



# Альтернатива ГХФУ- и ГФУ-хладагентам с учетом особенностей Российской Федерации

Международная академия холода  
Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

[www.unido.org](http://www.unido.org)



## ХРОНОЛОГИЯ СОБЫТИЙ

<b>1930-е годы</b>	<b>Синтез фреонов</b>
<b>1987</b>	<b>Монреальский протокол (МП 87)</b>
<b>1992</b>	<b>Копенгагенская поправка к МП 87</b>
<b>1997</b>	<b>Киотский протокол (КП 97)</b>
<b>2004</b>	<b>Ратификация Россией КП 97</b>
<b>2007 (сентябрь)</b>	<b>Монреальская поправка к МП 87</b>



## ПРОТОКОЛ КИОТО

(1 – 10 декабря 1997 г.)

### КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ГАЗЫ

**CO<sub>2</sub>** – диоксид углерода

**CH<sub>4</sub>** – метан

**N<sub>2</sub>O** – диоксид азота

**HFC** – гидрофторуглероды

**PFC** – перфторуглероды

**SF<sub>6</sub>** – шестифтористая сера

Обязательства стран по эмиссиям контролируемых газов на период 2008 – 2012 гг. от уровня 1990 г.

Страна	Обязательство, %
Австралия	+ 8
Канада	- 6
США	- 7
ЕС (в целом)	- 8
Россия	0
Украина	0
Новая Зеландия	0
ФРГ	- 25
Австрия	- 25
Франция	0
Дания	- 25
Англия	- 20
Финляндия	0
Швеция	+ 5
Греция	+ 30
Голландия	- 10
Япония	- 6
Норвегия	+ 1



## ХЛАДАГЕНТЫ

Класс	Название	Примечание
<b>CFC</b> <b>(ХФУ)</b>	<b>Хлорфторбром-углероды</b>	<b>R11, R12, галоны, R13, R113, R115</b>
<b>HCFC (ГХФУ)</b>	<b>Гидрофторхлор- углероды</b>	<b>R22, R123, R124, R21, R141b, R142b, «переходные» смеси R401A, R402A, C10M и др.</b>
<b>PFC</b> <b>(ПФУ)</b>	<b>Перфтор-углероды</b>	<b>R14, R116, RC318, R218</b>
<b>HFC</b> <b>(ГФУ)</b>	<b>Гидрофтор-углероды</b>	<b>R32, R23, R152a, R134a, R125, R227, R245, смеси R404A, R407C, R410A, R417A, R507, R508 и др.</b>
<b>NR</b>	<b>Природные хладагенты</b>	<b>CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, пропан, бутан, вода, воздух, R723, RE170 и др.</b>



## Озоноразрушающие CFC- и HCFC-хладагенты

Обозначение	Химическая формула	$t_0$ , °C	$t_{кр}$ , °C	$p_{кр}$ , МПа		GWP
R11	$CCl_3F$	23,8	198,0	4,41	1,0	4000
R12	$CCl_2F_2$	-29,8	112,0	4,13	1,0	8500
R12B1	$CClBrF_2$	-3,7	154,5	4,124	3,0	—
R13	$CClF_3$	-81,4	28,8	3,87	1,0	11700
R13B1	$CBrF_3$	-57,7	67,0	3,985	10,0	5600
R21	$CHCl_2F$	8,7	178,45	5,19	0,04	—
R22	$CHClF_2$	-40,8	96,1	4,986	0,05	1700
R113	$CClF_2-CCl_2F$	47,6	214,1	3,41	0,8	5000
R114	$CClF_2-CClF_2$	3,8	145,7	3,26	1,0	9300
R115	$CClF_2-CF_3$	-38,0	80,0	3,16	0,6	9300
R123	$CF_3-CCl_2H$	27,9	183,7	3,67	0,02	93
R124	$CHClF-CHF_3$	-13,2	122,2	3,57	0,023	480
R141b	$CH_3-CClF_2$	32,2	204,4	4,25	0,11	630
R142b	$CH_3-CClF_2$	-9,8	137,0	4,14	0,06	2000
R502	R22/R115	-45,4	82,2	4,08	0,18	4510
R503	R13/R23	-88,7	19,5	4,36	0,5	11900
R504	R32/R115	-57,2	66,4	4,76	0,133	2900



## «Переходные» холодильные агенты

Хладагент	Компоненты и состав, (масс. %)	ODP	GWP	t <sub>0</sub> , °C
	R22/R124/R152a 53/34/13	0,03	1080	-33,1
R401B	R22/R124/R152a 61/28/11	0,035	1190	-34,7
R401C	R22/R124/R152a 33/52/15	0,031	870	-28,4
R402A	R22/R125/R290 38/60/2	0,02	2570	-49,2
R402B	R22/R125/R290 60/38/2 (66/32/2)	0,03	2240	-47,4
R403A	R22/R128/R290 75/20/5 (74/20/6)	0,04	2670	-50,0
R403B	R22/R128/R290 56/39/5	0,03	3680	-49,5
R405A	R22/R142b/R152a/RC318 45/5,5/7/42,5	0,033	3300	-27,3
R406A	R22/R142b/R600a 55/41/4	0,053	1700	-32,4
R408A	R22/R125/R143a 47/7/46	0,026	3050	-46,3
R409A	R22/R124/R142b 60/25/15	0,05	1440	-34,2
R409B	R22/R124/R142b 65/25/10	0,05	1425	-35,2
R411A	R22/R152a/R1270 87,5/11/1,5	0,042	1440	-38,6
R411B	R22/R152a/R1270 94/3/3	0,045	1540	-41,6
R412A	R22/R142b/R218 70/25/5	0,052	>1300	-38,3
R509	R22/R218 44/56 (азеотроп)	0,032	>13600	-47,1
C10M1	R21/R22/R142b 5/65/30	0,05	1500	-31,0
C10M2	R21/R22/R134a 5/65/20	0,04	1500	-32,2



## Озонобезопасные синтетические хладагенты

Хлад-агент	Химическая формула			GWP
R23	$\text{CHF}_3$	- 82,1	25,9	12000
R32	$\text{CH}_2\text{F}_2$	- 51,7	78,2	550
R125	$\text{CHF}_2\text{-CF}_3$	- 48,1	66,2	3400
R143a	$\text{CH}_3\text{-CF}_3$	- 47,2	72,9	4300
R161	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{F}$	- 37,1	102,2	12
R218	$\text{C}_3\text{F}_8$	- 36,6	71,9	8600
R134a	$\text{CH}_2\text{F-CF}_3$	- 26,1	101,1	1300
R152a	$\text{CH}_3\text{-CHF}_2$	- 24,0	113,3	120
R131l	$\text{CF}_3\text{I}$	- 22,5	122,0	1
R227ea	$\text{CF}_3\text{-CHF-CF}_3$	- 15,6	102,8	3500
R236fa	$\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{-CF}_3$	- 1,4	124,9	9400
R245fa	$\text{CHF}_2\text{-CHF-CHF}_2$	15,1	154,1	950
R116	$\text{C}_2\text{F}_6$	- 78,2	19,86	11400
RC318	$\text{C}_4\text{F}_8$	- 5,85	115,32	5279
RE347mcc	$\text{CF}_3\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-O-CH}_3$	34,2	164,55	368
R846	$\text{SF}_6$	- 63,8	45,56	24900
R1234yf	$\text{CF}_3\text{CF=CH}_2$	- 29,45	95,65	4





## Смесевые озонобезопасные ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

Обозначение	Состав, химическая формула	$t_0, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$ глад	$t_{\text{кр}}, ^\circ\text{C}$	GWP
R413A	R134a/R218/R600a	-35	6,9	101	1900
R404A	R143a/R125/R134a	-47	0,7	73	3800
R507	R143a/R125	-47	0,0	71	3900
R407C	R32/R125/R134a	-44	7,4	87	1700
R417A	R125/R134a/R600	-43	5,6	90	2200
R410A	R32/R125	-51	0,2	72	2000
R508A	R23/R116	-86	0,0	13	12000





## "ПРИРОДНЫЕ" ХЛАДАГЕНТЫ

Вещество	Обозначение	Химическая формула	M, кг/кмоль	T <sub>нк</sub> , К	T <sub>кр</sub> , К	P <sub>кр</sub> , МПа
Воздух	R729		28,96	78,57	132,52	3,79
Аммиак	R717	NH <sub>3</sub>	17,03	239,56	405,40	11,39
Диоксид углерода	R744	CO <sub>2</sub>	44,01	194,75	304,13	7,377
Этан	R170	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	184,31	305,33	4,872
Пропан	R290	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,1	230,77	369,85	4,248
Изобутан	R600a	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12	261,21	407,85	3,640
Н-бутан	R600	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12	272,21	425,16	3,796
Цикло-пропан	C270	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	197,15	397,80	5,495
Цикло-пентан		C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,13	322,15	511,70	4,508
Пропилен	R1270	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	225,17	364,90	4,613
Димети-ловый эфир	RE170	CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>3</sub>	46,07	248,35	400,05	5,37



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT  
ORGANIZATION



## Статус КВО

<b>R12</b>	<b>RC218+RE347mcc</b>	<b>R600</b>
<b>R22</b>	<b>R245fm</b>	<b>R290</b>
<b>R134a</b>	<b>R245fa</b>	<b>R744</b>
<b>R32+R134a</b>	<b>R32</b>	<b>R717</b>
<b>R404A</b>	<b>R23</b>	<b>R723</b>
<b>R410A</b>	<b>R32+R152a</b>	<b>циклопентан</b>
<b>R407C</b>	<b>R141b</b>	<b>RE170</b>
<b>R123</b>	<b>R142b</b>	
<b>RC318+R846</b>	<b>HFO-1234fa</b>	
<b>RC318+R142b</b>		

Reducing poverty through sustainable industrial growth



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT  
ORGANIZATION



## **Контактные данные:**

**Профессор Цветков О.Б.**