць сорок краглёў: «Сорок краглёў ужо трэба выбіць. Гульня такая была ў «Краблі»: атразалі такія дзеравянныя кусочкі, як на жэрдку, іх складалі хаткай, як на жэрдку, іх складалі хаткай, усякімі такімі іграшкамі. А другія хлопцы палкамі выбівалі. Палкай размахвае і кідае той палкай, штоб выбіць тых сорок краглёў» (в. Дуброўнае, Брагінскі раён, Гомельская вобласць) [2]. У многіх лакальных традыцыях на Саракі гукалі вясну.

Вечарам хлопцы і дзяўчаты збіраліся на танцы, частаваліся півам, якое спецыяльна варылася да гэтага свята.

Саракі ў каляндарным коле пазначалі сабою кліматычны рубаж («Саракі гоняць снег да ракі»), які сігналаваў аб хуткім наступленні вясны. Сталыя людзі, як і заўсёды на каляндарныя святы, назіралі за надвор'ем, бо лічылася: якое надвор'е на Саракі – такое застанеца на сорок наступных дзён. Сяляне прыкмячалі: калі, напрыклад, за тыдзень да Саракі прыляціць жаўранак – то пасля Саракі ён схваецца і тыдзень будзе сядзец, бо халоднае надвор'е будзе; калі на Саракі мяцеліца – чакаецца вясна зацяжная, павымяце, кажуць, з пунь, адусюль; не будзе ні сена, ні хлеба ў засеках [2]. «На Саракі выходзіш раненька і глядзіш, куды дым ідзе з коміна, у які бок, ці на запад, ці на ўсход, гэта значыць, цёплае лета будзе ці халоднае. У нас калі з усходу вецер, дак у нас тады зімна, кажам дзярбуны, а як з западу – тады цёпла будзе» (Марыя Буцько, 1939 г.н., в. Валэйкавічы, Сморгонскі раён, Гродзенская вобласць). Выконвалі разнастайныя абрады, каб забяспечыць

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Щепанская Т.Б. Полевик: фигура и деятельность этнографа в экспедиционном фольклоре (опыты автоэтнографии) // Журнал социологии и социальной антропологии. 2003. Т. VI. № 2. С. 165–179.
2. «Ядраное жыта гаспадара кліча...»: каляндарны год у абрадах і звычаях / Т.В. Валодзіна, Т.І. Кухаронак. – Мінск, 2015.



На Саракі. Любанскі раён,
Мінская вобласць.
Фота С. Выскваркі

будучы добры ўраджай, здароўе сабе і дзецям. Так, стукалі ў вулей, і калі з вулея вылеціць пчала, лічылі: будзе добрае лета. Рассыпалі па дарозе жыта і пілавінне ў надзеі на добры ўраджай і багацце лесу. Кідалі саломай у сцяну хаты: колькі стукнецца саломінак аб яе – столькі, лічылася, курыца знясе яек у годзе.

Каляндарныя святы з'яўляліся як бы прыпын-камі-перапынкамі ў бясконцым руху часу. Кожнае з іх сімвалізавала сабой пачатак новага жыцця, было перыядам часу, што злучаў мінулае, цяперашняе і будучае. Народны каляндар вучыў, засцерагаў, нагадваў. Правільнае выкананне на Саракі ўсіх патрэбных абрадаў, забаронаў, прыкмет надавала чалавеку ўпэўненасці, што ў будучым вырасце добры ўраджай, у сям'і будзе лад, здароўе, заможнасць, дачка ці сын возьмуць шлюб, народзяць здорае дзіця. ■

Vladimir Gusakov

The efficiency of development and ideology..... 4

The author shows the necessity to form a strong ideological and spiritual core for the socio-economic policy implemented in Belarus.

Zhanna Komarova

Combustion science..... 10

It's the interview discussing the chemistry of combustion, new efficient and environmentally friendly technologies based on combustion processes, the challenges facing scientists working in this field.

Pavel Grinchuk

Solid flame..... 16

The article gives a short excursus to the history of combustion. Special attention is paid to the process of self-propagating high-temperature synthesis. The author considers the stochastic structure of the heterogeneous mixture used in SHS influence on the features of its combustion near the extinction limit.

Oleg Penyazkov

What is supersonic and hypersonic combustion used for?..... 20

The processes of creating supersonic and hypersonic ramjet engines have been analyzed, which in the near future will make it possible to create new aircraft.

Vitaly Mironov

Solid fuels: From black powder to blends with nanostructured additives..... 25

The article describes the stages of solid rocket fuel evolution, indicating the features and disadvantages of their mixed varieties containing micro- and nanoparticles of metals. The nanostructured silicon used as a solid rocket fuel component is shown as promising in the rocket and space industry problems solution.

Pavel Krivosheyev

Gas detonation: From disasters to new types of engines..... 31

The author gives brief information on the discovery history and theory of gas detonation, its structure, properties, field of application, as well as the prospects for use.

Olga Meerovskaya, Tatyana Lyadnova

Sub-regional Innovation Policy Outlook 2020: Eastern Europe and Southern Caucasus..... 38

A new international innovation index developed by the United Nations Economic Commission for Europe is presented.

Mikhail Popkov

Ways to improve the legal regulation of individual entrepreneurship in the Republic of Belarus. Part 1..... 43

The article considers the issues of legal regulation of individual entrepreneurship in our country and abroad, differences in legislation and possible directions for its improvement.

Yuriy Nechepurenko

Intellectual property management system at the Ministry of Education of the Republic of Belarus..... 48

A system of intellectual property management has been developed and described in the Ministry of Education of the Republic of Belarus. It was aimed at increasing the domestic product competitiveness and the national economy growth.

Iryna Yemelyanovich

Center for the Philosophy Study and Development..... 54

The main research results of the Institute of Philosophy of the National Academy of Sciences of Belarus over 90 years of its activities, have been presented.

Anatoly Lazarevich

Acute problems of philosophical comprehension..... 56

It's an interview with the Director of the Institute of Philosophy on the contemporary challenges facing scientists in the digital age.

Natalia Kutuzova

Consolidation of forces in scenario forecasting of international relations..... 61

The article considers the achievements of the Center for Research on Globalization, Integration and Sociocultural Cooperation, and the Belarusian-Chinese Research Center for Philosophy and Culture organized within its framework, in particular.

Irina Dubyanetskaya

Belarusian ethnophilosophy..... 64

The author speaks on the project «Belarusian Ethnophilosophy in the System of National Culture» investigating the ideological foundations of Belarusian culture on folklore and ethnographic material.

Eugene Sakouski

Advance for the future..... 66

The young scientist reflects on the chosen profession and plans for the future.

Arkady Ivanov

Laser (lidar) sounding of the atmosphere in Belarus..... 68

The renowned professor, laureate of numerous awards, who made a great contribution to science, shares his memories of many years of research carried out at the junction of two fields of physics, about famous tutors, colleagues, as well as about how and why our country became one of the leaders in lidar technologies.

Tatsiana Zhdanovich

Eternal sunshine of pure energy. How Belarusian physicists try to solve the greatest riddle of all times and peoples..... 75

It's an essay about young Belarusian physicist Maksim Usachonak and his plasma research that can change the world energy, medical technologies and the quality of life of all mankind.

Tatsiana Kukharonak

«Birds flew to Saraki...»..... 80

The article considers the traditions of the spring folk holiday of Saraki celebrating in Belarus and is written on the basis of expedition research in different regions of the country.



Мезалітычныя помнікі Беларусі / А. Г. Калечыц, А. У. Коласаў. – Мінск: Беларуская навука, 2021. – 369 с.: іл.
ISBN 978-985-08-2675-6

Кніга абагульняе звесткі аб мезалітычных помніках Беларусі, якія характарызуюць раннегалацэнавы этап асваення чалавекам тэрыторыі нашай краіны – 10–6 тыс. гадоў таму. Ідэнтыфікаваны матэрыялы шэрага культур: пясочнароўскай, кундскай, бутаўскай, кудлаеўскай, яніславіцкай, помнікаў нарачанскага тыпу. Асноўную частку кнігі складае каталог мезалітычных помнікаў і месцазнаходжанняў, які ўтрымлівае звесткі аб 704 пунктах.

Выданне прызначана для археолагаў, гісторыкаў, краязнаўцаў, музейных супрацоўнікаў, студэнтаў і выкладчыкаў ВУНУ.



Справочник цветовода / Н. Л. Белоусова [и др.] ; Национальная академия наук Беларуси, Центральный ботанический сад. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 535 с. : ил.

ISBN 978-985-08-2695-4.

Справочник цветовода подготовлен ведущими специалистами Центрального ботанического сада НАН Беларуси на основе многолетних научных исследований и практической деятельности. Книга знакомит с описаниями более 300 культур красивоцветущих и декоративно-лиственных травянистых растений и кустарников, перспективных для выращивания в Беларуси и зонах со сходным климатом. Приведены их ботаническая характеристика, сведения о выращивании, размножении, использовании в садовом дизайне. Даны рекомендации по созданию газонов, водоемов, каменистых горок, подбору растений для участков с различными экологическими условиями. Каждое описание сопровождается цветной иллюстрацией.

Издание адресовано широкому кругу читателей – от опытных профессионалов до начинающих любителей, преподавателям и студентам профильных вузов.



Локотко, А. И. «В музыке летящих ракет...»: (космос в зеркале авангардной архитектуры)=“The music of rockets rushing into the sky...”: (the cosmos in the mirror of avant-garde architecture) / А. И. Локотко ; пер. с рус. Д. М. Олексенко. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 94 с. : ил.

ISBN 978-985-08-2689-3.

В книге раскрывается тема космоса от Древнего Египта и Античности, Ренессанса и барокко до монументально-символических произведений времен Французской революции К.-Н. Леду и Э.-Л. Булле, футуристических времен Первой мировой войны Э. Мендельсона и А. Сант-Элиа, 1920–1930-х гг. В. Татлина и Я. Чернихова. Архитектура и искусство XX в. представлены в творчестве Я. Дроздовича, М. К. Чюрлениса, монументальных произведениях, посвященных апофеозу победы народа в Великой Отечественной войне, зодчих И. Лангбарда, Г. Заборского, С. Мусинского, современных зрелищных и спортивных сооружений В. Крамаренко, В. Виноградова, О. Воробьева и др.

Творчество авангардистов рассматривается в контексте космологических учений В. Вернадского, произведений З. Хадид, Р. Пиано, С. Калатравы, а также концепции развития архитектуры космических кораблей Г. Балашово́й.

Предназначена для архитекторов, искусствоведов, культурологов, широкого круга отечественных и зарубежных читателей.

РУП «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «БЕЛОРУССКАЯ НАУКА»

предлагает литературу

- по медицине
- искусствоведению
- литературоведению
- языкознанию
- этнографии
- фольклору
- естественным наукам

принимает заказы на печать

- бланки формата А₅, А₄, А₃
 - грамоты ● дипломы
 - канцелярские книги
 - блокноты ● блоки для записей
 - календари ● буклеты
 - проспекты (с разработкой дизайна)
- тираж от 1 экземпляра*

Получить информацию об изданиях и оформить заказы можно по телефонам:

*(+37517) 396-83-27,
370-64-17, 267-03-74.*

*Адрес: ул. Ф. Скорины, 40,
220141, г. Минск,
Республика Беларусь
belnauka@mail.ru
www.belnauka.by*

ЗНАТЬ ВСЕ НЕВОЗМОЖНО, НО МОЖНО УЗНАТЬ БОЛЬШЕ



научно-практический журнал
**Наука
и инновации**

220072, г. Минск, ул. Академическая, 1-129
тел.: (+375 17) 351-14-46 факс: (+375 17) 379-16-12
e-mail: nii2003@mail.ru

www.innosfera.by



@science_innovations

ПОДПИСНЫЕ
ИНДЕКСЫ:

00753
007532

