

## ОБ ИОНИЗИРОВАНИИ ВОЗДУХА В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ ПОМОЩИ КОРОННЫХ ИОНИЗАТОРОВ

### I

Я. Ю. Рейнет

В последнее время для ионизирования воздуха в помещениях стали использоваться коронные ионизаторы. Хотя изготовление коронных ионизаторов для различных целей уже поставлено на промышленную основу <sup>\*</sup>, однако данные о том, какую в действительности ионизацию они создают, каким образом и как далеко от ионизатора распространяются аэроионы в помещении, — отсутствуют.

Для ионизирования воздуха в помещениях обычно применяются подвешенные на расстоянии около 0,5 м от потолка и хорошо изолированные от стен тонкие проволочки (диаметром около 0,2 мм), заряжаемые до высокого отрицательного напряжения (примерно 10 кВ). При этом предполагается, что отрицательный коронный разряд создает только легкие отрицательные ионы, распределяющиеся равномерно по всему помещению. Тем самым игнорируется известный факт, что любое коронирование создает и некоторое количество ядовитых газов (озон, соединения азота и пр.), а также слабое ультрафиолетовое излучение.

Для проверки процесса распределения легких ионов, создаваемых антенным коронным ионизатором в закрытом помещении, в комнате лаборатории сектора геофизических наблюдений Проблемной лаборатории аэроионизации и электроаэрозолей Тартуского гос. университета (ТГУ) были проведены соответствующие измерения концентрации аэроионов. Помещение лаборатории (7,9 x 6,0 x 3,7 м) расположено на III этаже учебного корпуса № 6 ТГУ (Ленинградское шоссе 4 (рис. I)).

---

<sup>\*</sup> Ионизатор воздуха "Рязань" (390023 Рязань-23, ул. Лермонтова II, Радиозавод). 26

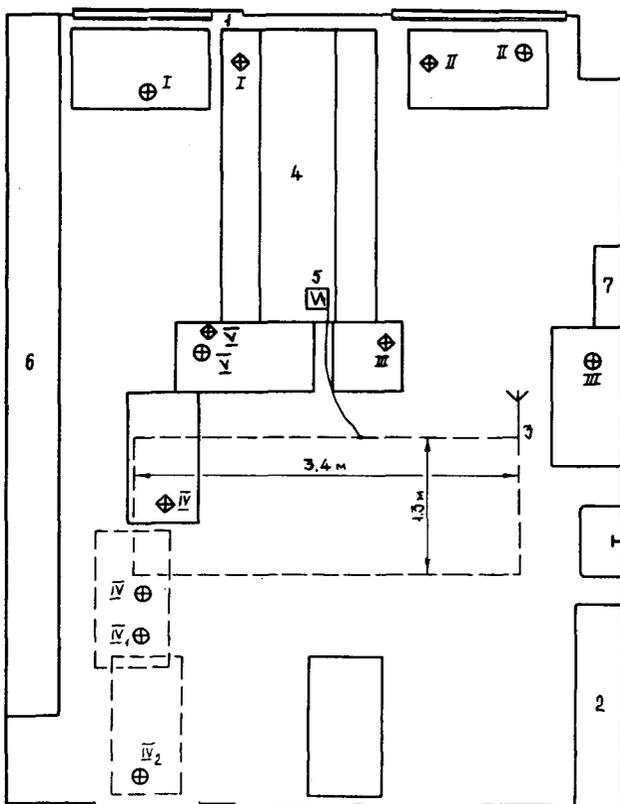


Рис. I. План помещения лаборатории, где были проведены измерения концентрации аэроионов.

I - форточка; 2 - вытяжной шкаф с мощным вентилятором; 3 - антенна (излучатель); 4 - один из рабочих столов ( $h = 0,8$  м) с полками ( $h = 2,1$  м); 5 - выпрямитель высокого напряжения на полке ( $h = 2,1$  м); 6 - стенные шкафы (высота дна от пола 1,9 м); 7 - распределительный щит; ⊕ - расположение счетчиков 26.06.78 - 27.06.78; ⊙ - расположение счетчиков 28.06.78 - 29.06.78

Окно лаборатории с форточкой (50 x 40 см) выходит на юг, в сторону парка, под окном растут высокие березы.

Измерения ионизации в помещении производились в те дни, когда атмосферный воздух отличался особенной чистотой (после дождя), а форточка перед днем измерений оставалась открытой всю ночь.

При измерении искусственной ионизации неперенным условием является неизменная объемная скорость воздуха ( $\Phi$ ) в счетчиках. Вследствие этого концентрацию ионов как с большими, так и с малыми предельными подвижностями измерять счетчиками аэроионов невозможно.

26 июня 1978 г. в помещении проводились измерения естественной ионизации воздуха (см. табл. I).

Таблица I

Естественная ионизация в помещении

Число Время	Поляр- ность ионов	Предельная подвижность	Концентрация ионов
начало		$\kappa_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	
конец			
26 июня 1978 г.			
15.00 - 15.20	+	0,001	1850 ( $\pm 150$ ) <sup>*</sup>
	+	0,01	750 ( $\pm 50$ )
	+	0,1	400 ( $\pm 100$ )
15.20 - 15.40	-	0,001	1750 ( $\pm 25$ )
	-	0,01	575 ( $\pm 25$ )
	-	0,1	275 ( $\pm 75$ )

Примечания: Во время измерений в помещении находилось 4 человека.

\* В скобках приведены максимальные отклонения отдельных результатов измерений от средних значений концентраций ионов. Измерения проводились только одним счетчиком (IV).

Как показали результаты измерений, воздух в помещении был достаточно чистый, т.е. концентрация ионов с предельной подвижностью  $\kappa_0 = 0,001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$  была ниже  $2000 \text{ ионов/см}^3$ .

27 июня 1978 г. концентрация ионов измерялась пятью счетчиками. Счетчики I-IV (рис. 1) работали по принципу заряжения, а счетчик У - по принципу разряжения. Счетчики I, II, III и У в течение эксперимента находились в неизменном положении. Положение счетчика IV менялось: IV, IV<sub>I</sub> и IV<sub>2</sub> (рис. 1). Все счетчики были установлены на пяти лабораторных столах. Расстояние от поверхности столов входных отверстий конденсаторов I-IV счетчиков - 35 см, а У счетчика - 5 см. На расстоянии 40 см от потолка установлена четырехугольная антенна с длиной проволок 3,4 м и 1,3 м (рис. 1) диаметром  $\varnothing = 0,1$  мм. Из этой же проволоки были изготовлены рейтеры, насаженные на антенну на расстоянии около 1 м друг от друга. Длина усиков рейтеров достигала 10 см. На антенну подавалось напряжение в 12 кВ.

Перед подачей напряжения на антенну в помещении измерялась естественная ионизация, причем объемная скорость воздуха при прохождении через конденсаторы счетчиков I-IV  $\Phi = 450 \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ , а счетчика У -  $\Phi = 80 \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ .

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Число Время	Полярность ионов	Предельная подвижность $k_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов					
			I	II	III	IV	У	
начало								
конец								
27 июня 1978 г.								
13.30 - 13.50	-	0,001	3000	3000	3000	3000	3000	
	-	0,01	800	900	850	900	900	
	-	0,1	250	260	270	260	290	
13.50 - 14.10	+	0,001	3000	3200	3300	3200	3500	
	+	0,01	800	850	900	900	900	
	+	0,1	390	400	450	350	350	

\* Римскими цифрами обозначены счетчики, которыми измерялись концентрации ионов в различных точках помещения.

В помещении находились в течение 1,5 часов 2 человека, а во время измерений - 4 человека.

Концентрация тяжелых ионов в сравнении с предыдущим днем примерно на 50% больше.

Как следует из приведенных данных, воздух в помещении, по сравнению с предыдущим днем, в более обильном количестве содержал тяжелые ионы. Непосредственно перед началом измерений в течение 1,5 часа (от 12 до 13.30) в помещении находились 2 человека.

Концентрация тяжелых ионов ( $k_0 = 0,001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) до искусственного ионизирования воздуха равнялась, примерно,  $3000 \text{ см}^{-3}$  и легких -  $300 \text{ см}^{-3}$ .

В табл. 3, соответственно каждому счетчику, приведены измеренные концентрации ионов с различными предельными подвижностями при отрицательном напряжении на антенне в 12 кВ.

Таблица 3

Искусственная отрицательная ионизация  
в различных точках помещения

Число Время	Предельная подвижность $k_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов				
		I	II	III	IV	У
начало						
конец						
27 июня 1978 г.						
14.00 - 14.30	0,1	1000	1200	13000	15000	10000
	0,01	7500	9000	22000	25000	20000
	0,001	38000	40000	55000	48000	50000

Расположение счетчиков в помещении отмечено на рисунке кружками.

Из результатов измерений концентраций легких и средних ионов видно, что они в каждой точке помещения различные, а концентрации тяжелых ионов распределены более или менее равномерно и очень велики.

В помещении находились 4 человека, занятые измерениями.

В 14.50 счетчик IV был перемещен из первоначального положения IV в положение IV<sub>1</sub> и затем в положение IV<sub>2</sub>. В это время ионизация измерялась только двумя счетчиками IV и У. Были получены нижеследующие данные: см. табл. 4.

Таблица 4

Искусственная отрицательная ионизация,  
измеренная счетчиком IV в положениях  
IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub> и V

Число		Предельная подвижность $k_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов (счетчики IV <sub>1</sub> , IV <sub>2</sub> , V)	
Время				
начало	конец			
27 июня 1978 г.			IV <sub>1</sub>	V
14.50 - 15.00		0,001	54000	52000
		0,01	21000	22000
		0,1	20000	16000
15.00 - 15.10		0,001	IV <sub>2</sub>	V
		0,01	40000	50000
		0,1	8000	21000
		0,1	3000	14000

В 15.15 счетчиками I-IV началось измерение концентраций молионов с предельной подвижностью  $k_0 = 0,8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ . При этом были получены следующие данные о концентрациях молионов в различных точках помещения: см. табл. 5.

Таблица 5

Концентрация молионов в различных  
точках помещения (I-IV, IV<sub>1</sub>, IV<sub>2</sub>)

Число		Концентрация отрицательных ионов							
Время		Φ	k <sub>0</sub>						
начало	конец			I*	II	III	IV	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>
27 июня 1978 г.									
15.15	16.00	450	0,8	200	300	15000	13000	7000	2700

\* Римские цифры обозначают положения счетчиков.

28 июня 1978 г. помещение было хорошо проветрено. До 12.00 в помещении никого не было.

С 12.10 до 13.05 естественную ионизацию воздуха в помещении измерял ст. инж. Я. Маасепп. Были получены следующие данные: см. табл. 6.

Таблица 6

Естественная ионизация в помещении

Число Время	Поляр- ность ионов	Предель- ная под- вижность $\kappa_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов					
			I	II	III	IV	V	
начало								
конец								
28 июня 1978 г.								
12.10 - 13.05	-	0,1	400	360	330	340	320	
	-	0,01	900	800	780	750	750	
	-	0,001	2800	2600	2500	2000	2500	
	+	0,001	2400	2600	2300	2300	2400	
	+	0,01	750	650	800	800	750	
	+	0,1	400	540	420	450	440	

\* Во время измерений в помещении было 3 человека.

Положения счетчиков на рисунке отмечены четырехугольниками.

От 15.15 до 15.45 было включено высокое напряжение. Полученные Я. Маасеппом данные о концентрациях отрицательных ионов приведены в табл. 7.

После выключения высокого напряжения концентрации отрицательных легких ионов (предельные подвижности  $\kappa_0 = 0,8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$  и  $\kappa_0 = 0,1 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) резко снижаются до такой степени, что счетчиками оказалось невозможным получить достоверные данные, однако повышенные концентрации тяжелых ( $\kappa_0 = 0,001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) и средних ( $\kappa_0 = 0,01 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) ионов регистрируются в помещении в течение длительного времени. Тяжелые ионы, по всей вероятности, представляют собой электрически заряженные частицы пыли, а средние - молекулы водяного пара.

Таблица 7

Искусственная отрицательная ионизация  
в различных точках помещения (I-Y).  
Ионизация в помещении после искусственного ионизирования.

Число Время	Поляр- ность ионов	Предельная подвижность $\kappa_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов				
			I	II	III	IV	У
<u>начало</u>							
<u>конец</u>							
28 июня 1978 г.							
15.15 - 15.45	-	0,00I	26000	28000	34000	60000	50000
	-	0,0I	7000	6000	7500	24000	20000
	-	0,1	900	600	1000*	23000	15000
	-	0,8	400	200	300	20000	
<hr/>							
Через 10 мин. после выключе- ния высокого напряжения	-	0,00I	16000	22000	20000	18000	19000
	-	0,0I	4000	3500	4000	4000	4200
Через 15 мин.	+	0,00I	1000	1200	700	1500	1500
	+	0,0I	300	320	250	250	200

\* Над счетчиком III проходил полированный провод от выпрямителя к антенне, электрическое поле которого удаляло ионы от счетчика.

Таблица 8

Концентрация легких ионов и молекул в различных точках помещения (I-V) в случае естественной и искусственной ионизации

Число Время	Предельная подвижность $k_0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$	Концентрация ионов					
		I	II	III	IV	V	
<u>начало</u> <u>конец</u>							
29 июня 1978 г.		Естественная ионизация					
14.00 - 14.45	0,1	300	320	340	330	350	
	1,0	250	240	280	300	250	
		Искусственная ионизация					
14.50 - 15.10	0,1	1000	1000	1000	20000	12000	
	1,0	300	350	250	18000	10000	
		Естественная ионизация					
Через 3 мин. после отключения высокого напряжения.		0,1	800	900	850	820	900
Через 6 мин.		1,0	160	120	150	140	150
15.50 - 16.20	0,1	380	300	380	400	300	
	1,0	270	200	260	240	220	

Примечание: После снятия напряжения от антенны (15.10) молекулы при помощи счетчика вообще не обнаруживались. Через 6 мин. их наличие стало заметным; через час концентрация молекул достигла почти первоначального уровня.

Положительные тяжелые ионы, которых при высоком отрицательном напряжении на антенне, в заметном количестве в помещении не было, начинают постепенно появляться и через четверть часа после выключения напряжения уже присутствуют в незначительном количестве.

Исследования показали, что концентрация тяжелых ионов тем больше, чем больше людей находится в помещении.

Поскольку обнаружилось, что в случае высокого отрицательного напряжения на антенне количество молионов с подвижностью  $k_0 = 1,0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$  уменьшается, осаждаясь на частицах пыли. В некоторых точках помещения концентрация молионов меньше, чем в случае естественной ионизации до включения высокого напряжения (см. табл. 8). Было решено проверить уменьшение концентрации только легких ионов в помещении под влиянием коронного ионизатора.

Перед измерением ионизации 29 июня с.г. для очистки воздуха в помещении на четверть часа был включен мощный вентилятор. В 14.00 Я. Маасепп начал проводить измерения. Результаты приведены в табл. 8.

Как следует из приведенных данных, через 6 мин. после отключения с антенны высокого напряжения концентрации отрицательных молионов достигает 50% естественной ионизации и лишь приблизительно через час доходит до своей первоначальной величины (см. табл. 8 снизу 3 и I строка).

Принишу здесь свою благодарность ст. инженеру Я. Маасеппу, добросовестно помогавшему проводить измерения концентрации ионов в ходе данной работы.

#### В ы в о д ы

1. Искусственная ионизация в помещении, вызванная коронным ионизатором снабженным антенной, по величине резко отличается в различных его точках, причем на периферии она в десятки раз меньше, чем вблизи антенны.
2. Снабженный антенной коронный ионизатор приводит к образованию в помещении огромного количества тяжелых ионов, что вызвано осаждением легких ионов в сильном электрическом поле на частицы, находящиеся в воздухе (пыль,

водяной пар и т.п.). В точках помещения находящихся вдали от антенны концентрация легких ионов ( $k_0 = 0,1 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ) не увеличивается, поскольку концентрация молионов ( $k_0 = 1,0 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ) местами даже уменьшается, по сравнению с естественной ионизацией.

3. При отключении антенны от источника высокого напряжения ионизация воздуха в помещении быстро выравнивается под влиянием объемных зарядов неравномерно заряженных зон, причем концентрация легких ионов ( $k_0 = 0,1 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ) и молионов ( $k_0 = 1,0 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ ) восстанавливается под влиянием естественных ионизаторов до первоначального значения примерно в течение часа.
4. В случае отрицательной искусственной ионизации (высокое отрицательное напряжение на антенне) заметного количества положительных аэроионов в помещении не наблюдается.
5. Концентрация тяжелых ионов в помещении в присутствии людей возрастает.
6. В связи с тем, что коронный ионизатор [1] создает в помещениях большую концентрацию тяжелых ионов и тем самым уничтожает молионы, применение подобных коронных ионизаторов в помещениях в присутствии людей недопустимо.
7. В промышленных помещениях для нейтрализации статических зарядов можно использовать лишь такие коронные ионизаторы 5, 6, в которых ядовитые газы, образующиеся во время процесса ионизации, а также ядра удаляются из области действия ионизатора при помощи специальной установки.
8. Необходимо еще изучить, как влияют на ионизацию помещений безантенные коронные ионизаторы [2, 3, 4].

#### Л и т е р а т у р а

1. Таммет Х.Ф., Салым Я.И. Ионизирование воздуха больших помещений посредством проволочных антенн, питаемых аппаратом для фраклиннизации. Аэроионизация в гигиене труда. Л., 1966, 237-240. Матер.науч.конф. по проблеме Аэроионизация в гигиене труда. Л., 1963, 140-141.

2. Авт. св. № 107932. Приллер П.К., Рейнет Я.Ю. и Кийс В.Ю. - Аппарат для аэромонизации. Бюлл. изобр. 1957, № 9.
3. Авт. св. № 115904. Таммет Х.Ф. - Коронный ионизатор. Бюлл. изобр. 1958, № 11.
4. Авт. св. № 122642. Таммет Х.Ф. - Портативный коронный ионизатор. Бюлл. изобр. 1959, № 18.
5. Авт. св. № 165848. Рейнет Я.Ю. - Нейтрализатор. Бюлл. изобр. 1964, № 20.
6. Авт. св. № 588667. Рейнет Я.Ю. - Нейтрализатор для снятия зарядов статического электричества. Бюлл. изобр. 1978, № 2.

ON IONIZATION OF AIR IN ENCLOSED ROOMS BY MEANS  
OF CORONA IONIZERS

J. Reinet

Summary

A corona air ionizer in an enclosed room provided with an antenna produces big quantities of large air ions by precipitating small air ions on to airborne nuclei (dust, etc.). At the same time the concentration of small air ions increases only slightly. In the rooms where persons are present, the concentration of large air ions increases still more.

Since corona air ionizers in addition produce toxic gases (nitrogen compounds) and unipolarly charge the dust particles present in the air which to a larger extent settle on the walls of the respiratory tract than neutral dust particles, the application of corona air ionizers in rooms where persons are present, is not hygienic.

## ОБ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ ПОМОЩИ КОРОННЫХ ИОНИЗАТОРОВ

Л.Э. Лангус, Я.Д. Рейнет

### II

Эта статья является продолжением статьи, изложенной выше под этим же заглавием, с целью показать, как ионизируется воздух в помещениях под влиянием антенн (излучателей) коронного ионизатора "Рязань" или франклинизационного аппарата АФ-3, выпрямитель которого подает напряжение на антенны [I, 2]. Последние рекомендуются некоторыми авторами [3, 4, 5] для ионизирования комнатного воздуха.

Концентрация ионов, создаваемых с помощью вышеназванных коронных аэроионизаторов, снабженных антеннами (одной или двумя), измеряются интегральными счетчиками.

Эти измерения проводились в большом помещении сектора геофизических наблюдений в Проблемной лаборатории аэроионизации и электроаэрозоль (ПЛАЭ) Тартуского государственного университета (ТГУ). В этом помещении, размерами 7,8 x 5,4 x x 3,6 м у стен стоят деревянные шкафы высотой почти до потолка. Посреди комнаты размещены деревянные рабочие столы, на которых отсутствуют изоляционные покрытия. Пол покрыт фанерой. На столах были установлены счетчики аэроионов (см. рис. I).

Одновременно действовали четыре счетчика. Счетчики I, 2 и 3 с вертикально установленными измерительными конденсаторами действовали по принципу зарядки, а счетчик 4 с горизонтальным конденсатором действовал по принципу разрядки. Высота входных отверстий измерительных конденсаторов счетчиков I, 2, 3 считая от пола была 105 см, а входное отверстие измерительного конденсатора четвертого счетчика, отмеченное черточкой, находилось на высоте 80 см от пола. Антенны (излучатели) I и II были изолированы от стены при помощи

однометровых отрезков капроновой лески. Длина антенн была 3,4 м и расстояние между двумя параллельными проволоками антенны 1 м, а диаметр антенной проволочки 0,1 мм; антенны находились на расстоянии 0,8 м от потолка.

К измерениям концентраций ионов в вышеуказанном помещении приступили 15 ноября 1978 г. в 15 часов. Измерялись концентрации ( $n_1$ ) легких (предельная подвижность  $k_0 = 0,1 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ), ( $n_2$ ) средних (предельная подвижность  $k_0 = 0,01 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) и ( $N_1$ ) тяжелых (предельная подвижность  $k_0 = 0,001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) ионов (см. таблицу I). В помещении преобладали положительные аэроионы, т.к. коэффициент униполярности превышал единицу, как в случае легких  $n_+/n_-$ , так и в случае тяжелых ионов  $N_+/N_-$ .

Так как при измерении искусственной ионизации для определения спектра ионов нельзя пользоваться различными объемными скоростями ( $\Phi \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ ), то при наличии имевшихся счетчиков было возможно измерять концентрацию ионов с тремя вышеуказанными предельными подвижностями. Концентрацию молионов ( $n$ ) с подвижностями  $k \gg 1,0 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$  и ( $N_2$ ) ультратяжелых ионов (предельная подвижность  $k_0 = 0,0001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) при данной объемной скорости ( $\Phi$ ) не было возможности измерить!

20.II.78 исследовалось действие в настоящее время широко рекламируемого коронного ионизатора "Рязань", при отрицательном напряжении на антенне II в 4,6 кВ.

Сначала в помещении было проведено измерение естественной ионизации. Данные о естественной ионизации приведены в таблице 2.

Измерения проводились тремя счетчиками 2, 3 и 4. При сравнении данных, полученных 20.II.78 г., с данными от 15.II.78 г., полученными при измерении естественной ионизации в тот день, выявляется, что концентрации средних ( $n_2$ ) и тяжелых ( $N_1$ ) ионов были значительно выше, чем 15.II.78 г.

По-видимому это связано с тем обстоятельством, что 20.II.78 г. во время измерений в помещении находилось больше людей, чем 15.II.78 г.

Кроме того следует отметить, что 20.II.78 измерения показали значительно меньшую концентрацию отрицательных легких ионов ( $n_1$ ), в то время как концентрация положительных легких ионов заметно увеличилась.

В 15.30 начались измерения концентрации отрицательных ионов, созданных ионизатором воздуха "Рязань". Был применен выпрямитель с напряжением на выходе - 4,6 кВ.

В начале напряжение было подано только на одну антенну (излучатель) I (см. рис. I).

Данные о концентрациях ионов представлены в таблице 3.

В 15.45 отрицательное напряжение - 4,6 кВ было подано на обе антенны (I и II).

Результаты измерений концентраций ионов изложены в таблице 4.

Далее были проведены измерения концентраций ультратяжелых ионов ( $N_2$ ). С этой целью можно было применить только два счетчика, действовавших с объемной скоростью  $\Phi=45 \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ . Результаты даны в таблице 5.

23.XI 78 г. в 14.45 приступили к измерению естественной ионизации в вышеописанном помещении. Результаты измерений приведены в таблицах 6 и 7.

В 15.30 начались измерения концентраций отрицательных ионов, вызванных действием коронного ионизатора "Рязань", причем обе антенны (излучатели) I и II были под напряжением в -4,6 кВ. Результаты представлены в таблице 8.

В 15.50 начались измерения концентрации отрицательных аэроионов, образовавшихся действием только одной антенны (излучателя) I вышеуказанного коронного ионизатора при напряжении в -4,6 кВ. Результаты изложены в таблице 9.

30.II.78 г. были проведены измерения концентраций ионов, создаваемых в помещении вышеописанными антеннами (излучателями) I и II под влиянием высокого напряжения, полученного от аппарата для франклинизации АФ-3.

Непосредственно до этих измерений в этом же помещении проводились с 11.00 - 12.45 измерения естественной ионизации (см. табл. I0 и II), причем оказалось, что концентрации положительных ионов были выше, чем отрицательных ионов.

Приступая к применению в качестве источника высокого напряжения АФ-3 выяснилось, что отмеченные на круговой шкале этого аппарата числа не соответствуют действительным значениям высокого напряжения, в связи с чем стало необходимым измерять напряжения, подаваемые на антенны, вольтметром высокого напряжения. До 30 кВ было возможно измерять непосредственно, но более высокие напряжения пришлось вычислять путем экстраполяции. Данные приведены в ниже-следующей таблице:

Деления шкалы АФ-3	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Соответствующие напряжения в кВ	0	14	17	21	24	27	30	33	36

Так как при изучении спектра аэроионов при искусственной ионизации изменять объемную скорость ( $\Phi$ ) в счетчиках недопустимо, то для счетчиков 1, 2, 3 была выбрана объемная скорость  $\Phi = 450 \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ , а для счетчика 4 -  $80 \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ . Эти объемные скорости давали возможность измерять концентрации легких ( $n_1$ ), средних ( $n_2$ ) и тяжелых ( $N_1$ ) ионов, полученных за счет искусственной ионизации.

Концентрации стрипательных ионов, образовавшихся действием двух антенн (I и II), подключенных к АФ-3, измерялись 30.II.78 г. от 14.00 - 14.15. Полученные данные приведены в таблице 12.

С 14.20 проверялось изменение концентраций молионов  $n$  ( $n_0 = 0,8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ), легких ( $n_0 = 0,1 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) и тяжелых ( $n_0 = 0,001 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) ионов. Данные представлены в таблице 13. Из таблицы становится совершенно очевидным, что концентрация молионов чрезвычайно низкая. Однако вблизи окна (счетчик 0), где внешний воздух в некотором количестве проникает в помещение сквозь небольшие щели в оконной раме, концентрация выше, чем в глубине помещения (счетчик 3). Концентрации тяжелых ионов по всему помещению высокие и более-менее равные.

В 14.30 на обе антенны был подан потенциал - 33 кВ, в 14.37 - потенциал - 30 кВ, в 14.43 - потенциал -27 кВ и в

41

14.52 - потенциал -24 кВ. Полученные данные приведены в таблице I4.

Из последней таблицы выясняется, что АФ-3 при потенциале на антенне (I и II) в -33 кВ на расстоянии примерно около двух метров от антенны образовалась концентрация тяжелых ионов ( $N_1$ )  $5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ , в то время, как на расстоянии трех метров от антенны концентрация тяжелых ионов ( $N_1$ ) была  $10^5 \text{ см}^{-3}$ .

Из результатов измерений концентраций аэроионов можно заключить, что антенные коронные ионизаторы приводят к образованию в помещениях чрезвычайно большого количества тяжелых ионов.

В опубликованных работах [3, 4, 5] речь идет только о легких ионах, или вообще даже не указывается с какими ионами мы имеем дело [2, с. 23]. Это обстоятельство связано с тем, что исследователи искусственной ионизации, при измерениях концентраций ионов, не учитывали предельных подвижностей аэроионов  $k_0$  [6, с. 109-III].

Предельная подвижность  $k_0$  характеризует минимальную подвижность ионов  $k$ , начиная с которой все ионы с подвижностями  $k$  и выше улавливаются конденсатором.

В случае искусственной ионизации воздуха, если не указать предельную подвижность при измерениях концентраций аэроионов, результаты измерений отдельных исследователей могут расходиться на десятки, а то и на сотни тысяч ионов.

Например, не имея данных предельной подвижности  $k_0$  при измерениях предполагаемых концентраций легких ионов (подвижность  $k \gg 0,1 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) частично можно захватить и средние ионы (с подвижностями  $0,1 > k > 0,01 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ), а это ошибочно приведет к увеличению результатов измерений.

Другая тяжелая ошибка некоторых исследователей искусственной ионизации, состоит в том, что в случае измерения концентраций аэроионов при искусственной ионизации, допускается турбулентность воздушного потока в конденсаторе. Это обстоятельство приводит к тому, что даже при полном отсутствии легких ионов в исследуемом воздухе, частично тяжелые и ультратяжелые ионы попадают на электрод конденсатора, соединенного с электрометром, который "выявит" наличие большой

концентрации легких ионов".

Третья ошибка, допускаемая при исследовании спектра ионов искусственно ионизированного воздуха, состоит в том, что в ходе измерений изменяется объемная скорость воздуха ( $\Phi \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$ ) протекающего через конденсатор. В таком случае результаты измерений концентраций аэроионов несравнимы между собой и опубликование таких - с позволения сказать - "данных" в научной литературе приводит лишь к неразберихе.

При изучении естественной ионизации в помещении распределение ионов в нем равномерное и исследование спектра аэроионов можно проводить при различных объемных скоростях.

В случае же искусственной ионизации, когда степень ионизации воздуха в различных точках помещения резко отличается и к тому же меняется, изменение объемной скорости недопустимо.

Некоторые исследователи искусственной аэроионизации считают возможным, при изучении спектра аэроионов применять метод характеристик. Это нежелательно, т.к. в помещении невозможно создать неизменно устойчивую аэроионизацию, чтобы стало возможным вычертить кривую спектра.

Этот метод недостаточно точен и при исследованиях естественной ионизации, несмотря на то, что естественная ионизация воздуха в больших помещениях изменяется довольно медленно.

По концентрациям ионов в отдельных точках помещения в случае искусственной ионизации вычерчивание характеристической кривой и создание соответствующей математической формулы методом касательных к ней не дает возможности вычислять концентрацию ионов для любой точки помещения, ввиду неустойчивости степени ионизации в помещении.

В настоящем сборнике однако эти основные положения не учтены в статье: Х.Ф. Таммет, Я.И. Сальм "Об использовании проволочных антенн для аэроионизации".

Поэтому сделать правильные выводы об ионизации воздуха, созданной в помещении антеннами с высоким напряжением, невозможно.

В настоящей и предшествующей статьях учтены вышеуказанные элементарные основные требования предъявляемые при ис-

следовании искусственной ионизации в связи с чем стало возможным установить следующие факты:

1. Коронные антенные ионизаторы загрязняют воздух в жилых и рабочих помещениях, образуя в них в избытке тяжелые ионы (униполярно заряженная пыль) и снижая концентрацию молекул (отрицательно заряженные молекулы кислорода).

2. Концентрация ионов в помещении распределяется очень неравномерно и никаких зон свободных от ионов, не образуется. Поэтому не возможно вычислять вероятное количество ионов данной группы для всего помещения.

3. Так как измерения концентраций ионов проводились до сих пор интегральными счетчиками, то невозможно определить среднюю подвижность ионов.

4. Не встречается такого относительного числа тяжелых и легких ионов  $N/n < 1$ , ибо тяжелых ионов в несколько десятков раз больше, чем легких, то относительное число  $\frac{N}{n} \approx 50$ .

Авторы выражают искреннюю благодарность ст.инженеру Яну Маасешу, который с большим старанием и основательностью помог провести измерения концентраций аэроионов.

## ВЫВОДЫ

1. Антенные коронные ионизаторы напр. "Рязань" создают в закрытых помещениях большое количество тяжелых и ультратяжелых ионов.

2. Особенно много образуется в помещении тяжелых ионов в случае применения для подачи очень высокого напряжения на антенну от аппарата АФ-3.

3. Чем выше напряжение на антенне, тем больше загрязняется воздух.

4. После отключения высокого напряжения от антенн воздух в помещении остается негигиеничным. Концентрация отрицательных молекул ( $\kappa \geq 0,8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$ ) уменьшена и увеличена концентрация тяжелых ионов (униполярно заряженная пыль, которая интенсивнее оседает на слизистых оболочках дыхательных путей)

5. Недопустимо применять антенные коронные ионизаторы (напр. "Рязань" или АФ-3 с антеннами) в жилых или рабочих помещениях.

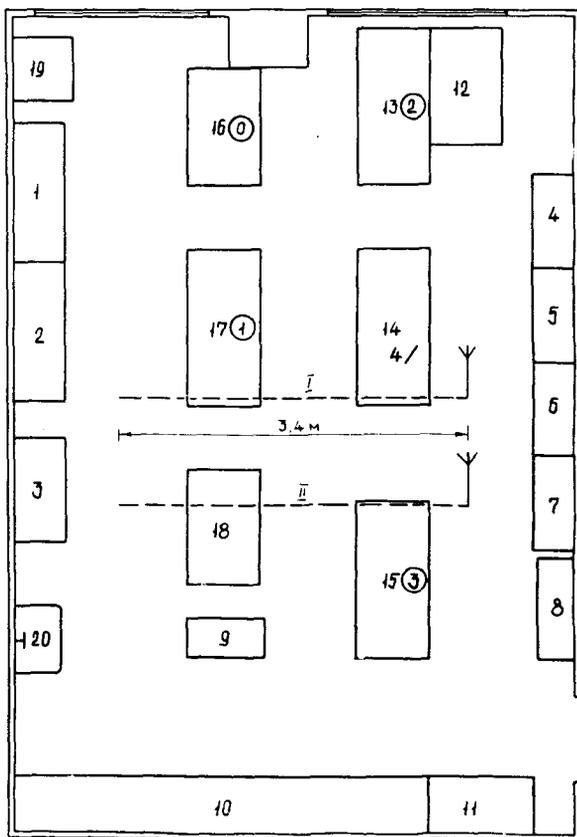


Рис. I. План помещения № 306 на III этаже учебного корпуса № 6 Тартуского гос. университета (7,8 x 5,4 x 3,6 м)

I-8 и 10-11 деревянные шкафы у стен помещения, 9 деревянный шкаф с высотой, равной высоте рабочих столов, 12-18 деревянные письменные столы, 19 железный шкаф, 20 раковина, I и II антенны (излучатели).

Таблица I

Естественная ионизация в помещении

Число время	Поляр- ность ионов	# счет- чика	Концентрация ионов		
			$n_1$	$n_2$	$N_1$
			$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
15.11.78	+	1	300	700	3000
начало:		2	300	700	3000
15.00		3	300	760	3000
конец:		4 <sup>X</sup>	350	900	4000
15.15					
начало:	-	1	260	600	2300
15.20		2	300	650	2800
конец:		3	270	620	2600
15.35		4 <sup>X</sup>	320	700	3000

Примечание: В помещении находилось 3 человека занимавшихся измерением концентраций.

<sup>X</sup> Четвертый счетчик показал несколько большие значения концентраций, что объясняется отталкивающим действием (краевой эффект) счетчиков 1, 2, 3.

Таблица 2

Естественная ионизация в помещении

Число время	Поляр- ность ионов	# счет- чика	Концентрация ионов		
			$n_1$	$n_2$	$N_1$
			$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
20.11.78	+	2	400	950	4500
начало:		3	300	1000	5000
15.10		4	350	1100	4600
конец:					
15.15					
начало:	-	2	200	800	3800
15.15		3	200	800	4200
конец:		4	250	1000	4000
15.25					

Примечание: В помещении находилось во время измерений 5 человек.

Таблица 3

Концентрации отрицательных ионов, образовавшихся в помещении в связи с действием аэроионизатора "Рязань" в случае отрицательного напряжения - 4,6 кВ на одной антенне (I)

Число время	№ счет- чика	Концентрация ионов		
		$n_1$	$n_2$	$N_1$
		$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
20.XI.78				
начало:	2	- *	300	1200
15.30	3	700	2200	7000
конец:	4	300	2800	10000
15.45				

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

\* На месте счетчика 2 легкие ионы, находившиеся ранее в помещении, **исчезли** в связи с их осаждением на ядрах (пыль и т.д.).

Таблица 4

Концентрации отрицательных ионов в помещении при подаче отрицательного напряжения - 4,6 кВ на обе антенны (I и II)

Число время	№ счет- чика	Концентрация ионов		
		$n_1$	$n_2$	$N_1$
		$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
20.XI.78				
начало:	2	200	2000	12000 *
15.45	3	400	5000	15000
конец:	4	300	2500	15000
15.50				

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

\* Аэроионизатор создает в обильном количестве тяжелые ионы ( $N_1$ ).

Таблица 5

Концентрации отрицательных ионов  
в помещении в случае подачи отрицательного  
напряжения - 4,6 кВ на обе антенны (I и II)

Число время	№ счет- чика	Концентрация ионов		
		$n_2$	$N_1$	$N_2$
		$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$	$k_0 = 0,0001$
20.XI 78				
начало: 16.10	2	5000	20000	22000
конец: 16.30	3	22000	45000	50000

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

Таблица 6

Естественная ионизация в помещении

Число время	№ счет- чика	Концентрация положительных ионов			
		$n$	$n_1$	$n_2$	$N_1$
		$k_0 = 1,0$	$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
23.XI 78					
начало: 14.45	0	220	380	1100	4000
	1	200	360	1000	4600
конец: 15.00	2	200	340	1000	4200
	3	220	350	1100	4500
	4	240	320	1000	4600

Примечание: В помещении с 10 часов работали 3 сотрудника  
лаборатории.

Таблица 7

## Естественная ионизация в помещении

Число время	№ счет- чика	Концентрация отрицательных ионов			
		$n$	$n_1$	$n_2$	$N_1$
		$\kappa_0 = 1,0$	$\kappa_0 = 0,1$	$\kappa_0 = 0,01$	$\kappa_0 = 0,001$
23.XI 78					
начало:	0	160	230	800	5000
15.05	1	150	200	780	4800
конец:	2	150	200	820	5000
15.25	3	150	230	800	5000
	4	110	220	860	5200

Примечание: В помещении работали 3 сотрудника лаборатории.

Таблица 8

Концентрация отрицательных аэроионов в помещении, где на две антенны (I и II) коронного аэроионизатора "Рязань" было подано отрицательное напряжение 4,6 кВ

Число время	№ счет- чика	Концентрация ионов		
		$n_1$	$n_2$	$N_1$
		$\kappa_0 = 0,1$	$\kappa_0 = 0,01$	$\kappa_0 = 0,001$
22.XI 78				
начало:	0	460	3600	17000
15.30	1	370	3500	30000
конец:	2	420	3200	15000
15.45	3	6400	15000	50000
	4	700	5000	24000

Примечание: В помещении находились 2 сотрудника лаборатории, проводивших измерения.

Таблица 9

Концентрации отрицательных аэроионов в помещении, где на одну антенну (I) коронного аэроионизатора "Рязань" было подано отрицательное напряжение 4,6 кВ

Число время	№ счет- чика	Концентрация отрицательных ионов		
		$n_1$ $k_0 = 0,1$	$n_2$ $k_0 = 0,01$	$N_1$ $k_0 = 0,001$
23.XI 78				
начало:	0	440	3200	21000
15.50	1	320	3000	21000
конец:	2	460	3100	20000
16.00	3	560	3600	24000
	4	600	3800	22000

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

Таблица 10

Естественная ионизация в помещении

Число время	№ счет- чика	Концентрация положительных ионов				
		$n$ $k_0 = 1,0$	$n_1$ $k_0 = 0,1$	$n_2$ $k_0 = 0,01$	$N_1$ $k_0 = 0,001$	$N_2$ $k_0 = 0,0001$
30.XI 78						
начало:	1	230	300	900	4800	11000
11.00	2	160	200	1000	4600	11000
конец:	3	230	280	1000	5000	13000
11.20	4	220	310	1100	5600	-

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

Таблица II

Естественная ионизация в помещении

Число время	№ счет- чика	Концентрация отрицательных ионов				
		$n$	$n_1$	$n_2$	$N_1$	$N_2$
		$k_0 = 1,0$	$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$	$k_0 = 0,0001$
30.XI 78						
начало:						
12.25	1	160	230	850	4200	7000
	2	90	150	800	4200	7000
конец:						
12.45	3	200	270	900	4800	8000
	4	150	270	1000	4600	-

Таблица I2

Концентрации отрицательных ионов,  
созданных АФ-3 в помещении в случае  
подачи напряжения на антенны (I и II) - 36 кВ

Число время	№ счет- чика	Нап- ряже- ние	Концентрация ионов		
			$n_2$	$N_1$	
			$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$	
30.XI 78					
начало:					
14.00	0	-36 кВ	100000	130000	В помеще- нии на- ходилось 2 чело- века.
	2		70000	100000	
	3		580000	630000	
	4		170000	220000	
конец:					
14.15	0	-36 кВ	100000	130000	- " -
	2		74000	100000	
	3		580000	600000	
	4		160000	230000	

Примечание: Концентрации средних ( $n_2$ ) и тяжелых ( $N_1$ ) ионов в каждой точке помещения (на месте входного отверстия счетчика) держались более-менее постоянными.

Таблица I3

Естественная ионизация в помещении через 5 минут после отключения высокого напряжения -36 кВ от антенн I и II

Число время	№ счет- чика	Концентрация отрицательных ионов		
		$n$	$n_1$	$N_1$
		$k_0 = 0,8$	$k_0 = 0,1$	$k_0 = 0,001$
30.XI 78				
начало:	0	80	1000	14000
14.20	2	30	500	15000
конец:	3	20	700	16000
14.30	4	-	1000	17000

Примечания: В помещении находилось 2 человека.

Концентрация молекул в помещении исключительно низкая и неравномерная (вблизи окна выше, чем в глубине комнаты), в то время, как концентрация тяжелых ионов высокая и более-менее равномерная по всему помещению.

Таблица I4

Концентрации отрицательных ионов, созданных в помещении, где на обе антенны (I и II) поочередно подавалось от АФ-3 напряжение -33 кВ, -30 кВ, -27 кВ, -24 кВ.

Число время	№ счет- чика	Нап- ряже- ние	Концентрация ионов	
			$n_2$	$N_1$
			$k_0 = 0,01$	$k_0 = 0,001$
1	2	3	4	5
30.XI 78				
начало:	0	-33 кВ	90000	100000
14.30	2		65000	80000
конец:	3		480000	500000
14.35	4		150000	190000

Таблица I4  
(продолжение)

I	2	3	4	5
30.XI 78				
начало:	0	-30 кВ	80000	100000
I4.37	2		55000	80000
конец:	3		420000	450000
I4.42	4		150000	190000
начало:	0	-27 кВ	60000	90000
I4.43	2		40000	65000
конец:	3		350000	380000
I4.48	4		120000	180000
начало:	0	-24 кВ	55000	75000
I4.52	2		35000	60000
конец:	3		300000	320000
I5.00	4		100000	140000

Примечание: В помещении находилось 3 человека.

#### РАЗЪЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦАМ

Таблицы 3 и 9 характеризуют аэроионизацию, появляющуюся в помещении под действием коронного аэроионизатора "Рязань" в случае, когда напряжение подано лишь на одну антенну [I].

В таблице 3 даны концентрации ионов когда на антенну было подано напряжение сразу после измерения естественной ионизации (табл. 2). В таблице 9 приведены концентрации ионов измеренные сразу же после отключения напряжения с антенн (I и II) ионизатора (табл. 8).

После подачи высокого напряжения на антенны в помещении создается неравномерное распределение концентраций ионов. В точках (3 и 4), находящихся ближе к антеннам, концентрации тяжелых ( $N_1$ ) и средних ( $n_2$ ) ионов увеличивается, в то же время на периферии (точка 2) соответствующие концентрации уменьшаются. При этом концентрации легких ионов вблизи точ-

ки 2 (табл. 3) упали до такой степени, что величина их отсчетов находилась в пределах погрешности измерений.

Таблицы 4 и 5 характеризуют действие находящихся под напряжением антенн - одной (I) или двух (I и II) на ионизацию воздуха в помещении. Так, например, около точки 3 концентрации средних ионов ( $n_2$ ) в вышеуказанных таблицах составляют  $5000 \text{ см}^{-3}$  и  $22000 \text{ см}^{-3}$ , а концентрации тяжелых ионов ( $N_1$ )  $15000 \text{ см}^{-3}$  и  $45000 \text{ см}^{-3}$ . Приведенные в таблице 4 концентрации ионов, измеренные после отключения высокого напряжения с одной антенны (I) аэроионизатора "Рязань" (табл. 3).

В таблице 5 приведены концентрации ионов, измеренные после отключения высокого напряжения с двух антенн (I и II) аэроионизатора "Рязань" (табл. 4).

В таблицах 4 и 8 показана большая неравномерность искусственной ионизации воздуха в помещении, которая зависит от расстояния точек помещения от антенн. Непосредственно под антеннами (точка 3) концентрации ионов больше, но в более удаленных точках они заметно меньше. Однако эта неравномерность не всегда одинакова, что, по-видимому, зависит от чистоты воздуха в помещении и коронирования осевших на антенне пылинки.

В таблицах I2 и I4 представлены данные, полученные при действии антенного коронного ионизатора, питаемого аппаратом для франклинизации АФ-3.

Измерялись только концентрации средних ( $n_2$ ) и тяжелых ( $N_1$ ) ионов, т.к. в опубликованной до сих пор литературе [3, 4, 5] утверждается, якобы применение антенн, подключенных к АФ-3, приводит к образованию только легких ионов.

Непосредственные измерения концентрации ионов показали, что в этом случае образуются высокие концентрации тяжелых ионов, причем тем выше, чем больше напряжение на антенне. Следовательно, антенные коронные аэроионизаторы приводят к образованию большого количества тяжелых ионов (униполярно заряженные частички пыли и пр.). Поэтому применение подобных аэроионизаторов в помещениях, где пребывают люди, нежелательно.

Сравнивая таблицы II и I3, выявляется, что после отключения высокого напряжения (-36 кВ) с антенн коронного аэроионизатора, концентрации ионов с подвижностями  $k > 0,8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1} \text{ В}^{-1}$

(табл. I3) даже меньше, чем концентрации молекул ( $n$ )  
 $n_0 = 1,0 \text{ см}^{-3} \text{ В}^{-1}$  (табл. II), однако концентрации тяжелых  
ионов в помещении в 3 раза больше, чем они были до включе-  
ния высокого напряжения.

#### Л и т е р а т у р а

1. Финогенов С.Н. Лечебные свойства ионизированного возду-  
ха, Киев, 1961.
2. Портнов Ф.Г. Электроаэрозольтерапия, Рига, 1976.
3. Таммет Х.Ф., Салым Я.И. Ионизирование воздуха больших  
помещений посредством проволочных антенн, включенных к  
аппарату для франклинизации, Гигиена и санитария, 1962,  
№ 12, с. 93.
4. Таммет Х.Ф., Салым Я.И. Ионизирование воздуха больших  
помещений посредством проволочных антенн, питаемых аппа-  
ратом для франклинизации. Материалы научной конференции  
по проблеме Аэроионизация в гигиене труда II-15 ноября  
1963 г., Л., 1963.
5. Таммет Х.Ф., Салым Я.И. Ионизирование воздуха больших  
помещений посредством проволочных антенн, питаемых аппа-  
ратом для франклинизации. Сб. Аэроионизация в гигиене  
труда, Л., 1966.
6. Israel H. Atmosphärische Elektrizität, Teil I, Leipzig,  
1957.

ON THE IONIZATION OF AIR IN ENCLOSED ROOMS BY MEANS  
OF A CORONA IONIZER

II

L. Langus and J. Reinet

Summary

Corona air ionizers with high-voltage antennas produce big quantities of large and ultralarge air ions (electrically charged dust, etc.) and of ozone as well as of nitrogen compounds. During this process under the action of an intense electric field brought about by high potential antennas, molions ( $k \gg 1.0 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) and small ions ( $k \gg 0.1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) settle on airborne nuclei.

Due to this reason large quantities of unipolarly loaded dust particles are generated which in a larger measure than neutral dust particles settle in the respiratory tract of human persons.

Corona air ionizers with high-voltage antennas must not be used in enclosed rooms in the presence of human persons.