# МИКРОВОЛНОВЫЙ ГАЗОРАЗРЯДНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

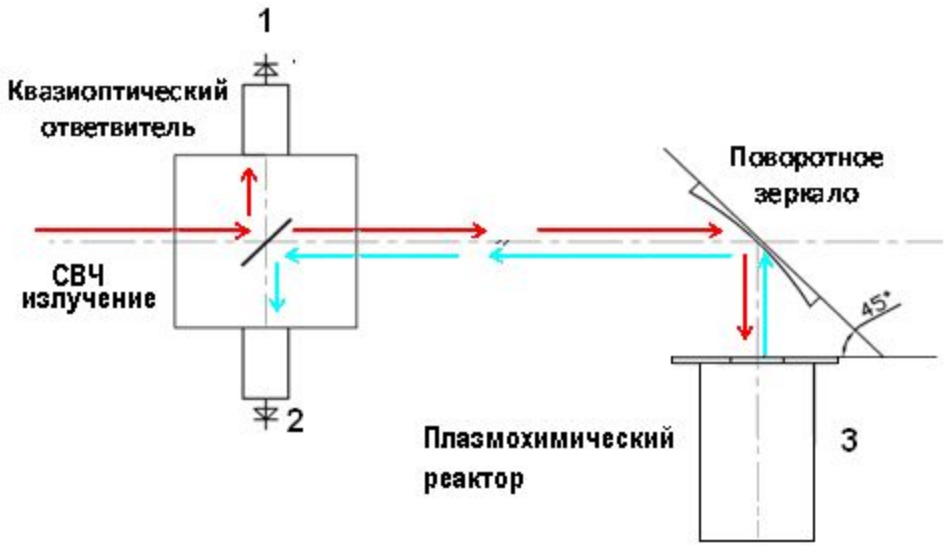
## ИОФ РАН

# ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАННЫХ (ИССЛЕДУЕМЫХ) ПРИЛОЖЕНИЙ

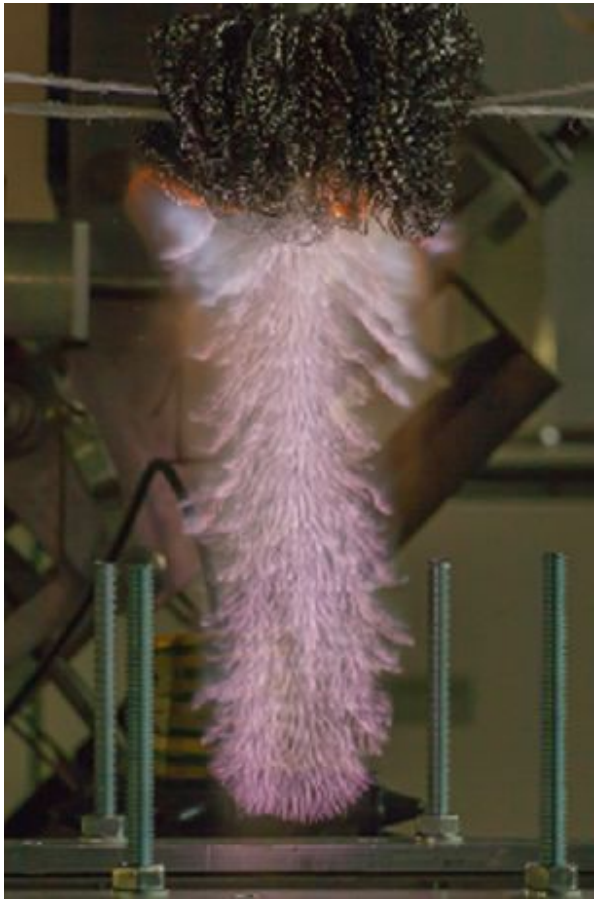
- **Утилизация $CO_2$**
- **Конверсия $CH_4$ в синтез-газ**
- **Очистка атмосферы от фреонов**
- **Очистка атмосферы от городских газовых выбросов**

# Очистка атмосферы в реакторе на СНС-разряде, создаваемом мощным гауссовым пучком микроволнового излучения.

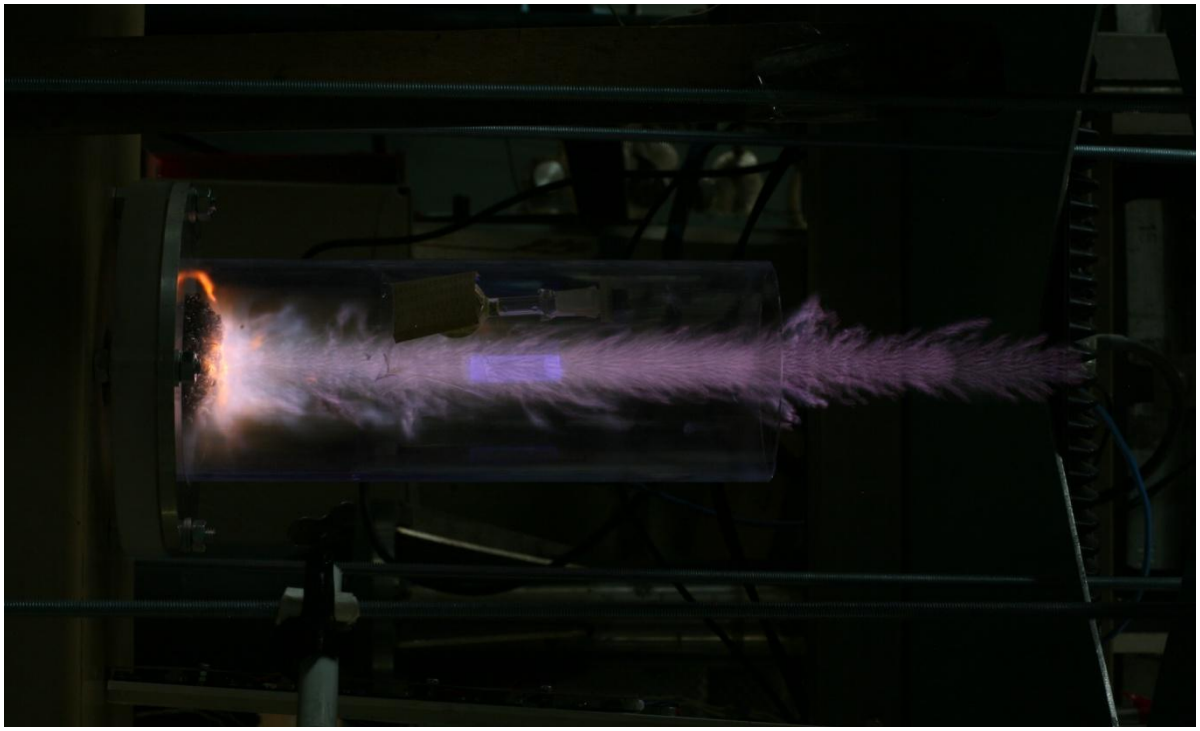
# Схема эксперимента по возбуждению СНС-разряда в пучке мощного микроволнового излучения



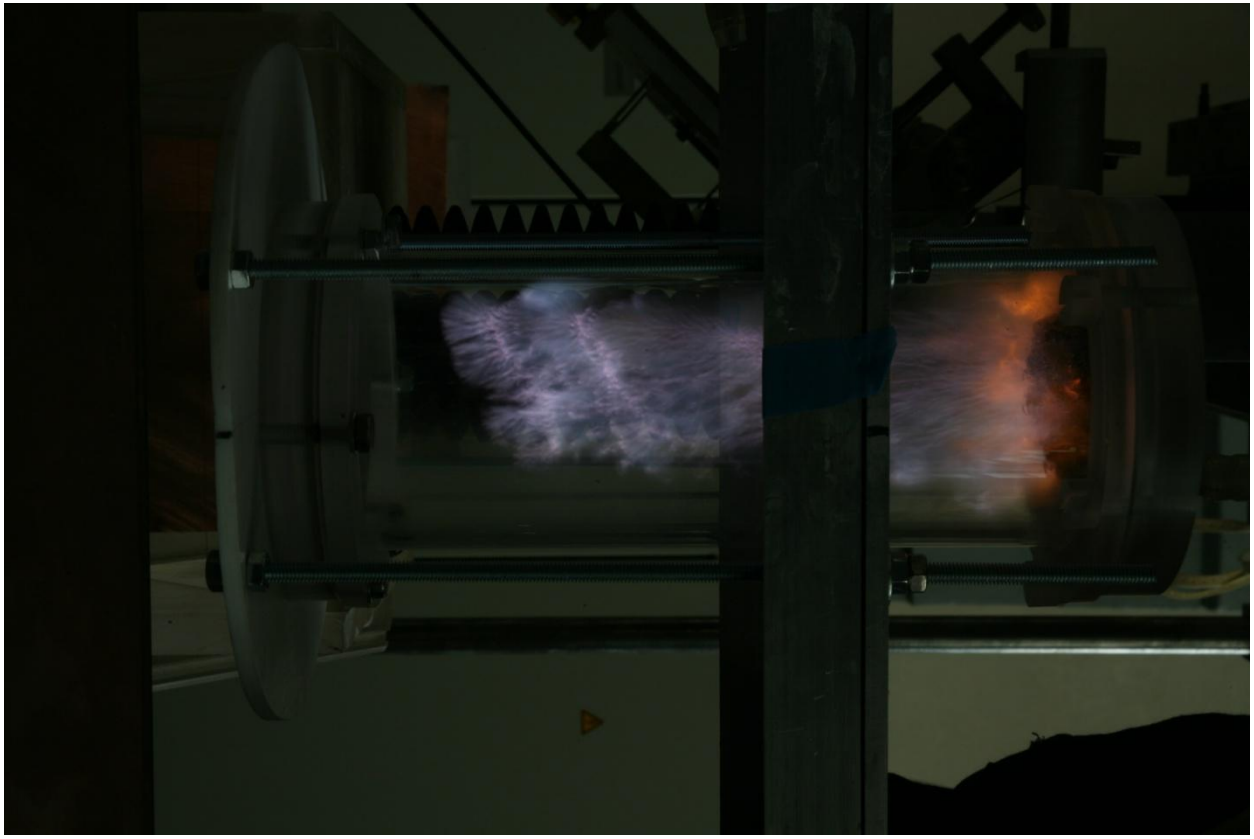
# СНС-разряд в пучке микроволн в воздухе в свободном пространстве



# Фотография СНС-разряда в камере (воздух атмосферного давления). $P_i$ = 200 кВт; $\tau_i$ = 2 мс



# Лефортовский тоннель



# Результаты экспериментов по очистке выбросов. Лефортовский тоннель.

1. Результаты измерений:

| № | Элемент | ед.изм. | Результат<br>**ВХ1504КИ-1**<br>Лефортовский тоннель | ПДК (м.р**)<br>**мг/м³** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2-дихлорэтан | мг/м³ | 0,09100 | 3 |
| 2 | **Ацетальдегид** | мг/м³ | **0,07500** | **0,01** |
| 3 | Ацетон | мг/м³ | 0,03300 | **0,35** |
| 4 | Бензол | мг/м³ | н.о.* | **0,3*** ** |
| 5 | Винилацетат**** | мг/м³ | 0,06600 | **0,15** |
| 6 | Изопропанол**** | мг/м³ | 0,13600 | **0,6** |
| 7 | Метанол | мг/м³ | н.о.* | 1 |
| 8 | Ксилол | мг/м³ | 0,15190 | 0,2 |
| 9 | **Стирол** | мг/м³ | **0,04600** | **0,04** |
| 10 | Толуол | мг/м³ | н.о.* | **0,6** |
| 11 | **Трихлорметан**** | мг/м³ | **1,51000** | **0,1** |
| 12 | Тетрахлорметан**** | мг/м³ | 0,00800 | **4** |
| 13 | Фенол | мг/м³ | 0,00128 | **0,01** |
| 14 | Формальдегид | мг/м³ | <0,0100 | **0,01*** ** |
| 15 | Циклогексанон**** | мг/м³ | 0,00620 | **0,04** |
| 16 | Этанол**** | мг/м³ | н.о.* | **5** |
| 17 | Этилакрилат**** | мг/м³ | н.о.* | **0,1** |
| 18 | Этилацетат | мг/м³ | н.о.* | **0,1** |
| 19 | **Этилбензол** | мг/м³ | **0,09530** | **0,02** |

* - [illegible] обнаружено.
** - ПДК м.р. - предельно допустимые максимальные разовые концентрации за 20-минутный период для тех веществ, которые оказывают [illegible] воздействие при кратковременном разовом действии.
*** - СанПиН 2.2.5.3405 «Гигиенические требования к планировке и оборудованию предприятий по производству отдельных видов продукции».
**** - [illegible] область аккредитации лаборатории.

1. Результаты измерений:

| № | Элемент | ед.изм. | Результат<br>**ВХ1504КИ-2**<br>Камера реактора | ПДК (м.р**)<br>**мг/м³** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2-дихлорэтан | мг/м³ | 0,21450 | 3 |
| 2 | **Ацетальдегид** | мг/м³ | **0,02720** | **0,01** |
| 3 | Ацетон | мг/м³ | 0,09400 | **0,35** |
| 4 | Бензол | мг/м³ | н.о.* | **0,3*** ** |
| 5 | Винилацетат**** | мг/м³ | 0,00845 | **0,15** |
| 6 | Изопропанол**** | мг/м³ | 0,04405 | **0,6** |
| 7 | Метанол | мг/м³ | н.о.* | 1 |
| 8 | Ксилол | мг/м³ | 0,05965 | **0,2** |
| 9 | Стирол | мг/м³ | 0,01225 | **0,04** |
| 10 | Толуол | мг/м³ | н.о.* | **0,6** |
| 11 | **Трихлорметан**** | мг/м³ | **0,27350** | **0,1** |
| 12 | Тетрахлорметан**** | мг/м³ | 0,16400 | **4** |
| 13 | Фенол | мг/м³ | 0,00102 | **0,01** |
| 14 | Формальдегид | мг/м³ | <0,0100 | **0,01*** ** |
| 15 | Циклогексанон**** | мг/м³ | 0,00400 | **0,04** |
| 16 | Этанол**** | мг/м³ | 0,02300 | **5** |
| 17 | Этилакрилат**** | мг/м³ | н.о.* | **0,1** |
| 18 | Этилацетат | мг/м³ | н.о.* | **0,1** |
| 19 | Этилбензол | мг/м³ | 0,02000 | **0,02** |

* - [illegible] обнаружено.
** - ПДК м.р. - предельно допустимые максимальные разовые концентрации за 20-минутный период для тех веществ, которые оказывают [illegible] воздействие при кратковременном разовом действии.
*** - СанПиН 2.2.5.3405 «Гигиенические требования к планировке и оборудованию предприятий по производству отдельных видов продукции».
**** - [illegible] область аккредитации лаборатории.

# Результаты экспериментов по очистке выбросов. Лакокрасочный завод.

1. Результаты измерений:

| № | Элемент | ед.изм. | Результат<br>ВХ2406КИ-1<br>Цех мелкотоннажного производства | ПДК (м.р**) мг/м³ Атмосферный воздух | ПДК (м.р**) мг/м³ Воздух рабочей зоны |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2-дихлорэтан | мг/м³ | 0,27200 | 3 | 30 |
| 2 | Ацетальдегид | мг/м³ | 0,98600 | 0,01 | 5 |
| 3 | Ацетон | мг/м³ | 197,33000 | 0,35 | 800 |
| 4 | Бензол | мг/м³ | 0,12500 | 0,3*** | 15 |
| 5 | Винилацетат**** | мг/м³ | 0,24300 | 0,15 | 30 |
| 6 | Изопропанол**** | мг/м³ | 0,54700 | 0,6 | 10 |
| 7 | Метанол | мг/м³ | н.о.* | 1 | 15 |
| 8 | Ксилол | мг/м³ | 5,51000 | 0,2 | 150 |
| 9 | Стирол | мг/м³ | 2,90000 | 0,04 | 30 |
| 10 | Толуол | мг/м³ | 4,20200 | 0,6 | 150 |
| 11 | **Трихлорметан**** | мг/м³ | **490,20000** | 0,1 | 10 |
| 12 | Тетрахлорметан**** | мг/м³ | н.о.* | 4 | 20 |
| 13 | Циклогексанон**** | мг/м³ | 0,12800 | 0,04 | 30 |
| 14 | Этанол**** | мг/м³ | н.о.* | 5 | 2000 |
| 15 | Этилакрилат**** | мг/м³ | н.о.* | 0,1 | 15 |
| 16 | Этилацетат | мг/м³ | 0,07000 | 0,1 | 200 |
| 17 | Этилбензол | мг/м³ | 5,53000 | 0,02 | 150 |

[illegible]

1. Результаты измерений:

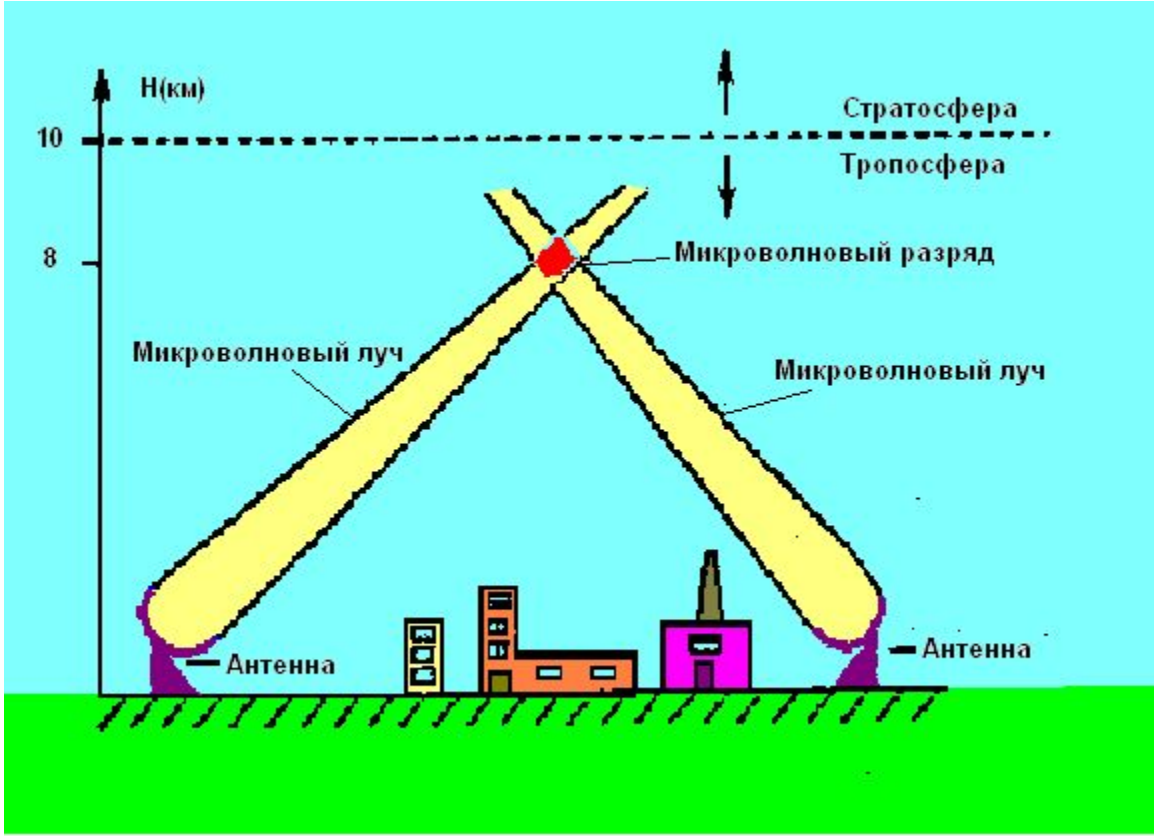
| № | Элемент | ед.изм. | Результат<br>ВХ2406КИ-2<br>Камера реактора | ПДК (м.р**) мг/м³ Атмосферный воздух | ПДК (м.р**) мг/м³ Воздух рабочей зоны | До обработки/после обработки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2-дихлорэтан | мг/м³ | 0,21600 | 3 | 30 | 1,3 |
| 2 | Ацетальдегид | мг/м³ | 0,46200 | 0,01 | 5 | 2,1 |
| 3 | Ацетон | мг/м³ | 19,54000 | 0,35 | 800 | 10 |
| 4 | Бензол | мг/м³ | 0,01240 | 0,3*** | 15 | 10 |
| 5 | Винилацетат**** | мг/м³ | 0,21800 | 0,15 | 30 | 1,1 |
| 6 | Изопропанол**** | мг/м³ | 2,36000 + | 0,6 | 10 | 0,23 |
| 7 | Метанол | мг/м³ | н.о.* | 1 | 15 | |
| 8 | Ксилол | мг/м³ | 3,80084 | 0,2 | 150 | 1,45 |
| 9 | Стирол | мг/м³ | 0,41000 | 0,04 | 30 | 7 |
| 10 | Толуол | мг/м³ | 0,18500 | 0,6 | 150 | 23 |
| 11 | **Трихлорметан****** | мг/м³ | **31,20000** | 0,1 | 10 | 15,7 |
| 12 | Тетрахлорметан***** | мг/м³ | 5,17500 | 4 | 20 | Оо появился |
| 13 | Циклогексанон***** | мг/м³ | 0,04000 | 0,04 | 30 | 3,2 |
| 14 | Этанол**** | мг/м³ | н.о.* | 5 | 2000 | |
| 15 | Этилакрилат**** | мг/м³ | н.о.* | 0,1 | 15 | |
| 16 | Этилацетат | мг/м³ | н.о.* | 0,1 | 200 | |
| 17 | Этилбензол | мг/м³ | 0,25100 | 0,02 | 150 | 22 |

[illegible]

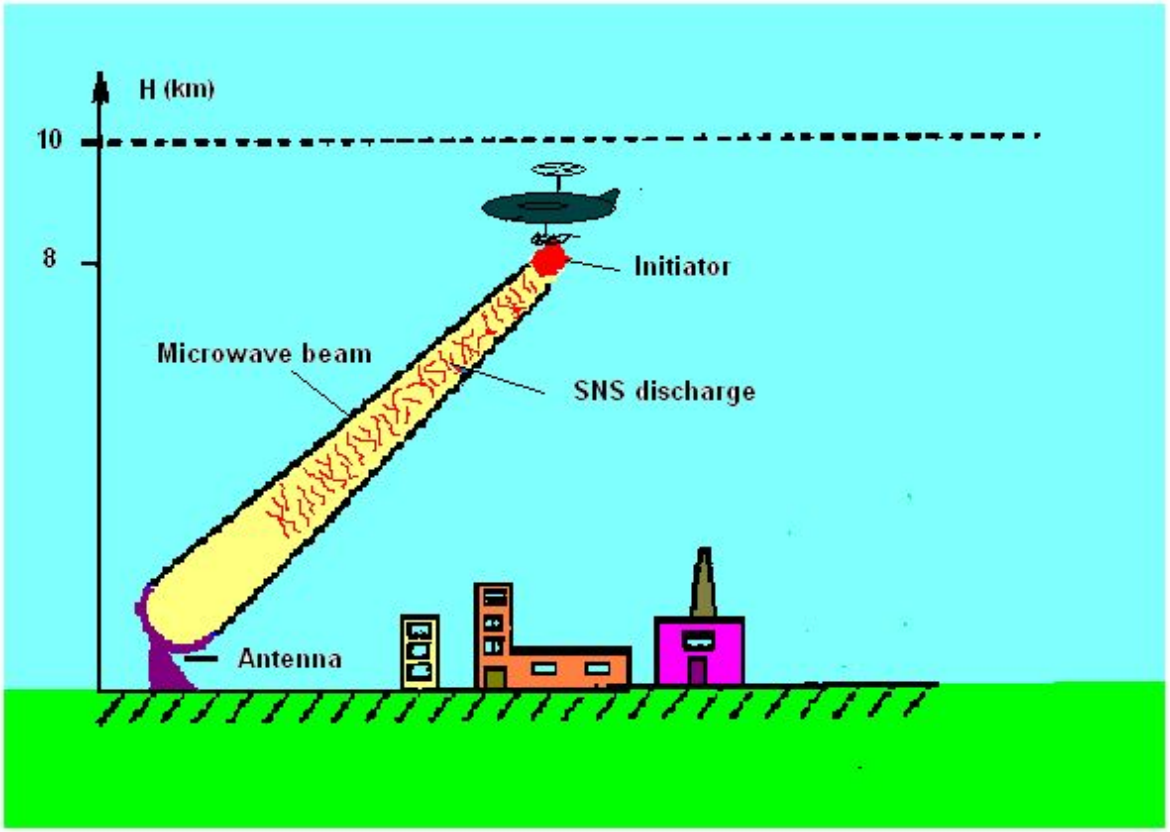
# Схема очистки индустриальных газовых выбросов

1-ЗДАНИЕ ЗАВОДА; 2-МИКРОВОЛНОВЫЙ ПУЧОК;3-СНС-РАЗРЯД; 4-ИНИЦИАТОР; 5-ЗАВОДСКАЯ ТРУБА; 6-ПОТОК ВЫБРАСЫВАЕМОГО ГАЗА; 7-ГИРОТРОН.

# Схема микроволновой газоразрядной очистки атмосферы от озонразрушающих хлорфторуглеродов (самоподдерживающийся разряд)



# Схема очистки атмосферы СНС разрядом



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- - Обнаружена новая форма микроволнового разряда в газах высокого давления;
- - Предложена физическая модель разряда;
- - Исследован ряд актуальных приложений разряда.