

ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Д-р техн. наук **А.В. БАРАНЕНКО**, президент МАХ,
baranenko@mail.ifmo.ru
Университет ИТМО, С.-Петербург

В апреле 2018 г. исполняется 25 лет с момента, когда по инициативе ведущих ученых и специалистов холодильной и пищевой отраслей России и других государств – бывших республик Советского Союза – была создана Международная академия холода (МАХ). В соответствии с принятым Уставом задачами академии являются: профессиональная консолидация передовой части ученых и инженеров для координированного решения комплексных проблем развития экологически безопасной холодильной и криогенной техники, техники кондиционирования воздуха, низкотемпературной энергетики, а также технологий переработки сельскохозяйственного сырья и хранения пищевых продуктов; представление законных интересов, содействие защите социальных, гражданских, авторских и смежных прав членов академии; содействие международному сотрудничеству в области науки, техники, образования.

За четверть века численность МАХ увеличилась на порядок. На основании первых выборов в академию был избран 181 человек. Сейчас Международная академия холода насчитывает в своих рядах 1821 члена, в том числе 29 почетных академиков, 823 академика, 796 членов-корреспондентов и 173 академических советника. В состав академии избраны граждане 40 государств. В МАХ функционируют два зарубежных отделения – на Украине и в странах Балтии (Латвия, Литва, Эстония), два зарубежных представительства – в Беларуси и Казахстане, а также 12 региональных отделений в Российской Федерации. По профилю

научной и инженерной деятельности члены академии входят в состав 16 секций, направленность деятельности которых определяется актуальными проблемами развития техники и технологий производства и применения искусственного холода, а также технологий производства и хранения пищевых продуктов.

В течение 20 лет издается научно-теоретический журнал академии «Вестник Международной академии холода», индексируемый в настоящий момент в международной базе цитирования Chemical Abstracts и поэтому признаваемый ВАК РФ рецензируемым научным изданием для публикаций результатов исследований диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Ученые, инженерно-технические работники и руководители, члены академии, работая в различных учреждениях, организациях и компаниях, вносят большой вклад в накопление интеллектуального потенциала и развитие холодильных и пищевых технологий, подготовку научных и инженерных кадров, пропаганду передовых знаний в областях своей профессиональной деятельности.

В преддверии 25-летнего юбилея МАХ представляется уместным поговорить о роли холода в становлении мировой цивилизации и закономерностях развития технологий охлаждения. Посмотрим на значение техники низких температур во взаимосвязи с развитием науки и различных отраслей промышленности; созданием новых наукоемких технологий; мировыми энергетическими и продовольственными ресурсами; с социальной сферой и здоровьем народонаселения планеты; с проблемами антропогенного воздействия на среду обитания.

Становление и развитие техники низких температур Холодильная техника

История развития техники низких температур (ТНТ) и холодильных технологий в мире и Российской Федерации изложена в целом ряде публикаций [1–11].

В XIX в. для обеспечения сохранности пищевых продуктов широко применяли естественный холод. Прежде всего для этих целей использовали заготавливаемый в зимнее время природный водный лед и смеси воды с солями. Крупнейшими заготовителями природного льда были Германия, Канада, Норвегия, Россия, США, Франция. С 1896 г. в США для собственных нужд и экспорта заготовки льда достигали 4 Мт в год. В этой стране емкость огромных хранилищ природного льда доходила до 600 тыс. т.

Первые вагоны-ледники для перевозки пищевых продуктов появились в США в 40-х годах XIX в. В 1900 г. США располагали 50 тыс. охлаждаемых льдом вагонов, в 1913 г. – 100 тыс. подобных вагонов. В России в 1918 г. эксплуатировалось 6000 охлаждаемых вагонов.

С появлением машинного охлаждения во многих странах стали производить искусственный водный лед, который применялся до 50–60-х годов XX в. В Советском Союзе в 1936 г. было произведено 360 тыс. т, а в 1961 г. – 600 тыс. т искусственного льда.

Первые холодильные машины различных типов были созданы преимущественно в XIX в.: 1834 г. – создана холодильная машина Перкинса на этиловом эфире; Пельтье открыл принцип термоэлектрическо-

го охлаждения; 1845 г. — американец Горри изобрел воздушную холодильную машину; 1859 г. — создана абсорбционная водоаммиачная холодильная машина Фердинанда Карре; 1884 г. — запатентована (построена в 1910 г.) парожетторная холодильная машина.

Во второй половине XIX в. были основаны получившие всемирную известность фирмы «Трейн» (1864 г.), «Линде» (1873 г.), «Йорк» (1874 г.).

К 1890 г. компания Карла фон Линде выпустила порядка 1000 машин, а на рубеже веков завод в Висбадене выпускал 1–2 машины ежедневно.

Создание и быстрое развитие судовых холодильных машин в конце XIX в. позволило наладить перевозку мороженого мяса в Европу из Австралии, Новой Зеландии и Южной Америки. В частности, в 1907 г. Аргентина экспортировала в Англию 425 тыс. т мороженого мяса.

В 1908 г. инженерами А. Барриером и Д.А. Раддиком было сформулировано понятие пищевых непрерывных холодильных цепей, в состав которых входят производственные и распределительные холодильники, мобильные и коммерческие холодильные системы, бытовые холодильные приборы.

В настоящее время в мире в составе транспортных рефрижераторных систем задействовано 4 млн автодорожных рефрижераторов и 1,2 млн рефконтейнеров, в торговле — 90 млн единиц холодильного оборудования, в распоряжении конечных потребителей находится порядка 1,5 млрд бытовых холодильных приборов [13].

Первый холодильный склад с машинным охлаждением был построен в г. Бостон, США в 1881 г. В 1900 г. Великобритания располагала холодильниками емкостью 400 тыс. м³. В России вместимость холодильников в 1918 г. составляла 57 тыс. т единовременного хранения.

По данным Международной ассоциации охлаждаемых складов, емкость промышленных холодильных терминалов в мире в 2016 г. составила 600 млн м³ [16], рост за два года — 8,6 %. За два предыдущих года (2012–2014) увеличение емкости холодильных складов составило 20 %. Рост объемов холодильных складов значительно опережает увеличение населения нашей планеты. По общему объему холодильных складов на первом месте Индия — 140 млн м³, на втором месте США — 120 млн м³, на третьем — Китай — 106 млн м³.

Криогенная техника

Важную роль во многих наукоемких отраслях мировой экономики играют криогенные технологии. Назовем наиболее знаменательные даты в становлении и развитии этой области техники низких температур [1, 2]:

✓ получение жидкого воздуха, азота и кислорода — 1877–1890 гг. (Л. Кальете, Э. Ольшевский, С. Вроблевский);

✓ первые установки для ожижения воздуха — 1895 г. (К. Линде, В. Хемпсон);

✓ ожижение водорода — 1898 г. (Дж. Дьюар);

✓ ожижение гелия — 1908 г. (Г. Камерлинг-Оннес);

✓ получение сверхнизких температур:

• кратковременное установление температур: 1933 г. — 0,27 К (В. Джиок, Д. Макдугалл), 1956–1963 гг. — $2 \cdot 10^{-5}$... $1,2 \cdot 10^{-6}$ К (Н. Кюрти, Ф. Симон, Ф. Робинсон, Д. Спор);

• температуры в стационарном режиме: 1954 г. — 0,2...0,3 К (Дж. Доунт, К. Барнес, К. Хит), 1965 г. — 0,018...0,001 К (Ю. Ануфриев).

Со второй половины XX в. интенсивно развивается мировое производство промышленных газов — азота, кислорода и аргона, а с 90-х годов XX в. — производство инертных газов — криптона, ксенона и неона. Рост их выпуска опережает темпы роста производства других видов продукции. Объем рынка технических газов в 2012 г. оценивался в 62,3 млрд долл. Как ожидается, в 2017 г. он вплотную приблизится к 80 млрд долл. За 10 лет (2001–2010 гг.) мировой рост объемов производства тяжелых инертных газов — ксенона и криптона — составил 62 и 49 % соответственно. В среднем потребление ксенона и криптона ежегодно увеличивается на 15–20 %, что связано, прежде всего, с развитием таких высокотехнологичных отраслей промышленности, как лазерная, электронная, светотехническая, космическая, атомная. Увеличивается потребление ксенона и криптона в научных исследованиях и медицине [12].

Криогенные температуры необходимы при осуществлении термоядерного синтеза, работе новых видов транспорта, в криомедицине. Новые способы лечения, такие, как криохирургия или криотерапия, были созданы благодаря технологиям получения ультранизких температур. Криоконсервация биологических материалов обеспечила развитие новых методов лечения и трансплантации органов. Качественная диагностика внутренних органов осуществляется магнитно-резонансными томографами (МРТ), которых насчитывается в мире порядка 25 000 [13]. Для поддержания сильного стабильного магнитного поля в большинстве МРТ используются сверхпроводящие магниты, работающие при криогенных температурах.

Опережающими темпами растет производство и потребление сжиженного природного газа (СПГ). Сегодня сектор СПГ является одним из самых динамичных в энергетической отрасли. Сжиженный природный газ, став неотъемлемой частью мировой торговли газом, переходит в разряд одного из ключевых факторов формирования мирового энергетического рынка. По мнению ряда экспертов, производство СПГ является одним из наиболее прогрессивных шагов в развитии топливной энергетики. Мировой рынок СПГ утроился в период с 1997 по 2014 г., увеличившись до 241,1 млн т, что составило 10 % мирового потребления газа [13]. К 2030 г.

мировой спрос на СПГ может почти удвоиться по сравнению с 2014 г. и составить порядка 500 млн т. Согласно оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), суммарный мировой спрос на СПГ с 2000 г. ежегодно увеличивается на 7,6 %, в 3 раза опережая рост спроса на природный газ. За последние 50 лет себестоимость СПГ снизилась в 2 раза; за последние 10 лет удельные капитальные вложения в производство СПГ снизились в 2 раза, а стоимость танкеров большой грузоподъемности — на 30–40 % [14]. По оценкам Международного газового союза (МГС), с 2000 по 2030 г. в развитие индустрии СПГ будет инвестировано в общей сложности более 300 млрд долл. США, что позволит превратить этот энергоноситель почти в такой же мобильный вид топлива, как и нефть. Российские мощности по производству СПГ к 2025 г. могут составить 80 млн т. В конце декабря 2017 г. Президент России Владимир Путин дал Кабинету министров ряд поручений, касающихся развития проектов по производству СПГ [15]. В частности, правительству поручено утвердить «дорожную карту» реализации первоочередных мер по локализации критически важного оборудования для производства СПГ и строительства судов-газовозов, осуществляющих транспортировку СПГ.

К середине XXI в. могут быть достаточно широко реализованы технологии водородной энергетики. Мировое сообщество вкладывает большие средства в фундаментальные и прикладные исследования в этой области, а также в их практическое воплощение.

Кондиционирование воздуха

Достаточно большую долю в технологиях охлаждения занимает **кондиционирование воздуха**. За последние 60–70 лет в целом ряде регионов с жарким климатом и высокой влажностью воздуха наблюдалось заметное экономическое развитие благодаря внедрению и развитию технологий кондиционирования. По данным BSRIA (Британской ассоциации маркетинговых исследований и информации в области строительства), мировой рынок систем кондиционирования в 2016 г. составил 92,6 млрд долл. США [18]. В 2016 г. было продано 114 млн единиц оборудования, в 2017 г. продажи оцениваются в 119 млн единиц.

Производители стремятся к минимизации массогабаритных характеристик и повышению энергоэффективности кондиционеров. Применение рядом компаний мини-канальной технологии (преимущественно в конденсаторах) позволило сделать оборудование более компактным и снизить количество заправляемого хладагента [19–21]. Уменьшению объема хладагента, циркулирующего в системе, способствует также переход на R32. Однако сейчас в системах кондиционирования практически достигнут предел эффективности основных элементов оборудования. Поэтому производители уделяют

большое внимание мониторингу объектов кондиционирования и управлению системой. В климатическом оборудовании получают распространение технологии искусственного интеллекта, «интернета вещей», удаленного мониторинга и управления, а также домашние системы энергоменеджмента, управляющие температурой и влажностью в зависимости от физиологического состояния людей, находящихся в помещении. В последнее время разработаны высокоэффективные кондиционеры, использующие датчики, определяющие присутствие и место нахождения людей, фиксирующие площадь помещения и расположение мебели в нем, количество поступающего через окна тепла и света, а также другие параметры.

Тепловые насосы

Тепловые насосы (ТН) являются энергоэффективными устройствами, использующими возобновляемую тепловую энергию окружающей среды и вторичных энергетических ресурсов. Использование компрессионных ТН сокращает потребление электроэнергии для целей теплоснабжения в 3–4 раза, абсорбционных ТН — потребление газа на 50–60 %. Применение ТН одновременно обеспечивает сбережение первичной энергии, экономическую выгоду потребителю и снижение влияния на климат. Они сыграют уникальную роль в энергетических системах будущего. Применение тепловых насосов в мировой экономике уже сейчас сокращает на 1 % глобальную эмиссию диоксида углерода в атмосферу. Широкомасштабное их распространение позволит к 2030 г. увеличить сокращение выбросов до 8 %.

За десятилетие (с 2005 по 2015 г.) в Европе продажи ТН возросли почти в 2 раза (с 450 до 880 тыс. шт.). В 2016 г. рынок тепловых насосов Европейского союза вырос на 12 % и составил почти 1 млн единиц [22]. Эксперты Европейской ассоциации тепловых насосов (European Heat Pump Association — ЕНРА) прогнозируют продолжение роста сектора тепловых насосов примерно на 15 % ежегодно. Это означает, что парк установленного оборудования такого класса удвоится сначала в течение следующих 6–7 лет, а затем еще раз примерно к 2030 г. По прогнозам к этому времени стоимость оборудования может снизиться более чем на одну треть. Количество установленных тепловых насосов в Европе приближается к 10 млн. Дальнейшее развитие рынка тепловых насосов в Евросоюзе в перспективе может обеспечить декарбонизацию сектора отопления.

Мировые продажи ТН «воздух–вода» составляют более 1,8 млн шт. Объем мирового рынка ТН всех типов в стоимостном выражении оценивается более чем в 10 млрд долл. США. По России прогноз объема рынка ТН на 2030 г. — момент окончания реализации текущей Энергетической стратегии — от 11 000 до 15 000 шт. (500–700 МВт).

Сферы применения ТНТ

Устойчивые пищевые непрерывные холодильные цепи созданы преимущественно в экономически развитых странах. В 2010 г. из общего мирового объема пищевых продуктов, требующих охлаждения, холодом было обработано только 20 %. По мнению МИХ, потери продовольствия во всем мире из-за отсутствия охлаждения составляют почти 20 % (в странах с развитой экономикой — около 9 % и до 30 % в среднем в развивающихся странах). В Российской Федерации потери сельхозсырья и пищевых продуктов оцениваются в 15 %.

По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, производство пищевых продуктов в мире к 2050 г. должно вырасти на 70 %. Это приведет к существенному увеличению холодильных мощностей, задействованных в производстве, реализации и потреблении продовольствия.

Искусственное охлаждение обеспечивает оптимальную сохранность скоропортящихся пищевых продуктов и предоставляет потребителям безопасные и полезные для здоровья продукты питания.

* * *

Применение технологий охлаждения расширяется при производстве и хранении медицинских препаратов. Некоторые из них являются термочувствительными. Это касается вакцин, инсулина, производных препаратов из крови, онкологических препаратов, препаратов для лечения глаукомы или аутоиммунных заболеваний, продуктов биотехнологии и лабильных продуктов крови (плазмы, эритроцитов, тромбоцитов, цельной крови), органов и тканей и т. д. Температуры для их хранения и транспортировки достигают -64°C (плазма крови) [17].

Во всем мире насчитывается около 50 000 лекарственных средств, из которых требующие охлаждения составляют около 500. Среди десяти самых продаваемых лекарств в мире, представляющих 8,6 % рынка, 5 должны храниться при температурах от 2 до 8°C и 4 — при температуре от 15 до 25°C . Ежегодные темпы роста рынка лекарственных препаратов, требующих охлаждения, составляют более 20 %, ежегодный рост лекарственного рынка вакцин превышает 11,5 %.

Искусственное охлаждение стало неотъемлемой частью зимних видов спорта. Первые катки с искусственным ледяным покрытием появились в 1876 г. в Челси (Великобритания) и в 1879 г. в Нью-Йорке (США). Первый постоянно действующий искусственный каток был создан в Вене в 1908 г. В настоящее время количество ледовых арен и катков в мире достигло 13500 [13]. Для создания снежного покрытия с середины прошлого века применяются снеговые пушки. В мире построено большое число круглогодичных горнолыжных трасс с искусственным охлаждением.

* * *

Улучшение питания населения вследствие масштабного применения машинного охлаждения в пищевой промышленности и для сохранности продовольствия в мире в первые десятилетия XX в.; развитие климатической техники, а также новых способов лечения, связанных с применением технологий охлаждения, и возможность хранения медицинских препаратов при низких температурах обеспечили увеличение как продолжительности жизни людей, так и темпов роста народонаселения планеты. В XIX в. население планеты увеличилось на 65 %, примерно с 1 до 1,65 млрд человек, а в XX в. — в 3,7 раза, с 1,65 до 6,07 млрд человек.

МИХ приводит следующие интересные сведения [13]. Согласно исследованию ВОЗ—Всемирная организация здравоохранения) начиная с 1930 г. благодаря возможностям холодильной цепи сохранять продукты было отмечено 90%-ное снижение числа выявленных случаев рака желудка. В США с 1950-х годов число смертей при жаркой погоде упало на 80 % вследствие распространения кондиционирования воздуха. Благодаря криохирургии лечение рака пищевода успешно для 70 % пациентов, при раке кожи доля выздоровления достигает 99 %.

Ежегодные продажи холодильного оборудования в мире в денежном выражении равны приблизительно 300 млрд долл. США. Почти 12 млн человек по всему миру работают в холодильном секторе, что составляет около четырех человек из каждой 1000 работающих [13]. Общее число систем охлаждения, включая кондиционирование и тепловые насосы, находящихся в эксплуатации во всем мире, приблизительно составляет 3 млрд, включая 1,5 млрд бытовых холодильных и морозильных аппаратов. По прогнозам ряда компаний мировой показатель совокупного темпа годового роста для различных видов холодильного оборудования CAGR до 2020 г. составит 5–11,4 % [23,24].

На основе приведенной далеко не полной информации можно констатировать, что холодильная индустрия за последние полтора столетия превратилась в заметный и мощный фактор развития мировой цивилизации, без расширения использования технологий которой дальнейший прогресс невозможен. Технологии охлаждения применяются практически во всех областях человеческой жизнедеятельности: передовые рубежи науки, промышленность, энергетика, сельское хозяйство, биология, горное дело, космос, строительство, транспорт, защита окружающей среды, социальная сфера, включая обеспечение народонаселения качественными продуктами питания, здравоохранение, создание комфортной среды обитания, досуг и спорт.

Продолжение следует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. *Архаров А.М.* Роль криологии в развитии цивилизации//Холодильная техника. 1999. №10. С. 2–5.
2. *Архаров А.М.* Инженерная криология на рубеже веков //Холодильная техника. 2007. № 1. С.20–30.
3. *Архаров А.М., Комарова Н.И.* 100-летие Международного института холода (МИХ) //Холодильная техника.2008. № 7. С. 6–9.
4. *Гоголин А.А.* История развития холодильной техники в СССР. – СПб: СПбТИХП, 1991. – 227 с.
5. *Полевой А.А.* Зарождение холодильной промышленности в дореволюционной России// Холодильная техника. 2011. № 10. С. 52–56.
6. *Полевой А.А.* От естественного охлаждения до индустрии холода// Холодильная техника. 2011. № 11. С. 54–59.
7. *Бараненко А.В.* О некоторых аспектах развития холодильной индустрии страны в XX – начале XXI века// Холодильная техника. 2012. № 1. С. 28–34.
8. *100 years of the service of development of refrigeration and its applications.* 2008, AFF and IIR, 80 pp.
9. *Бараненко А.В.* Холод в глобальном мире // Холодильная техника. 2013. № 3. С. 4–9.
10. *Калнинь И. М.* Актуальные направления развития техники низких температур // Холодильный бизнес. 2007. № 1. С. 8–12.
11. *Калнинь И.М.* Энергоэффективность и экологическая безопасность холодильных систем // Холодильная техника. 2008. № 3. С. 12–14.
12. <http://www.akpr.ru>
13. *Роль искусственного охлаждения в мировой экономике.* 29-я информационная записка о холодильных технологиях (ноябрь 2015 г.)// Холодильная техника. 2016. № 1. С. 4–11.
14. *Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н., Ярыгин Ю.Н., Дроздов Ю.В., Белозерова Т.Б.* Сжиженный природный газ: анализ мирового рынка и перспективы отечественного производства. www.gazohimiya.ru
15. <https://www.gazeta.ru>
16. *2016 GCCA Global Cold Storage Capacity Report.*
17. *Heat-Sensitive Health products.* 30th informatory note on refrigeration technologies. International Institute of Refrigeration, January 2016.
18. *CoolingPost 2017.* refrigeration portal.
19. *Малышев А.А., Киссер К.В., Филатов А.С.* Новые методы прогнозирования режимов течения кипящих хладагентов в макро- и миканалах//Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 67–70.
20. *Малышев А.А., Киссер К.В., Зайцев А.В.* Истинные параметры кипящих хладагентов в трубах и каналах// Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 53–56.
21. *Синицына К.М., Зайцев А.В., Бараненко А.В.* Аналитическая модель конденсации в миканалах//Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 66–72.
22. *EHRA Market and Statistics Report 2017,* www.ehpa.org
23. *Из доклада президента МАХ А.В. Бараненко* // Холодильная техника. 2017. № 6. С. 24–27.
24. *Бараненко А. В.* Итоги работы МАХ в 2016–2017 годах (Доклад президента Международной академии холода на 24-м Общем годовичном собрании 27 апреля 2017 г.)// Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 4–12.



Идеально для сервиса

Цифровые манометрические коллекторы testo 550/557.

- Встроенный модуль Bluetooth - работа с мобильным приложением testo Refrigeration App
- Точное измерение внешним зондом давления
- 2/4-ходовый блок клапанов

Ждем Вас на выставке
„Мир Климата 2018“
на стенде № 2A1902