

## ГЕОФИЗИКА

УДК 504.3.054

**Распространение загрязняющих веществ в атмосфере  
при эксплуатации котельных установок***Кешева Л.А., Теунова Н.В.*

Представлено академиком АМАН Х.М. Каловым

Котельные установки и теплоэлектростанции (ТЭС) являются обязательным элементом инфраструктуры современного населённого пункта: они обеспечивают теплом и горячей водой жилые и социальные помещения, административные и бытовые постройки, поддерживают производства и промышленные предприятия. Но и у котельных, и у ТЭС есть один существенный недостаток: вредные выбросы, продукты сгорания топлива, которые поступают в окружающую среду.

Предприятия теплоэнергетики отличаются от других тем, что их деятельность имеет сезонный характер, так как выработка и поставка тепловой энергии осуществляется только в холодное время года (за исключением горячего водоснабжения). На городской территории г. Нальчик действует более 60 объектов теплоснабжения. Город разделен на три отопительных района, в каждом из которых функционируют котельные разной мощности.

В данной работе рассмотрен один из таких районов, состоящий из 18 объектов теплоснабжения. Для анализа было выбрано 10 наиболее мощных котельных, в которых имеется 58 отопительных котлов (из них 4 котельные имеют по 2 дымовые трубы). Для расчета выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) при работе котельных установок была проведена инвентаризация и использован программный продукт «Экоцентр». Эта программа позволяет выполнить расчёт выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ с дымовыми газами котлоагрегатов паропроизводительностью до 30 т/ч и водогрейных котлов мощностью до 25 МВт (20 Гкал/ч) при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива.

Во время работы котлов при использовании природного газа в атмосферу выбрасывается огромное количество вредных веществ [1, 2]. В их число входят: диоксид азота ( $NO_2$ ), оксид азота ( $NO$ ), оксид углерода ( $CO$ ), бенз(а)пирен [3]. Суммарное количество выбросов и параметры дымовых труб приведены в таблице 1.

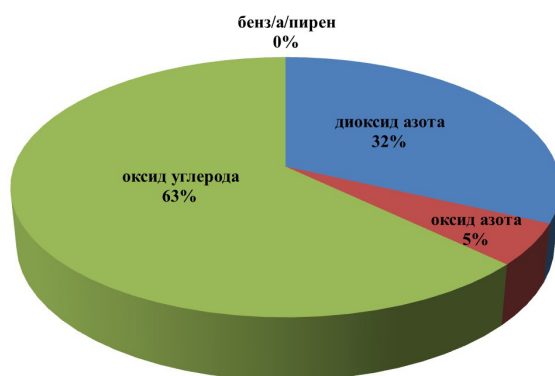
Таблица 1

## Количество выбросов ЗВ от отопительных котлов

№	Место расположения котельной	Кол- во котлов	Параметры ды- мовой трубы		Суммарный вы- брос ЗВ	
			высота, м	диаметр, м	г/с	т/год
1	ул. Ногмова, 45	6	30	1,5	0,701241035	9,25180842
2	ул. Ногмова, 70	4	23	1,2	0,624316032	6,18157024
3	ул. Толстого, 175	3	34	1,5	1,51591307	26,78934914
4	ул. Неделина, 12а (Искож-2)	5	20,6	1,45	0,498957021	12,72332868
5	ул. Неделина, 12а (Искож-2)	7	33	0,92	1,460810056	16,87736467
6	ул. Мусукаева, 2	4	31	0,9	0,689531033	15,8421768
7	ул. Мусукаева, 2	4	20	1,1	0,513877025	4,90633023
8	ул. Кабардинская, 191	3	30	0,8	0,271229014	3,76587218
9	ул. Кабардинская, 191	4	35	1,0	1,16665104	18,1346458
10	ул. Киримова, 1	5	49	3,0	5,0913924	134,196599
11	ул. Мечникова, 179	3	32	0,53	0,330490016	5,1469373
12	ул. Ленина, 75	4	32	0,8	0,712672036	12,8785845
13	ул. Ленина, 75	3	32	1,25	0,574158029	6,42817421
14	ул. Чернышевского, 268	3	32,3	0,6	0,256948012	4,09641416

Все ЗВ, выбрасываемые в атмосферу, подразделяются на 4 класса опасности в зависимости от значений их предельно-допустимых концентраций (ПДК):

1. I – чрезвычайно опасные, ПДК (мг/м<sup>3</sup>) <0,1;
2. II – высокоопасные, ПДК (мг/м<sup>3</sup>) 0,1-1,0;
3. III – умеренно опасные, ПДК (мг/м<sup>3</sup>) 1-10;
4. IV – малоопасные, ПДК (мг/м<sup>3</sup>) >10.



Бенз(а)пирен является наиболее опасным загрязняющим веществом, который относится к 1 классу опасности для окружающей среды, но выброс его незначительный и составляет 0,00001203 т/год от всех рассматриваемых источников выброса. Диоксид и оксид азота относятся к 3 классу опасности, и их выброс составляет соответственно 88,405026 т/год и 14,365824 т/год. Выброс оксида углерода составляет 174,448293 т/год, и он относится к малоопасным загрязняющим веществам (4 класс опасности) и составляет 63% от общего числа выбросов (рисунок 1).

Рисунок 1 – Выбросы ЗВ в процентном соотношении

Для оценки степени негативного воздействия выбросов ЗВ на атмосферный воздух в Унифицированную программу расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог» версия 4.5 были занесены карта-схема района расположения объектов теплоснабжения с нанесенными на нее источниками и соответствующие им максимально-разовые выбросы (таблица 2).

Таблица 2

Максимально-разовые выбросы по веществам

№ источника выброса	Максимально-разовые выбросы			
	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Бенз/а/пирен
1	0,189448	0,030787	0,481006	0,000000035
2	0,17293	0,028102	0,423284	0,000000032
3	0,476476	0,077427	0,96201	0,00000007
4	0,137428	0,022332	0,339197	0,000000021
5	0,422334	0,068628	0,969848	0,000000056
6	0,192864	0,03134	0,465327	0,000000033

7	0,139841	0,022724	0,351312	0,000000025
8	0,071792	0,011667	0,18777	0,000000014
9	0,343382	0,055799	0,76747	0,00000004
10	1,795941	0,291841	3,00361	0,0000004
11	0,088749	0,014422	0,227319	0,000000016
12	0,2002	0,032534	0,479938	0,000000036
13	0,161964	0,02632	0,385874	0,000000029
14	0,067782	0,011015	0,178151	0,000000012

Выбрасываемые в атмосферу из дымовых труб загрязняющие вещества переносятся и рассеиваются в атмосфере по-разному. На процесс рассеивания примесей оказывают влияние: высота трубы, скорость газа в трубе, его температура и плотность, агрегатное состояние; метеорологические факторы; рельеф местности. Загрязняющие вещества могут осаждаться на поверхности Земли, растительности, воды, вымываться из атмосферы осадками или улетучиваться в космическое пространство.

Эффективность рассеивания ЗВ в атмосфере увеличивается с увеличением высоты и скорости выброса, и, следовательно, уменьшается концентрация примесей в приземном слое.

Разброс высот дымовых труб, рассматриваемых объектов теплоснабжения колеблется от 20 м до 49 м. Для расчета рассеивания была взята расчетная площадка шириной 2700 м с шагом 100 м. Для оценки допустимости воздействия выбросов предприятия на качество атмосферного воздуха производится сопоставление полученных характеристик воздействия с их предельно-допустимыми концентрациями (ПДК). Выбросы загрязняющих веществ от совокупности источников и условий их рассеивания в атмосфере не должны создавать приземные концентрации, превышающие их ПДК для населения, растительного и животного мира.

Расчет рассеивания показал, что наибольшую концентрацию в атмосфере имеет диоксид азота и его максимальное значение составляет 0,64 ПДК в районе расположения котельной «Искож-2». Эта котельная вносит 99,9% вклада в загрязнение атмосферы данного района за счет большого количества источников выделения (12 отопительных котлов) и двух дымовых труб (источник 5 и 4), расположенных близко друг от друга (рисунок 2).

**а) Максимальные концентрации и вклады по веществам  
(расчетные площадки)**

Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

Площадка: 1

Расчётная площадка № 001

Поле максимальных концентраций

Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр.ветра	Скор.ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до исключения
5300.00	2314.00	0.64	302	0.63	0.00	0.00
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %		
0	0	5	0.45	69.9		
0	0	4	0.19	30.0		
0	0	6	1.45E-04	0.0		
0	0	7	1.29E-04	0.0		
0	0	9	1.18E-05	0.0		
0	0	8	2.49E-06	0.0		

**б) Максимальные концентрации и вклады по веществам  
(расчетные площадки)**

Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

Площадка: 1

Расчётная площадка № 001

Поле максимальных концентраций

Коорд X(м)	Коорд Y(м)	Концентр. (д. ПДК)	Напр.ветра	Скор.ветра	Фон (д. ПДК)	Фон до исключения
5300.00	2314.00	0.78	302	0.63	0.14	0.39
Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %		
0	0	5	0.45	57.6		
0	0	4	0.19	24.7		
0	0	6	1.45E-04	0.0		
0	0	7	1.29E-04	0.0		
0	0	9	1.18E-05	0.0		
0	0	8	2.49E-06	0.0		

*а) – без учета фона б) – с учетом фона*

Рисунок 2 – Фрагмент результата рассеивания диоксида азота на расчетной площадке

Пересечение зон влияния выбросов котельных происходит при значениях концентрации не более 0,1 ПДК. Были взяты 4 контрольные точки, расположенные в местах пересечения зон влияния. Значение концентрации диоксида азота превышает 0,1 ПДК во всех контрольных точках и для этого вещества отдельно был проведен расчет рассеивания с учетом фонового загрязнения.

Значения фоновых концентраций устанавливаются нормативным документам на основе специальной обработки данных наблюдений. Фоновая концентрация для диоксида азота для г. Нальчика составляет 0,079 мг/м<sup>3</sup> [4].

Контрольная точка	Максимальные приземные концентрации в контрольных точках (в долях ПДК)				
	диоксид азота		оксид азота	оксид углерода	бенз/а/пирен
	без учета фона	с учетом фона	без учета фона	без учета фона	без учета фона
1	0,15	0,49	0,01	0,02	0,0005
2	0,14	0,48	0,01	0,01	0,0004
3	0,13	0,47	0,01	0,01	0,0005
4	0,13	0,47	0,01	0,01	0,0005

По остальным веществам значения предельно-допустимых концентраций не превышают 0,1 ПДК. Результаты расчетов приведены в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3

Максимальные приземные концентрации в контрольных точках

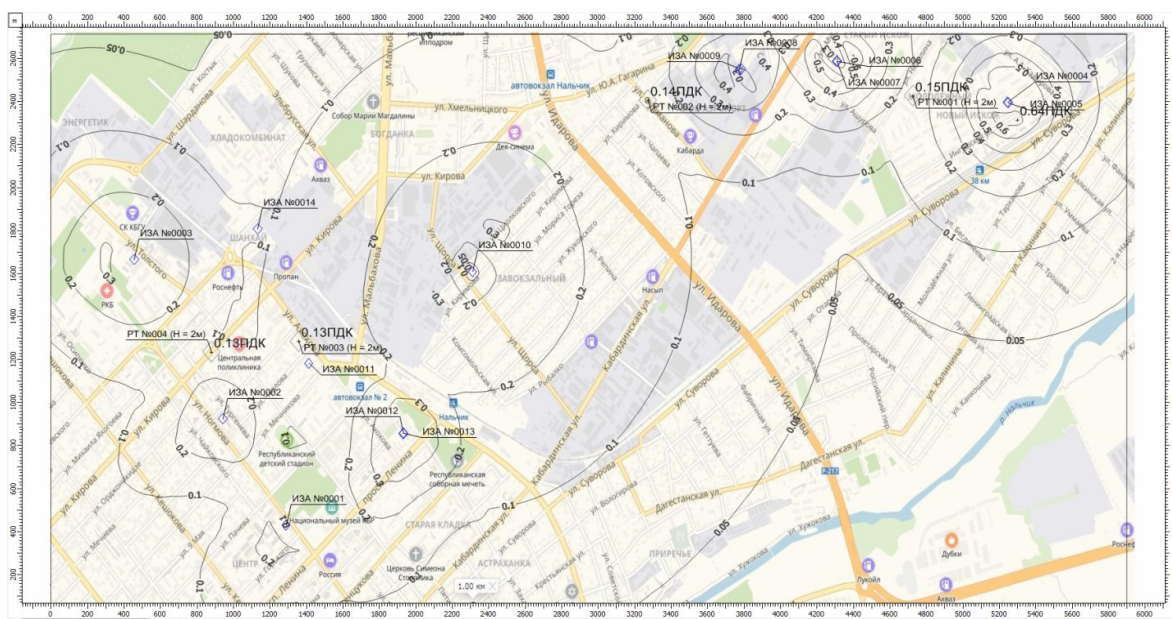


Рисунок 3 – Карта рассеивания диоксида азота.

Результаты данного исследования показали, что расчетные приземные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых в результате работы каждой котельной, а также в точках пересечения зон влияния выбросов не превышают предельно допустимые концентрации, определенные для каждого вещества.

Соблюдение норм позволяет поддерживать количество выбросов на том уровне, который не наносит вреда ни человеку, ни окружающей среде.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. 1999.
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».
3. *Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В.* Анализ исследования загрязнения приземного слоя воздуха курорта «Приэльбрусье» // В сборнике: «Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем» (ММИИУС-2018) Материалы второй Международной научной конференции, посвященной 25-летию Юбилею КВНЦ РАН. 2018. С. 285-288.
4. Фоновые концентрации для городов и поселков, где отсутствуют наблюдения за загрязнением атмосферы на период 2014-2018 гг., С.-Петербург, 2013.

### ABSTRACT

The humankind has come to grips with the environmental problems of a global nature by the end of XX – the beginning of the XXI century. Atmospheric pollution by emissions of harmful substances is one of the negative factors of anthropogenic impact on the environment. A significant proportion of harmful emissions comes from gas-fired boilers.

Assessment of air pollution by enterprises for the production of thermal energy was carried out in a separate heating district of Nalchik. The purpose of this work is to assess the distribution of pollutants in the atmosphere from the 10 most powerful boilers in the studied area.

**Keywords:** pollutants, heat energy, hazard class, maximum permissible concentration, maximum one-time emissions, dispersion.

*High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik; kesheva.lara@yandex.ru; nata0770@yandex.ru*

© L.A. Kesheva,  
N.V. Teunova, 2019

### АННОТАЦИЯ

К концу XX – началу XXI в. человечество вплотную столкнулось с экологическими проблемами общепланетарного характера. Одним из отрицательных факторов антропогенного влияния на окружающую среду является загрязнение атмосферы выбросами вредных веществ. Значительная доля вредных выбросов приходится на котельные установки, работающие на газообразном топливе.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха предприятиями по производству тепловой энергии проводилась по отдельному отопительному району г. Нальчик. Целью данной работы является проведение оценки распространения загрязняющих веществ в атмосфере от 10 наиболее мощных котельных исследуемого района.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, тепловая энергия, класс опасности, предельно-допустимая концентрация, максимально-разовые выбросы, рассеивание.

ФГБУ “Высокогорный геофизический институт”, Нальчик; [kesheva.lara@yandex.ru](mailto:kesheva.lara@yandex.ru);  
[nata0770@yandex.ru](mailto:nata0770@yandex.ru)

© Л. А. Кешева,  
Н. В. Теунова, 2019