

О РАССЕЙВАНИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРИБАЛТИЙСКОЙ ГРЭС

Н. ТОМСОН,

академик Академии наук Эстонской ССР

Строительство новых мощных тепловых и атомных электростанций гребует выяснения степени и дальности рассеивания отходящих газов из высоких 150-метровых труб для решения вопроса о выборе места для строительства, расположения к населенным местам и обоснования мер защиты населения от вредного действия производственных отходов. Кроме того, необходимо на практике выяснить, насколько высокие трубы улучшают рассеивание выбросов в зависимости от метеорологических и других факторов.

В 1962 году для указанных целей было проведено исследование оседающей пыли в снежном покрове, запыленности воздуха по числу частиц и дисперсности на липких стеклах, концентрации витающей пыли по аспирационному методу и концентрации сернистого газа. Одновременно Ленинградским гидро-метеорологическим институтом проводились измерения метеорологических факторов.

Пробы снега были взяты 30 марта с поверхности 20×20 см на всю глубину снежного покрова на расстоянии 1, 2, 3, 4 и 5 км от Прибалтийской ГРЭС по направлению господствующих юго-западных ветров. Время устойчивого снегосостояния исчисляется начиная с 29 ноября до 30 марта, что составляет 121 день. Следовательно, осевшую на снег пыль необходимо отнести к указанному сроку. Анализ проб снега дал следующие результаты.

Таблица 1

Состав оседающей пыли в снежном покрове

Расстояние, км	Количество пыли, г					
	в пробе	пересчет на 1 м ²	нерастворимое	растворимое	неорганическое	органическое
вещество						
1	1,12	28	0,88	0,24	0,75	0,37
2	4,47	112	4,20	0,27	3,11	1,35
3	6,07	152	5,74	0,34	4,18	1,89
4	1,31	33	1,09	0,22	0,96	0,36
5	0,58	15	0,48	0,11	0,40	0,19

Максимальное оседание летучей золы из 150-метровых труб происходит на расстоянии около 3 км (табл. 1 и рис. 1), что составляет 20-кратную высоту трубы. За 121 день снегостояния накопилось 152 г/м², или 1,3 г/м² пыли за сутки. В контрольном пункте, вдали от искусственных источников загрязнения атмосферы, количество оседающей пыли составляло 16,8 г/м² (или 0,67 г в пробе), т. е. примерно в 10 раз меньше.

Летучая зола состоит из оплавленных сплошных и пустотелых шариков правильной формы, которые образуются в результате раздувания плавной золы выделяющейся углекислотой от разложения углекислых соединений при высокой температуре. Вследствие оплавления частицы летучей золы содержат мало растворимых веществ, которых на расстоянии 3 км было 5,5%, тогда как на расстоянии 1 км их было 21%, а на расстоянии 5 км — 18%. Уменьшение растворимых веществ на расстоянии 3 км указывает на преобладание в оседающей пыли летучей золы.

При прокаливании сухого остатка наблюдается уменьшение веса на 30% за счет органических и некоторых минеральных веществ, разлагающихся при высокой температуре. В промышленных городах количество органических веществ составляет 40—45%. Поэтому уменьшение количества органических веществ также подтверждает наличие летучей золы.

Сланцевая зола отличается от каменноугольной золы более высоким уровнем щелочности. При сжигании каменного угля щелочность пыли составляет при титровании децинормальной соляной кислотой 4 мл на л, а при сжигании сланца щелочность доходит до 12 мл на л. В данном случае щелочность пыли, пролежавшей в снегу всю зиму, все же составляла 7 мл на л на расстоянии 3 км. С удалением уменьшается и щелочность. Оплавление частиц золы влияет на уменьшение свободной щелочи. При гигиенической оценке влияния летучей золы необходимо принимать во внимание щелочность пыли, которая изменяет реакцию мерцательного эпителия слизистых оболочек дыхательных путей и является одним из существенных факторов развития хронических бронхитов и других болезней.

Определение дисперсности и числа частиц пыли на различных расстояниях подтвердило ту же закономерность, что и при анализе оседающей пыли в пробах снега. Стекла, смазанные тонким слоем трансформаторного масла, экспонировались 2 часа. Под микроскопом при увеличении в 600 раз подсчитывалось количество пылинок и их размер в ста полях зрения. По дисперсности пыль состояла на 80% из частиц меньше одного микрона, 12% до 5 микрон, 3% до 10 микрон и 5% больше 10 микрон. Таким образом, до 92% пылинок, имеющих размер до 5 микрон и способны проникать в легкие при дыхании, распространяются далеко по ветру и оседают медленно. Наибольшее количество пыли наблюдается утром, после полудня оно уменьшается наполовину и к вечеру опять поднимается. Упомянутое явление зависит от действия восходящих конвекционных токов воздуха, поднимающих пыль в верхние слои воздуха.

Концентрация витающей пыли определялась при помощи специально сконструированного автоматического аспиратора, в котором воздух просасывался пылесосом через ленту гидрофобной бумаги, непрерывно перемещаемой лентопротяжным механизмом. Концентрация пыли оп-

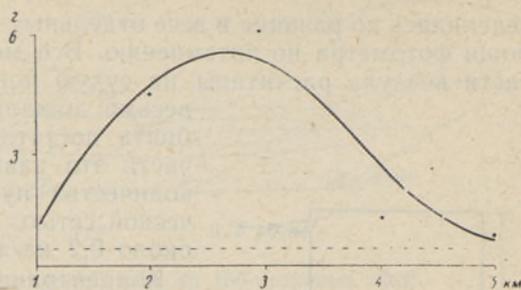


Рис. 1. Количество оседающей пыли в снежном покрове (жирная линия) в зависимости от расстояния от Прибалтийской ГРЭС; контрольный пункт (пунктир).

ределялась по разнице в весе отдельных отрезков бумаги или же при помощи фотометра по потемнению. Все методики определения загрязненности воздуха рассчитаны на сухую погоду. Но лето 1962 года было весьма дождливым, поэтому не удалось набрать достаточного количества анализов, отчасти это зависело также от недостаточного количества пунктов, оборудованных электрической сетью. Концентрация пыли колебалась около $0,2 \text{ мг/м}^3$.

Концентрация сернистого газа определялась при помощи стандартного метода с бертолетовой солью. Просасывание воздуха через поглотители производилось со скоростью 20 л в час при помощи перекидного металлического аспиратора (см. рис. 2).

Из общего количества 1315 анализов на сернистый газ положительные результаты были получены в 57% случаев. Остальные 43% нулевых проб можно рассматривать как пробы, взятые вне дымового факела вследствие отклонения последнего и, отчасти, в результате малой чувствительности метода определения.

Сернистый газ может существовать в атмосфере 4—5 часов, в течение этого времени происходит самоочищение воздуха главным образом вследствие соединения сернистого газа с влагой воздуха и образования сернистой кислоты, которая быстрее оседает на почву. В почве сернистая кислота приводит к превращению углекислых соединений кальция в

легкорастворимые серноокислые соединения, которые легко вымываются из почвы атмосферными водами, что является одной из причин понижения плодородия почвы. Некоторая часть сернистого газа окисляется и присоединяется к органическим веществам, а двуокись серы под влиянием фотореакции превращается в одноокись, которая является свободным радикалом и обладает высокой химической активностью и способностью к цепным реакциям. При скорости ветра в 3 м/сек сернистый газ распространяется на расстояние 40—50 км до полного самоочищения воздуха.

Повышение концентрации сернистого газа на расстоянии 3 км говорит о том, что дымовой факел из 150-метровых труб снижается до поверхности земли на 20-кратном расстоянии от высоты трубы. При сильных ветрах это расстояние сокращается, а при слабых ветрах увеличивается.

Помимо выброса через высокие трубы наблюдается еще неорганизованный выброс сернистого газа, который распространяется в приземном слое воздуха. Неорганизованное рассеивание сернистого газа наблюдается при шлакоудалении и отмечается на расстоянии 0,5 км ($0,58 \text{ мг/м}^3$) и на расстоянии 1 км ($0,28 \text{ мг/м}^3$). Затем концентрация снижается до $0,22 \text{ мг/м}^3$ и вновь возрастает на расстоянии 3 км до $0,26 \text{ мг/м}^3$, что зависит уже от снижения дымового факела. При подходе к г. Нарве наблюдается небольшое повышение концентрации (до $0,3 \text{ мг/м}^3$), что объясняется наличием других источников, некоторой задержкой газов вследствие ослабления ветра и меньшим количеством анализов.

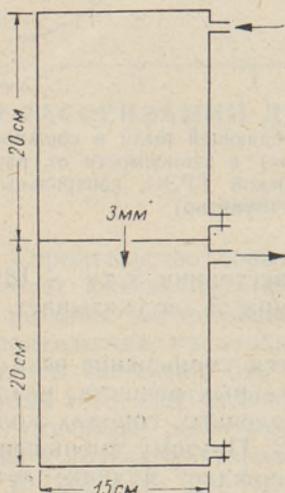


Рис. 2. Схема перекидного аспиратора.

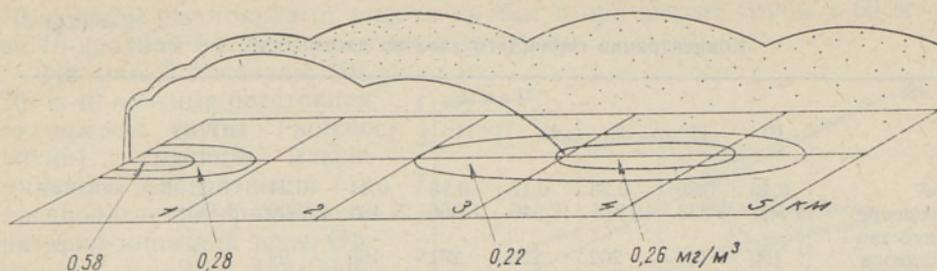


Рис. 3. Зоны рассеивания сернистого газа из 150-метровых труб.

Если принять концентрацию сернистого газа в трубе перед выходом в атмосферу в 3000 мг/м^3 , то на расстоянии 3 км разведение будет равняться 13 636-кратному.

Таблица 2

Концентрация сернистого газа в зависимости от расстояния от источника*

	Километры						
	0,5	1	2	3	4	5	
мг/м^3	0,58	0,28	0,22	0,26	0,22	0,30	Все анализы
Разведение	5 172	10 642	13 636	11 588	13 636	10 000	
Количество анализов	75	179	385	344	216	93	
мг/м^3	0,79	0,49	0,43	0,43	0,39	0,53	Только положительные анализы
Разведение	3 797	6 122	6 975	6 975	7 962	5 660	
Количество анализов	56	108	170	204	121	52	

* См. рис. 3.

Концентрация сернистого газа закономерно изменяется по часам дня.

Высокие концентрации наблюдаются утром ($0,40 \text{ мг/м}^3$), днем, с развитием восходящих конвекционных токов воздуха, концентрации являются всегда наиболее низкими ($0,14 \text{ мг/м}^3$) и к вечеру, в связи с охлаждением приземного слоя воздуха, концентрации опять повышаются ($0,36 \text{ мг/м}^3$). Несмотря на изменчивый характер погоды и быстрое отклонение дымового факела, закономерные результаты анализов доказывают, что они правильно отражают реальное положение. В 74,5% случаев концентрации сернистого газа были ниже предельно допустимых ($0,3 \text{ мг/м}^3$), от 0,3 до 1 мг/м^3 наблюдалось в 20% случаев, от 1 до 2 мг/м^3 — в 4%, от 2 до 4 мг/м^3 — в 1,2% и выше 4 мг/м^3 — в 0,3% всех случаев. Отсюда следует, что высокие трубы улучшают рассеивание сернистого газа, так как в высоких слоях сила ветра больше. Максимальные концентрации удаляются от источника выброса на расстояние 3—5 км. Поэтому санитарно-защитная зона должна иметь ширину не менее 6 км.

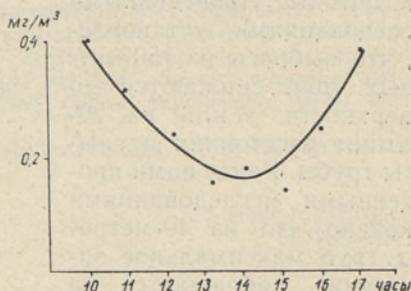


Рис. 4. Изменение концентрации сернистого газа по часам дня.

Таблица 3

Концентрация сернистого газа по часам дня*

	Ч а с ы								
	10	11	12	13	14	15	16	17	
мг/м ³	0,40	0,36	0,28	0,17	0,18	0,14	0,24	0,36	Все анализы
Разведение	7 500	8 833	10 714	17 646	16 666	21 428	12 500	8 333	
Количество анализов	129	161	262	226	201	165	94	55	Только положительные анализы
мг/м ³	0,77	0,85	0,50	0,30	0,29	0,22	0,51	0,44	
Разведение	3 596	3 412	6 000	10 000	10 344	13 636	5 882	6 818	
Количество анализов	64	90	150	125	131	107	44	44	

* См. рис. 4.

Характер ветра также отражается на рассеивании дымовых газов.

Сопоставление концентраций сернистого газа с характером ветра также подтверждает наличие закономерностей, что дает основание считать полученные результаты соответствующими действительному положению.

Таблица 4

Влияние ветра на концентрацию сернистого газа

Характер ветра	Количество анализов	Концентрация, мг/м ³	Количество положительных проб, %	Сколько раз разведено
Сильный	417	0,17	54	17 647
Умеренный	155	0,39	60	7 692
Слабый, высокий факел	665	0,33	57	9 090
Слабый, низкий факел	160	0,53	55	5 660

Концентрация сернистого газа, обладающего гигроскопическим характером, резко меняется в зависимости от влажности воздуха. При относительной влажности в 57% концентрация сернистого газа составляет в среднем 0,13 мг/м³, а при влажности в 98% — в четыре раза больше 0,57 мг/м³. Таким образом, при неизменности источника рассеивания сернистого газа концентрация его может изменяться в широких пределах в зависимости от условий погоды.

Рассеивание выбросов зависит от мощности источника, высоты трубы и условий погоды. Проведенными исследованиями установлено, что выбросы из 150-метровых труб снижаются до поверхности земли на 20-кратном расстоянии от высоты трубы. Ранее нами проведенными исследованиями доказано, что из 40-метровых труб максимальное загрязнение наблюдается на

Таблица 5

Влияние влажности воздуха на концентрацию сернистого газа

Количество анализов	Относительная влажность, %	Концентрация сернистого газа, мг/м ³
157	57	0,13
214	74	0,24
197	94	0,33
157	98	0,57

10-кратном расстоянии от высоты трубы, а при высоте трубы в 60 м — на 15-кратном расстоянии от высоты трубы.

На рис. 5 показаны 10-, 20- и 40-кратные расстояния от высоты трубы (тонкие линии), границы максимального загрязнения и предполагаемая граница санитарно-защитной зоны. Обращает на себя внимание факт увеличения зоны максимального загрязнения от 10-кратного расстояния при 40-метровой трубе до 20-кратного расстояния при 150-метровой трубе, что зависит от увеличенной турбулентности приземного слоя воздуха. Таким образом, можно графически определить необходимую ширину санитарно-защитной зоны, т. е. то расстояние, где концентрация загрязнений начинает существенно снижаться и приближается к предельно допустимым для населенных мест. Используя описанный метод, можно предсказать дальность распространения загрязнений.

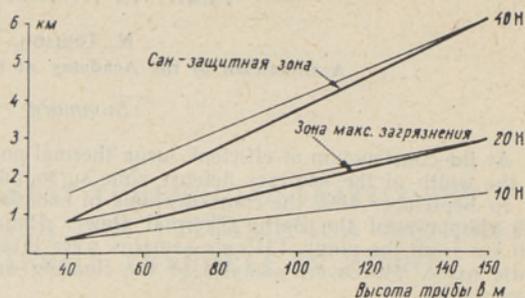


Рис. 5. Зоны максимальных концентраций сернистого газа, рассеиваемого из труб различной высоты (H) и границы санитарно-защитной зоны.

Поступила в редакцию
14. III 1963

BALTI SOOJUSELEKTRIAAMA HEITGAASIDE LEVIMISEST ATMOSFÄÄRIS

N. Tomson,

Eesti NSV Teaduste Akadeemia akadeemik

Resümee

Мажардусликке еелсеид омавате suurte soojuselektrijaamade rajamisel on vajalik kindlaks määrata neid ümbritsevate sanitaarse kaitse tsoonide laius.

1962. aastal uuriti Balti Soojuselektrijaama 150 m kõrgustest korstnatest väljuvate heitgaaside kontsentratsioone kuni 6 km kaugusel elektrijaamast. Väaveldioksiidi määramiseks võeti 1315 õhuproovi. Peale selle võeti ka atmosfääris hõljuva ja sealt sadeneva tolmu (lendtuha) proove.

Gaaside ja tolmu maksimaalsed kontsentratsioonid leiti kaugusel, mis vastab kahekümnekordsele korstna kõrgusele (3 km elektrijaamast). Kaugusel, mis vastab neljakümnekordsele korstna kõrgusele (6 km elektrijaamast), lähenesid gaasi ja tolmu kontsentratsioonid asustatud kohtade atmosfääris lubatud sanitaarsele piirkontsentratsioonidele.

Heitgaaside kontsentratsioonid sõltuvad meteoroloogilistest tingimustest. Temperatuuri tõusul pärast keskpäeva olid gaaside kontsentratsioonid väiksemad kui hommikul ja õhtul (0,14—0,40 mg/m³). Kui nõrga tuule korral oli gaaside kontsentratsioon 0,53 mg/m³, siis tugeva tuule puhul langes see 0,17 mg-le/m³. Suure õhuniiskuse (90%) esinemisel ulatuvad kontsentratsioonid 0,45 mg/m³, väikese õhuniiskuse (60%) korral aga ainult 0,16 mg/m³.

Uurimuste põhjal võib väita, et 150 m kõrguste korstnatega soojuselektrijaama sanitaarse kaitse tsooni laius ei tohi olla alla 6 km.

Saabus toimetusse
14. III 1963

ON THE SPREADING OF EXHAUST GASES OF THE BALTIC THERMAL POWER PLANT IN ATMOSPHERE

N. Tomson,

Academician of the Academy of the Estonian S.S.R.

Summary

At the construction of efficient, large thermal power plants it is imperative to determine the width of the sanitary defense zone surrounding them.

In September 1962 the concentrations of exhaust gases emerging from the 150 metre-high chimneys of the Baltic Thermal Power Plant were investigated within a radius of 6 km from the plant. 1315 air samples were taken for determining the content of sulphuric oxide. Moreover, samples of the floating and precipitating dust (fly ash) were taken.

The maximum concentrations of exhaust gases and dust were detected at a distance corresponding to the twenty-fold height of the chimneys (at a distance of 3 km from the power plant). At a distance corresponding to a forty-fold height of the chimneys (6 km from the power plant) the concentrations of gases and dust approached the limits permissible in the atmosphere of settlements.

The concentrations of exhaust gases depend on meteorological conditions. During a rise in the temperature after noon the concentrations of gases were smaller than in the morning and evening (0.14—0.40 mg per cubic m). In the case of a weak wind, the concentration of gases was 0.53 mg per cubic m, but in the case of a strong wind, the amount fell to 0.17 mg per cubic m. At the occurrence of a great amount of moisture in the air (90%), the concentrations rose to 0.45 mg per cubic m, whereas in the case of an inconsiderable moisture (60%) they amounted to only 0.16 mg per cubic m.

On the basis of researches it is possible to state that the width of the sanitary defense zone in the case of 150 metre-high chimneys of power plants must not be below 6 km.

Received
March 14th, 1963