

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ
Издается с января 1912 года

Выходил под названиями:

1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1923 – 1924 – "Холодильное и боевое дело"

1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"

1937 – 1940 – "Холодильная промышленность"
с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

МОСКВА

Холодильная Техника

3 • 2000 Kholodilnaya Tekhnika



XX МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ХОЛОДУ



Холод на пороге третьего тысячелетия

Помещая статью Дж. Т. МакМаллена, редакция завершает публикацию материалов по докладам, сделанным на пленарных заседаниях XX Международного конгресса по холоду. Надеемся, что, несмотря на сокращенное изложение, эти материалы дают представление о роли искусственного холода в решении глобальных проблем, которые будут стоять перед человечеством в третьем тысячелетии.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА. ПРОБЛЕМЫ И СТРАТЕГИЯ БУДУЩЕГО

ДЖ. Т. МАКМАЛЛЭН Центр энергетических и технологических исследований. Ольстерский университет (Великобритания)

Разрушение озонового слоя и глобальное потепление (точнее – изменение климата) – это две главные проблемы, оказывающие серьезное влияние на будущее развитие производств, связанных с холодильной техникой.

РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

Холодильная индустрия подвергается обвинениям в разрушении озонового слоя в связи с выделением искусственных химических веществ в атмосферу. Началось с того, что в 1974 г. Rowland и Molina предположили, что выделение в атмосферу искусственно созданных хлорированных соединений может повредить стратосферный озоновый слой. В результате была создана широкая программа сохранения озона стратосферы, основанная на этой гипотезе. В наибольшей степени разрушение озонового слоя наблюдалось в весеннее время над Антарктикой.

В дальнейшем было создано несколько межправительственных договоров, начиная с Венского соглашения о сохранении озонового слоя (1985) и Монреальского протокола о веществах, разрушающих озоновый слой (1987). За ними последовали соглашения, принятые в Лондоне, Копенгагене, Вене и Монреале.

Монреальский протокол уже ратифицирован большинством правительств. В настоящее время выпуск и производство галоидопроизводных и фторуглеродов уже прекратились в индустриально развитых странах (за исключением «существенно важных применений» и использования «озоноразрушающих соединений как исходного сырья для другой химической продукции»). Полностью производство озоноразрушающих веществ должно закончиться к 2006 г., однако есть основания считать, что это станет возможно лишь к 2010 г. Продолжается экспорт продукции в развивающиеся страны, в которых используются фторуглероды. В развитых странах действует черный рынок фторуглеродов, что неизбежно затягивает осуществление соглашений о неприменении озоноразрушающих веществ. В Монреале (UNEP, 1999) участники протокола приняли предложение о системе лицензий, контролирующей торговлю озоноразрушающими веществами. Что касается соединений типа HCFC, то официальный срок их полного запрещения датируется 2030 г. для индустриально развитых стран и 2040

г. для развивающихся. В Монреале (UNEP, 1999) Евросоюз настаивал на запрещении соединений типа HCFC к 2015 г., но это встретило возражение со стороны представителей США, Канады и некоторых развивающихся стран. Предложение Евросоюза базировалось на убеждении, что многие соединения типа HCFC действительно оказывают озоноразрушающее действие, а будущее – за их безвредными заменителями. Тем временем различные страны приняли собственные стратегии: в Германии, например, HCFC-22 будет использоваться в новых установках и после 2000 г. Избыточное производство CFC и затягивание сроков их полного запрещения вносят изменения в прогнозы, относящиеся к разрушению озонового слоя. Первоначальные исследования показывают, что при введении некоторых ограничений озоновый слой может восстановиться к 2045 г., однако более поздние расчеты могут внести свои коррективы.

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Вторая главная проблема, относящаяся к защите окружающей среды, – изменение климата в результате глобального потепле-

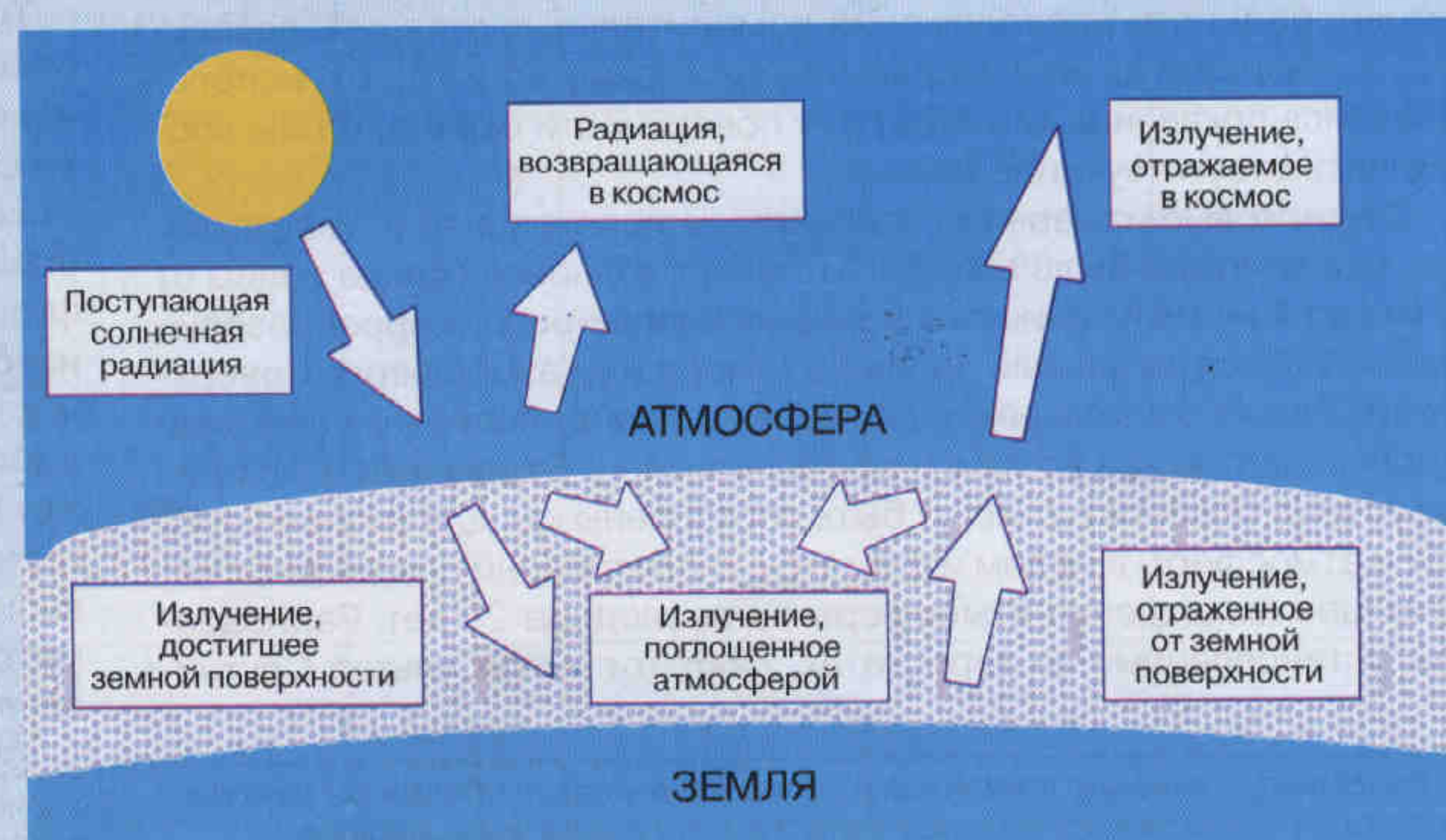


Рис. 1. Происхождение глобального потепления

Миколантиса дорана
область библиотек
и. Олега Гаврилова

ния. Этот вопрос стал главным, когда возникла реакция на информацию о разрушении озонового слоя. Сейчас вопросы глобального потепления и разрушения озонового слоя объединяют в общую проблему. Глобальное потепление возникает вследствие «парникового эффекта» (рис. 1). Распределение частот в солнечном излучении близко к излучению абсолютно черного тела при температуре около 5800 К. Спектр частот находится в интервале от 10^{-9} м до сотен метров, максимум лежит в области около $500 \cdot 10^{-9}$ м, в интервале видимой части спектра. Около 30 % солнечной радиации (1360 Вт/м^2), прошедшей через атмосферу, отражается в космическое пространство, а остальная часть достигает земной поверхности. Она нагревает Землю, которую в данном случае можно рассматривать как абсолютно черное тело, испускающее инфракрасное излучение, которое не может пройти через атмосферу, так как поглощается парами воды, диоксидом углерода и другими его поглотителями. В результате тепловой поток попадает в ловушку и температура на поверхности Земли устанавливается более высокой, чем она была бы без изолирующего слоя атмосферы.

Этот эффект представляет собой положительное явление, поскольку создает возможность существования жизни во всех ее проявлениях. Однако в результате жизнедеятельности населения планеты возрастает концентрация CO_2 и других парниковых газов в атмосфере, что увеличивает количество поглощенной инфракрасной радиации и неизбежно ведет к повышению температуры самой атмосферы и последующему долговременному изменению климата.

Необходимо отметить, что начало изучения глобального потепления было связано с созданием компьютерной модели атмосферной циркуляции, а не с результатами наблюдений или экспериментов. Расчеты этих моделей были крайне сложны и подвержены тем же ограничениям, что и компьютерное моделирование в любой другой области. Точность расчетов соответствует точности заложенных в них данных, которые отражают реальное изменение атмосферы. Даже самый ярый сторонник компьютерных моделей не может не согласиться с тем, что их достоверность ограничена. Тем не менее прогнозирование, базирующееся на математических моделях, постепенно начинает приниматься во внимание и работы по его усовершенствованию постоянно ведутся. Заключение об очевидности глобального потепления и о других необычных физических явлениях убедительно показывают, что климатические изменения действительно наступают. На практике физические наблюдения дают весьма сомнительные и противоречивые результаты. Невозможно установить, отчего происходят даже такие явления, как плавление льдов или ураганы. Неясно, является ли это следствием антропогенных изменений климата или частью естественно обусловленных циклов колебаний.

Существуют разногласия между различными подходами к измерению глобальной температуры. Непосредственные измерения температуры поверхности Земли показывают, что ее глобальная температура возрастает. Однако данные, полученные за последние 20 лет со спутников, этого не подтверждают, даже с учетом поправок на вариации орбиты (без учета влияния Эль-Ниньо* в 1998 г.). Температуру поверхности Земли определяют на многочисленных станциях, расположенных в разных частях света, и дополняют данными по измерению температур воды у поверхности океана.

Существует критическое отношение к точности этих данных по разным причинам – таким, как тепловое воздействие островов, неоднородность расположения измерительных станций, локальность температур на измеряемом пространстве и то, что использовались показания температур у поверхности океана, чтобы восполнить отсутствующие данные.

Спутниковые измерения основаны на использовании ультразвука, чтобы можно было записывать микроволновое (длина волны от 1 мм до 1 м) излучение атмосферного кислорода и преобразовывать его в вертикальный профиль температур атмосферы. Поверхность Земли охватывается достаточно полно, поскольку спутники пересекают ее за короткий период времени. Отдельные показатели уровня температур могут быть составлены как для тропосферы, так и атмосферы в целом и достаточно достоверно показывают небольшое охлаждение атмосферы за последние 20 лет. Радиозонды, установленные на аэростатах, дают тот же результат. Спутни-

ковые измерения показывают, кроме того, что температурная структура атмосферы намного сложнее, чем представляется на моделях.

Имеются другие теории, утверждающие, что температурные колебания связаны не с парниковым эффектом, а с вариациями числа солнечных пятен и возрастанием солнечной активности. При всей его очевидности положение о том, что повышение концентрации примесей служит причиной глобального потепления, подвергается сомнению в связи с выборочным использованием данных. Соглашаясь, что концентрация диоксида углерода в атмосфере и ее температура возрастают одновременно, трудно определить, что является главной причиной.

Сложность заключается еще и в том, что приходится предсказывать на достаточно длительную перспективу поведение очень сложной, хаотической и нелинейной системы, основываясь на кратковременных зависимостях.

Действительно, многие из тех, кто предсказывали глобальное потепление, предрекали ранее на основе тех же данных глобальное охлаждение и возвращение ледникового периода*.

Несмотря на отсутствие единого мнения на все эти проблемы, в обществе существует убеждение о необходимости снижения выхода в атмосферу парниковых газов. Это касается не только диоксида углерода, но и метана и хладагентов, что сказывается также на индустрии холода. Акция была начата «зеленым» движением, закрепившим убеждение, что риск глобального потепления настолько велик, что меры необходимо принимать немедленно.

Двадцать лет назад предсказывалось глобальное похолодание. В течение времени, прошедшего с тех пор, ни один из ожидаемых катастрофических эффектов не наблюдался, несмотря на возрастающую эмиссию парниковых газов. Может быть, пришло время прекратить истерику и разобраться в ситуации, прежде чем предпринимать какие-либо неосмотрительные действия.

Правительства разных стран реагируют на угрозу глобального потепления, считая ее реальной, и ставят задачу снижения выделения парниковых газов. Межправительственная группа по изменению климата при Организации Объединенных Наций (IPCC), созданная в 1988 г., организовала серию совещаний и конференций, посвященных глобальному потеплению: в Рио-де-Жанейро, Берлине, Киото и Буэнос-Айресе. Их целью было принятие решения о снижении выделения парниковых газов до уровня 1990 г. к установленной дате в 2000 г. На практике был достигнут незначительный прогресс; только Германия и Великобритания действительно снизили эмиссию CO_2 в связи с сокращением использования угля. Во всем остальном мире эмиссия CO_2 продолжала возрастать.

Следует подчеркнуть, что независимо от того, грозит планете глобальное потепление или нет, каждый из нас должен стремиться снизить количество выделяемых в окружающую среду загрязнений, сохранять ресурсы и способствовать поддержанию требований экологии в возможно лучших условиях. Не нужно периодических припадков истерики по поводу охраны окружающей среды, чтобы направить нас на правильный путь. Мы должны делать это для наших потомков.

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АТМОСФЕРА

Теперь хорошо известны меры, принимаемые для сохранения озонового слоя. Постепенно соединения типа CFC должны быть изъяты из применения, за ними должны последовать соединения типа HCFC. Ведется значительная работа, направленная на замену этих хладагентов другими, отвечающими озоносберегающим требованиям, и на преодоление смежных задач, включающих ретрофит. Проблемы возникают также в связи с изменениями КПД и производительности, потерей температурного уровня, трудностями с маслами и их совместимостью с хладагентами. Часть из них преодолена, но многие еще остались. Нелегальная торговля CFC может быть прекращена при решении этих проблем. Возможный альтернативный выбор хладагентов представлен на рис. 2. Некоторые варианты замены CFC и HCFC приведены в табл. 1, включающей как смеси хладагентов, так и природные вещества. Потенциальные альтернативные рабочие вещества включают три вида углеводоро-

*Эль-Ниньо – явление временного потепления воды в обширном районе восточной части экваториальной зоны Тихого океана, вызывающее существенные изменения температуры атмосферы. (Прим. перев.)

*Те читатели, которые хотят разобраться в этом запутанном вопросе, могут использовать книгу В.В.Клименко и др. «Энергия, природа и климат». – Изд. МЭИ: М., 1997. (Прим. перев.)

дов (два фторированных классов HFC, PFC и один, не содержащий фтора, HC), а также диоксид углерода CO₂, аммиак NH₃ и воздух. Соединения типа PFC едва ли смогут играть существенную роль, поскольку имеют очень высокий потенциал глобального потепления и длительный срок существования в атмосфере. Хладагенты типа HFC также включены в Киотское соглашение, как подлежащие выведению из употребления.

Из табл.1 видно, что единственной заменой CFC-12 явился свободный от хлора хладагент HFC-134a, также упомянутый в Киотском соглашении. Однако после нескольких испытаний он был включен в число запрещенных хладагентов. Эта серьезная проблема остается, поскольку замена CFC-12 на HFC-134a не решает задачи ретрофита.

Не удалось найти однокомпонентного хладагента для замены HCFC-22 и азеотропной смеси R505, но были предложены смеси, которые могут подойти для многих случаев. Очевидно, что коэффициент совершенства – COP* (coefficient of performance) при использовании синтетических альтернативных хладагентов может быть ниже, чем у применяемых прежде рабочих веществ, однако коэффициенты теплопередачи часто оказываются несколько выше. Таким образом, здесь наблюдается взаимосвязь, результаты которой сказываются на отрасли в целом.

Охлаждение и кондиционирование воздуха в настоящее время требуют в сумме около 10% производимой энергии, поэтому даже небольшое повышение эффективности этого оборудования дает ощутимый глобальный эффект.

Несмотря на то что потенциал глобального потепления у синтетических альтернативных хладагентов меньше, чем у CFC-12, он все же остается достаточно высокими (см. табл. 1). Таким образом, с точки зрения глобального потепления все представленные вещества столь же опасны и должны подвергнуться запрету. Это может быть серьезной причиной для заключения, что фторуглеводороды должны рассматриваться как виновники 10,2%** эффекта общего нагрева планеты от всех парниковых газов, произошедшего в 1992 г.

Однако следует иметь в виду общий индикатор тотального потепления TEWI (Total Equivalent Warming Impact), который оценивает не только перечисленные вещества, но и диоксид углерода, выделяемый в общем процессе производства. Применительно к компрессионным холодильным установкам очевидно, что нужно учитывать также топливо, сожженное для производства электроэнергии или непосредственно для привода компрессоров. Этот эффект будет несколько меньше для США и Норвегии, где больше доля электроэнергии, получаемой на гидроэлектростанциях, и соответственно меньше выделение CO₂ на 1 кВт·ч производимой электроэнергии.

Сравнение идеализированных систем, работающих на R134a и CO₂, приведены в табл. 2. Ради простоты можно принять два условных предположения:

первое – КПД установок, работающих на HFC-134a и на CO₂, один и тот же, и каждая из них потребляет 600 кВт·ч;

второе – они имеют одинаковые заправки (150 г) и утечки (2% в год). Производство 1 кВт·ч электроэнергии ведет к выделению 0,65 кг CO₂. Таким образом, обе установки косвенно требуют 390 кг/ч CO₂. Поскольку GWP (потенциал глобального потепления) у HFC-134a в 1300 раз больше, чем у CO₂, установка, работающая на нем, будет иметь вследствие утечек воздействие, эквивалентное 3,9 кг/ CO₂, в то время, как установка, работающая

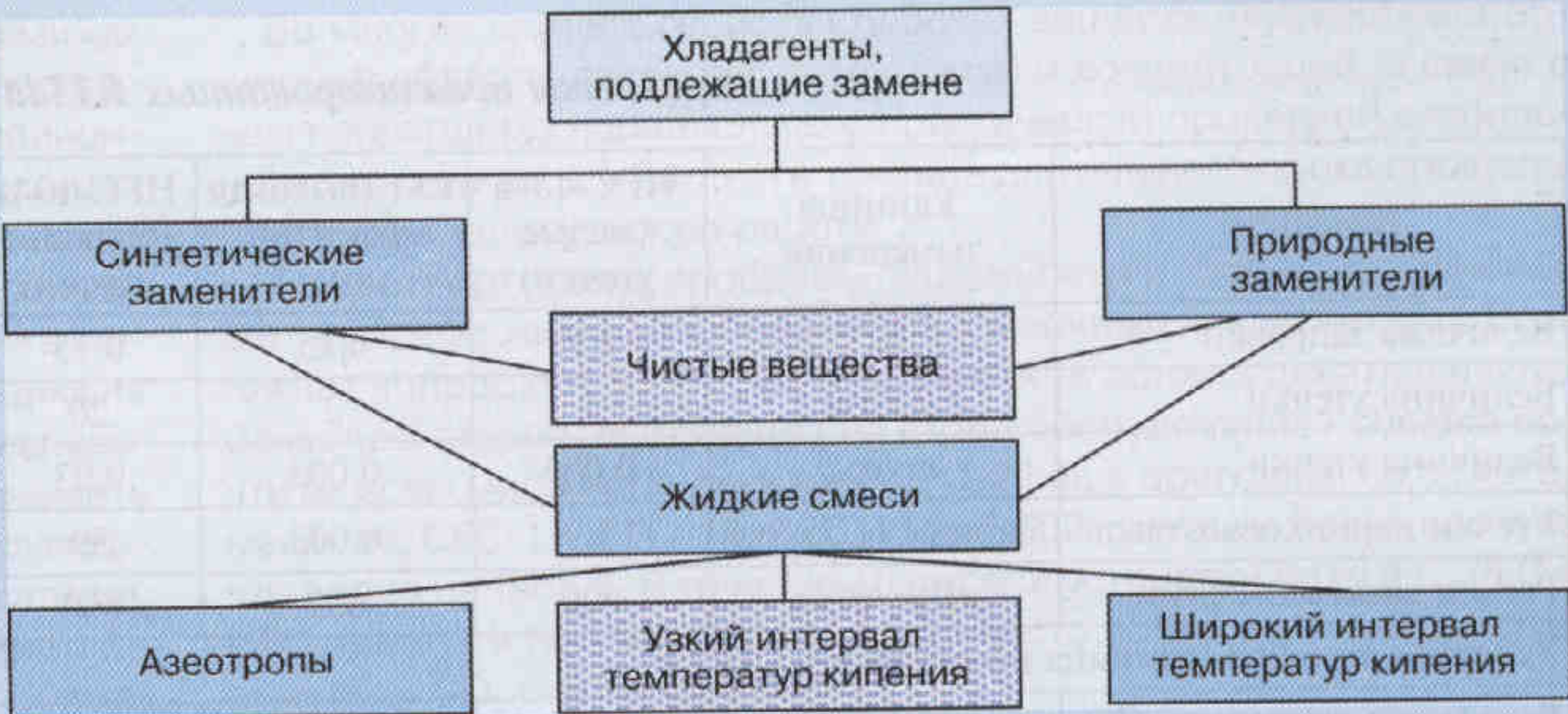


Рис. 2. Альтернативные решения при выборе хладагентов

Таблица 1
Примерные варианты замены CFC и HCFC на другие рабочие вещества

Хладагент	Потенциал разрушения озона, R11=1	Потенциал глобального потепления, CO ₂ =1	Ретрофит (а) или полная замена (б)
Замена CFC-11			
CFC-11	1,0	3800	
HCFC-123	0,020	90	а
HCFC-141b	0,110	630	б
HFC-245fa	0	900	б
n-пентан	0	0	а
Замена CFC-114			
CFC-114	0,8	9300	
HCFC-124	0,022	480	а
HFC-134a	0	1300	б
R600	0	0	а
Замена CFC-12			
CFC-12	1	8100	
HFC-134a	0	1300	б
R401A R22/152a/124(53/13/34)	0,037	1100	а
R409A R22/124/142b(60/25/15)	0,048	1400	а
Пропан-этан R290/170(43/57)	0	3	а
Замена HCFC-22			
HCFC-22	0,055	1700	
R407C R32/125/134a(23/25/52)	0	1600	а
R410A R32/125	0	1900	б
R23/32/134a	0	1600	б
Пропан-этан R290/170(95/5)	0	3	а
Замена R502			
R502 CFC115/HCFC22(48.8/51.2)		5500	
R404a R125/143a/134a(44/52/4)	0	3700	а
R507 R125/143a(50/50)	0	3800	а
R32/125/143a(10/45/45)	0	3500	а
Пропан-этан R290/170(95/5)	0	3	а
Природные хладагенты			
Воздух	0	0	
Вода	0	?	
Аммиак	0	0	
Диоксид углерода	0	1	

*COP для холодильных машин соответствует холодильному коэффициенту, а для тепловых насосов – отопительному коэффициенту. (Прим. перев.).

**Такая точность едва ли оправдана при весьма неопределенных подсчетах влияния парниковых газов. (Прим. перев.).

Таблица 2
Сравнение идеализированных R134a и CO₂ систем

Хладагент	Единица измерения	HFC-134a (малые утечки)	CO ₂ (высокая эффективность)	HFC-134a (большие утечки)	CO ₂ (низкая эффективность)
Величина заправки	кг	0,15	0,15	0,15	0,15
Величина утечки	%/год	2	2	20	2
Величина утечки	кг/год	0,003	0,003	0,03	0,003
Утечки парниковых газов	Эквив. CO ₂ кг/год	3,9	0,003	39	0,003
Расход электроэнергии	кВт • ч/год	600	600	600	660
Условное топливо (единица по стандарту США)					
Косвенное выделение CO ₂ в процессе производства электроэнергии	кг/год	390	390	390	429
TEWI	Эквив. CO ₂ кг/год	393,9	390,003	429	429,003
Производство электроэнергии на гидроэлектростанциях (например, в Норвегии)					
Косвенное выделение CO ₂ в процессе производства электроэнергии	кг/год	0	0	0	0
TEWI	Эквив. CO ₂ кг/год	3,9	0,003	39	0,003

на CO₂, непосредственно выделяет только 0,003 кг/ч. Обе системы выделяют 390 кг/ч CO₂, что связано с сжиганием топлива, а дополнительно от использования HFC-134a будет выделено только 3,9 кг/ч CO₂, что меньше чем 1% от общего выделения CO₂.

Ситуация, однако, меняется, если утечки хладагента достигают 20% в год, что возможно в некоторых открытых компрессорах. В этом случае часть "отепляющих газов", относящаяся к хладагентам, возрастает до 9% от общих выделений и уже не может игнорироваться. Подобным же образом, если эффективность установки, работающей на CO₂, на 10% ниже, чем у работающей на HFC-134a, то она становится худшим генератором "отепляющего" газа даже по сравнению с другими системами, имеющими большие утечки*.

Определяющими в выделении холодильными установками и системами кондиционирования воздуха парниковых газов являются не утечки хладагентов, а процессы горения топлива для производства электроэнергии, потребляемой их компрессорами. То же относится и к абсорбционным установкам, для нагрева генератора которых сжигается топливо.

Таким образом, главная задача состоит не в выборе хладагента, а в усовершенствовании системы.

ВЫБОР ХЛАДАГЕНТА

Если рассматривать возможности замены одних хладагентов на другие, то следует начать с того, что для HCFC-22 и R502 нет однокомпонентных заменителей. Такая замена возможна для CFC-11, CFC-12 и CFC-114, но при этом возникают вопросы, связанные с их стоимостью и пригодностью. Углеводороды и их смеси годятся во всех случаях, а циклы на воздухе и CO₂ активно разрабатываются. Применение аммиачных и водоаммиачных систем тоже вновь активно рассматривается.

Известны проблемы смазки и теплопередачи для однокомпонентных рабочих веществ, примером может служить HFC-134a. Однако существуют проблемы, связанные с Киотским соглашением.

С применением углеводородов в холодильной индустрии проблем не возникает. Углеводороды – хорошие хладагенты, удобные в эксплуатации и совместимые с минеральными маслами, они с успехом могут заменить соединения типа CFC. Главная проблема при их использовании связана с огнеопасностью. Возникает противоречие между позициями разных стран в этой области, и нет особых надежд на введение международного стандарта в ближайшем будущем.

*Последние рассуждения докладчика неточны. Дело в том, что любая установка, работающая на CO₂, получает его в результате извлечения из дымовых газов – продуктов сгорания топлива, которые выпускаются в атмосферу. Поэтому совершенно безразлично с точки зрения "парникового" эффекта, попадает CO₂ в атмосферу прямо из дымовой трубы электростанции или через холодильную установку, – результат один и тот же. Та же ошибка допущена в табл. 1: влияние утечек CO₂ из установок, работающих на этом газе, равно нулю. Однако это не отразилось на правильности дальнейших выводов. (Прим. перев.).

Страховые компании (в частности, в США) возражают против использования пропана или бутана в холодильных установках, хотя соглашаются с существованием гораздо более опасных баллонов с этими газами, предназначенных для отопления или приготовления пищи. Это приводит к нелогичным запретам. Например, транспорт не может быть использован для перевозки установок, работающих на углеводородном хладагенте, но на нем разрешено перевозить 50 кг-е баллоны с бутаном для отопления.

Аммиачные компрессионные и абсорбционные установки хорошо известны, и водоаммиачный ресорбционный цикл обещает положительные результаты при высокотемпературном применении.

Другие направления развития включают возрождение воздушных циклов, в частности сверхкритических циклов на CO₂. В этой области достигнуто значительное продвижение и имеются возможности для практического применения. Циклы на CO₂ представляют интерес, особенно

своей высокотемпературной частью, связанной с конденсацией.

Заслуживает внимания также термоэлектрическое и акустическое охлаждение. Первое из них занимает определенную нишу на рынке, но высокая стоимость и низкий КПД пока сдерживают его распространение.

Акустическое охлаждение находится еще на ранней стадии развития. Установки холодопроизводительностью от 100 Вт до 10 кВт, работающие по этому принципу, разрабатываются, но потребуется еще много усилий, чтобы они стали коммерчески пригодными.

Использование смесей хладагентов становится оправданным при необходимости сокращения применения HCFC-22. Как уже указывалось ранее, ситуация во многих странах складывается так, что его замена становится первостепенной задачей. При этом возникает проблема выбора между смесями с большими или малыми интервалами температур кипения. В промышленности в большинстве случаев отдается предпочтение смесям с малым интервалом температур, так как при этом удобнее подбирать однокомпонентные хладагенты без значительных изменений. Смеси, содержащие два или более компонента, имеют различные точки кипения при данном давлении, вязкость, значения растворимости масел и т.д.

Получение подходящих смесей является результатом подбора. Например, состав R407C несколько раз изменялся, прежде чем принял вид, приведенный в табл. 1.

Другой важный фактор – это взаимодействие компонентов смеси, что затрудняет расчет ее свойств.

Существует несколько следствий этих факторов, оказывающих большое влияние на потребителей холодильной техники. Так, полученный хладагент может оказаться сложнее исходного. Например, бинарная смесь HCFC-22/CFC-11 при соотношении компонентов 40/60 на первый взгляд кажется такой же, как и однокомпонентное вещество, но вместо критической точки при построении диаграммы получается критическая область, и то несколько размытая. Кроме того, изотермы в области влажного пара у бинарной смеси негоризонтальны, и это главное. Температуры фазовых переходов в испарителе и конденсаторе становятся переменными.

Еще одно практическое следствие – утечки из испарителя, компрессора или конденсатора меняют состав смеси, остающейся в системе, в результате чего показатели работы установки изменяются. Степень изменений зависит от температуры и расположения утечек. С течением времени отклонение может стать значительным и невозможно будет вернуть систему к первоначальному состоянию, чтобы компенсировать утечку.

Другое негативное следствие связано с изменением состава рабочего вещества, что обусловлено разной растворимостью его компонентов в смазочном масле. В результате возникает эффект селективного "втягивания" более растворимого компонента в масло, приводящее к изменению термодинамических свойств рабочего вещества. Вследствие этого можно наблюдать изменение состава на 5%.

Таким образом, специалисты встречаются с новыми условиями как при проектировании, так и эксплуатации холодильных установок. Применение смесей требует лучшего понимания основных принципов, чем при использовании однокомпонентных веществ. Ситуация становится более ясной при работе с системами, у которых температура отвода тепла меняется в широких пределах (водоаммиачный ресорбционный цикл, цикл Лоренца, основанный на смесях, кипящих в широком интервале температур, и, наконец, сверхкритический цикл на CO_2). Температурный начальный потенциал и возможность использования его в широком интервале (до 100 °C) позволяют экономить энергию при оптимизации системы и включении нагрева и охлаждения в промышленные процессы, например, в пищевой промышленности. Однако это может быть реализовано только при соответствии холодильной установки всей системе. Требуется более полное понимание всех аспектов процесса в целом, а также повышение требований к уровню образования и практической подготовки персонала.

СЛЕДСТВИЯ ПЕРЕМЕН

Появление хладагентов типов CFC и HCFC привело к революции в холодильной технике и относящихся к ней отраслях. Поскольку применение хорошо изученных хладагентов могло зафиксировать весь температурный интервал, появилась возможность стандартизировать компрессоры, теплообменники и другие компоненты холодильных установок. Это позволило упорядочить все разнообразие видов оборудования, упростить их проектирование, обслуживание, снизить стоимость и распространить холодильную технику по всему миру. Посредством стандартизации стало возможным снабдить конструкторов заранее разработанными удобными картами и таблицами так, что задачи конструирования систем и их приспособления к конкретным условиям существенно упростились. Это, в свою очередь, означало, что монтаж и ввод в эксплуатацию холодильного оборудования может осуществляться менее образованным и опытным персоналом. В результате эти работы часто стали проводиться персоналом, подготовка которого была намного ниже, чем необходимо, что отразилось на результатах работы.

Даже на уровне дипломированных инженеров дело обстоит не так благополучно. Специальных учебных заведений холодильного профиля очень мало. Большинство инженеров затрудняются выполнить эксергетические расчеты холодильных циклов, многие из них не понимают принципов конструирования холодильных машин и определений их размеров. В работе каждой компании 30% составляет коррекция ошибок, которые делают инженеры больших престижных консультативных фирм. Эта ситуация не может быть улучшена без повышения уровня обучения и практической подготовки во всех видах холодильной промышленности.

Уход от хладагентов типов CFC и HCFC открывает новые возможности для холодильной техники и связанных с ней отраслей. Однако это достигается ценой усложнения задач, расширения круга возможностей и повышения ответственности инженеров-конструкторов за выбор правильного решения. Кроме того, усиливается необходимость перехода от "наименьших первоначальных затрат" как цели проектирования к минимизации, основанной на сокращении стоимости всего жизненного цикла установки, включая элементы анализа влияния на окружающую среду и оценку рисков. Многие инженеры-конструкторы несильны и в этих вопросах и не имеют опыта их разрешения, в связи с чем требуется организация экспертизы, способной решать главные проблемы конструирования.

Вследствие малого числа однокомпонентных хладагентов необходимо рассмотреть обширный ряд альтернатив, включая и многие из тех, которые когда-то были отвергнуты. Определены многие потенциально пригодные хладагенты и большое количество перспективных смесей. Cavallini (1996), например, перечислил 46 возможных вариантов. С их принятием возник бы риск возвращения к еще более хаотичным условиям, чем в 1920 г. и последующих годах, вследствие большого разброса свойств хладагентов и меньшей возможности стандартизации в промышленности.

В настоящее время некоторые холодильные системы работают при значительно более высоком давлении (сверхкритические процессы при использовании CO_2) и изменении температур в интервале до 100 K (сверхкритический CO_2 и водоаммиачные системы). Некоторые из таких систем более пригодны для пластинчатых и других современных теплообменников (например, со стекающей пленкой жидкости). Возникают также проблемы безопасности, токсичности и коррозии.

Во многих случаях свойства рабочих веществ неизвестны в обширной области давлений, температур и концентраций, в связи с чем необходимо параллельно с практической проверкой стабильности материалов и систем в течение длительного срока провести большую аналитическую работу.

Существуют также проблемы надежности и страхования новых систем с высокими давлениями или горючими хладагентами. Возникает вопрос о том, что промышленность должна делать дальше. Заменить старое, выходящее из строя оборудование? Однако почти во всем мире установки на HCFC-22 еще пригодны, но с системами на CFC-11, CFC-12, CFC-114 и R502 ситуация более сложна, что видно из табл. 1. В течение 10 лет все установки на HCFC, PFC и HFC придут в негодность и уступят место установкам на воздухе, аммиаке, CO_2 и углеводородах.

* * *

Без холодильной техники невозможно прокормить растущее население планеты, поэтому так важно ее развитие. Парниковое воздействие утечек хладагентов типа HFC незначительно по сравнению с тем, что выделяет в атмосферу движущийся поезд. Есть ли серьезные основания отказаться от HFC? Есть ли у общественности причины запрещать применение углеводородных рабочих веществ? Работники холодильной промышленности должны быть тверды в таких вопросах. Если этого не сделать сейчас, то через два десятилетия не останется ни одного легально существующего рабочего вещества.

Юристы и законодатели должны понять сложность этих задач. Переоснащение холодильной отрасли очень важно, но это должно сопровождаться пониманием со стороны общественности и не должно встречать необоснованных запретов, мешающих работе.

Существует две главные движущие силы, воздействующие в направлении замены хладагентов типов CFC и HCFC на более приемлемые альтернативные вещества: признание роли хлоридов в разрушении атмосферного озонового слоя и признание CFC как главного источника хлоридов в стратосфере, что привело к подписанию Монреальского протокола и последующим мерам, направленным на их скорейшую замену озонобезопасными хладагентами.

Внимание, обращенное на глобальное потепление и соответственно на хладагенты, сделало их главными объектами атаки. Однако, понимая необходимость ограничить влияние холодильной техники на разрушение озонового слоя, очень важно рассматривать проблему в перспективе глобального потепления. Необходимо разделить относительно небольшую долю влияния хладагентов на разрушение озонового слоя по сравнению с энергопотреблением растущей холодильной промышленности.

Поскольку любая попытка найти единственное синтетическое рабочее вещество для всех случаев обречена на неудачу, необходимо пересмотреть потенциальные возможности имеющихся смесей и природных хладагентов, включая аммиак, диоксид углерода и углеводороды. Это, в свою очередь, ведет к возобновлению дебатов о системах, производящих одновременно с холодом тепло при переменных температурах. Необходимо также развивать производство различных хладагентов, которые могут быть использованы в широком диапазоне и при достаточно низкой их стоимости.

Негативная сторона заключается в том, что выбор рабочих веществ связан с вариантами их различного применения. Поэтому важно иметь как можно больше информации о смесях. В частности, следует развивать инструментарий для исследования и диагностики, чтобы применять его в различных нагревательных и холодильных системах и получать полную информацию.

Поскольку смеси имеют тенденцию к утечкам с изменением состава или селективной растворимости в маслах, необходимо разрабатывать системы контроля, которые смогут это обнаружить, и либо дать соответствующий диагноз, либо автоматически исправить недостаток.

Необходимы обучение обслуживающего персонала и широкое распространение прогрессивных изменений. В холодильной отрасли нужна адресная система образования на всех уровнях. Вне отрасли также постоянно требуется осознание важности ее проблем и обучение нетехнического персонала, принимающего решения, относящиеся к холодильной технике.

МИХ, национальные организации, промышленность и университеты должны считать это приоритетной задачей.

Перевод д-ра техн. наук, проф. В.М.БРОДЯНСКОГО