



УДК 504.3.054(517.3-25)

Моделирование загрязнения воздушной среды г. Улан-Батора источниками котельных установок

А. В. Аргучинцева (arg@math.isu.ru)

В. К. Аргучинцев (avk@geogr.isu.ru)

Бат-Эрдэнэ Ариунсанаа (sanaa_hi2002@yahoo.com)

Аннотация. Дана оценка распространения выбросов пыли источниками котельных установок с учетом климатических особенностей местности. Выявлены наиболее опасные зоны загрязнения с точки зрения нарушения установленных нормативов.

Ключевые слова: город, загрязнение, атмосфера, котельные, моделирование.

Введение

В результате изменения климата происходит усиление опустынивания, возникают такие явления, как белый и черный дзуд, наблюдается острая нехватка пастбищных земель, что приводит к гибели большого количества скота. Люди остаются без средств к существованию, покидают свои прежние места жительства и отправляются вместе с юртами в город в поисках лучшей жизни. С одной стороны, такой большой приток населения дает положительные результаты: г. Улан-Батор строится, расширяется, хорошеет, но с другой стороны, ухудшается его экологическое состояние. Энергетику г. Улан-Батора представляют тепловые электростанции, расположенные в основных промышленных центрах города, а также очень большое число маломощных котельных, снабжающих теплом и горячей водой жилые кварталы, авторемонтный завод, разные коммерческие ремонтные мастерские, предприятия легкой, пищевой, строительной индустрии, домостроительные комбинаты, заводы по производству керамзита [11].

Содержание примесей в атмосферном воздухе города зависит от многих факторов:

- вида топлива и его качества;
- степени очистки газовойоздушной смеси;
- высоты, на которой осуществляются выбросы;
- метеорологических условий, способствующих рассеянию примесей и определяющих фотохимические реакции в атмосфере;
- размеров территории, на которой осуществляются выбросы;
- характеристик транспортных потоков в городе;
- рельефа местности, ориентации улиц.

В Монголии небольшая численность населения – всего 2,9 млн чел. при плотности около 1,8 чел. на 1 км² (общая площадь Монголии равна 1 566,5 тыс. км²). Большая часть населения – 1 318 тыс. чел. – проживает в Улан-Баторе [9]. Из общего количества семей 127,6 тыс. (40,2 %) проживают в так называемых квартирных районах, 189,4 тыс. (59,8 %) – в юртах [5]. Общая площадь застройки города составляет 27 409 га (274,09 км²), из нее 11,8 % занимают квартирные районы, 88,2 % – юрточные [7].

Ранее в работах [2–4] была дана оценка вклада труб юртовых печей, автотранспорта, выбросов крупных ТЭЦ в общее загрязнение города. Кроме названных источников, в Улан-Баторе много котельных различной мощности (интенсивности). В данной статье дана оценка их вклада в общее загрязнение атмосферы с учетом климатических особенностей Монголии.

Объекты исследования

В таблице 1 приведены данные выбросов в атмосферу основных загрязняющих ингредиентов от различных источников города [10].

Таблица 1

Источники загрязнений г. Улан-Батора и их интенсивность

Источник	Загрязняющие вещества (т/год)			
	SO ₂	PM ₁₀	CO	NO _x
ТЭЦ	13 282,29	11 551,03	50 819,16	13 476,79
Котельные мощностью (более 100 кВт)	1 369,82	2 811,86	5 249,22	264,01
Котельные малой мощности (не более 100 кВт)	313,09	130,79	463,3	103,04
Юрты	4 675,14	3 654,39	151 128,74	2 006,47
Главная дорога	203,23	199,64	31 998,73	5 111,76
Дорога	66,55	65,38	10 479,19	1 674,04
Пыль	0	9 266,10	0	0
Золоотвалы ТЭЦ	0	2 560,36	0	0
Всего	19 910,13	30 239,55	250 138,34	22 636,11

Три электростанции г. Улан-Батора – ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4 – расположены в одной части города – в его юго-западной части. Они имеют очень высокие трубы, и выбросы загрязняющих веществ происходят в пограничный слой атмосферы, в котором модули скорости ветра на порядок больше, чем в приземном слое. Котельные мощностью более 100 кВт имеют очень низкие трубы (примерно 85 % – не выше 18 м, остальные – около 35 м). У котельных мощностью до 100 кВт трубы еще ниже. Поэтому все загрязнители попадают непосредственно в основной жизнедеятельный слой – приземный.

На рисунке 1 показана схема размещения котельных мощностью более 100 кВт. Они расположены в основном вокруг Улан-Батора, их большая часть находится в северном и восточном районах города.

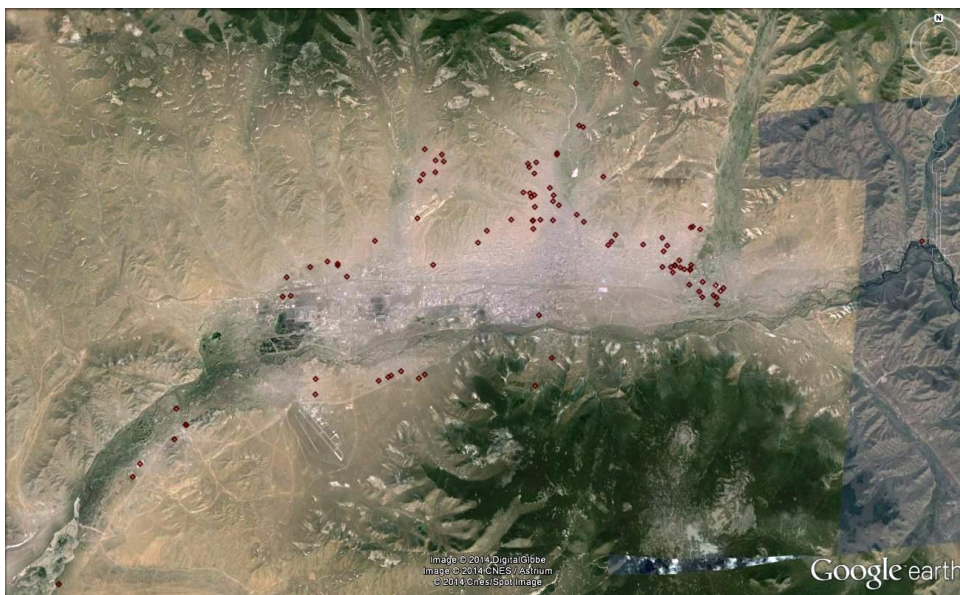


Рис. 1. Расположение котельных в г. Улан-Баторе

Данные о количестве котельных по районам города и их марки приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Количество котельных мощностью более 100 кВт в районах города [5]

Район	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Хан-Уул	37	52	42
Баянзурх	66	80	76
Сонгинохайрхан	28	29	38
Сухэ-Батор	11	22	21
Чингэлтэй	22	23	32
Баянгол	2	4	5
Всего	166	210	214

Таблица 3

Основные марки котельных [5]

Марка	Мощность (кВт)	Количество котельных (мощность более 100 кВт)	
		2010 г.	2011 г.
Carborobot	140, 150, 180, 300	30	25
DZL	700, 1400, 2800	12	22
МУНТ	400–1400	6	9
НР, NR, NRJ	220–440	48	38
BZUI	810	22	14
CLSG	140–920	11	10
Другие	–	81	96

Котельные мощностью более 100 кВт в основном обеспечивают теплом такие организации социальной сферы, как школы, детские сады, поликлиники, пожарные пункты, милиция.

В районе Баянзурх (восточная часть города) сосредоточено большее количество котельных, которые обеспечивают теплоэнергией такие крупные объекты, как пивоваренное предприятие, национальный центр психического здоровья. На них расходуется почти половина общего количества топлива.

Котельные марки BZUI, HP, CLSG топятся вручную, как правило, не имеют очистных устройств. Котельные Carbobot, DZL можно топить как вручную, так и в автоматическом режиме, в них установлены золоуловители.

Масса выбросов от котельных мощностью более 100 кВт значительно выше, чем от котельных мощностью ниже 100 кВт. В таблице 4 представлены данные о выбросах загрязняющих веществ котельными мощностью ниже 100 кВт.

В районах Сухэ-Батор и Баянзурх выбросы от котельных наибольшие.

Таблица 4

Выбросы загрязняющих веществ котельными мощностью менее 100 кВт в центральных районах города [8]

Район города	Количество котельных	Расход топлива (т/год)	Масса выбросов (т/год)		
			PM ₁₀	SO _x	NO _x
Хан-Уул	81	1 611	10,6	25,5	8,4
Баянзурх	425	8 516	56,2	134,6	44,3
Сонгинохайрхан	57	1 191	7,9	18,8	6,2
Сухэ-Батор	233	4 029	26,6	63,7	21,0
Чингэлтэй	165	3 025	20,0	47,8	15,7
Баянгол	44	1 485	9,8	23,5	7,7
Всего	1 005	19 857	131,1	313,7	103,3

Примечание. PM₁₀ – цифрами указан аэродинамический диаметр взвешенных частиц.

Результаты расчетов

В качестве входной информации для моделирования использовались инвентаризационные данные о параметрах источников антропогенных выбросов: интенсивность (мощность), начальная скорость выброса, радиус и высота труб, температура выбрасываемой газозвдушной смеси, координаты относительного размещения источников.

Проведен сравнительный анализ литературных источников [8; 12; 14].

Для определения мощности выбросов использованы данные годового расхода топлива котельных [12] с учетом количества холодных дней. По данным гидрометеорологического института в Монголии отопительный сезон в среднем продолжается 210 дней – с начала октября до начала мая. Для расчета взято 210 отопительных дней (5 040 ч).

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполнен в соответствии с методикой [6] для каждого источника с учетом свойств углей (например, табл. 5). Количество летучей золы M_z в г/с (т/год), входящее в суммарное количество твердых частиц, уносимых в атмосферу, вычислено по формуле:

$$M_z = 0,01 \cdot B \cdot a_{yn} \cdot A^r,$$

где B – расход натурального топлива, г/с (т/год); A^r – зольность топлива на рабочую массу, %; a_{yn} – доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе).

Таблица 5
Свойство угля шахт Багануур, Шивээ-Овоо [13]

Название шахты	Влажность (%)	Зола (%)	Взвешенные частицы (%)	Содержание серы, (%)	Калория	
					МДж/кг	ккал/кг
Багануур	33	12,1	43,9	0,36	14,4	3 441,6
Шивээ-Овоо	40,7	8,5	42,7	0,9	11,7	2 795,3

Суммарный выброс PM_{10} котельными – 137,56 г/с (4 341 т/год).

Расчеты частоты превышения нормативных критериев концентрации основаны на использовании дифференциального уравнения переноса и турбулентной диффузии примеси с замыканием его на интегральные функции распределения, построенные по двумерным эмпирическим функциям плотности вероятностей вектора скорости ветра на основе многолетних наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах [1].

Приведем фрагменты отдельных расчетов. В частности, на рис. 2 приведен расчет превышения предельной допустимой концентрации (ПДК) пыли $PM_{2,5}$, выбрасываемой в атмосферу котельными установками в декабре, когда устанавливается устойчивый антициклон. В Монголии для такой пыли принят норматив годовой ПДК = 0,025 мг/м³, что является вполне оправданным для селитебных зон. Расчет проведен с шагом 200 м для 210×120 точек и охватывает площадь 42×24 км². Изолинии (см. рис. 2) превышения ПДК проведены в часах. Видно, что маломощные котельные, не считая других источников, вносят ощутимый вклад в неблагоприятную экологическую обстановку города, так как жители дышат отравленным воздухом до 600 ч в месяц.

На рисунке 3 приведены те же расчеты, но для апреля, когда антициклон разрушается, а циклоническая деятельность атмосферы способствует рассеянию загрязняющих веществ (ср. рис. 2 и 3).

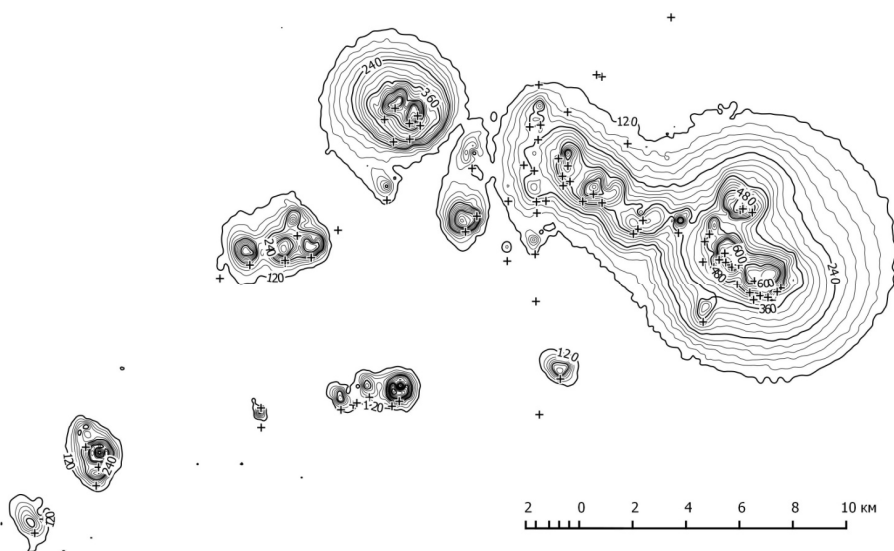


Рис. 2. Частота превышения ПДК пыли в декабре

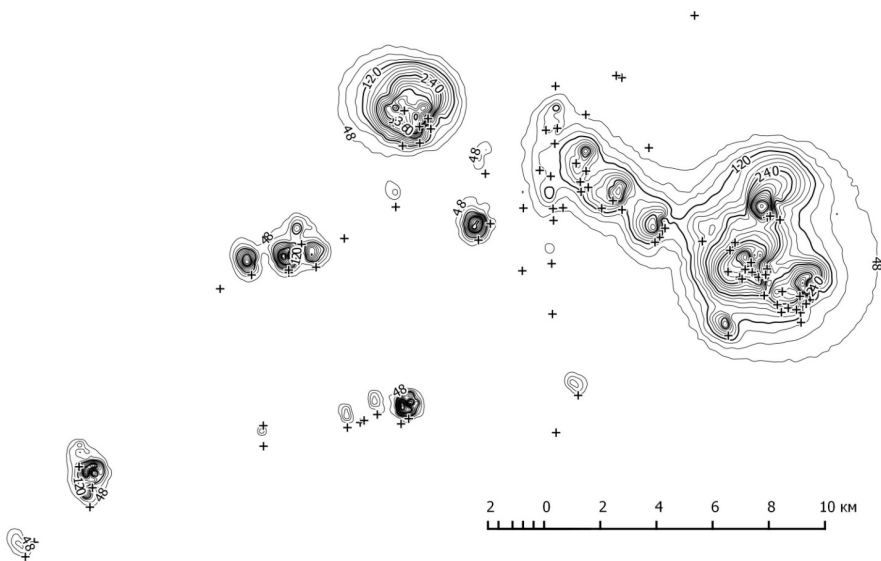


Рис. 3. Частота превышения ПДК пыли в апреле

Заклучение

Возможности моделирования позволяют оценить вклад рассматриваемых источников в общее загрязнение городской среды. Для улучшения экологической ситуации городским властям необходимо разработать ряд мероприятий, в частности направленных на замену маломощных котельных крупными ТЭЦ, использование менее токсичных видов топлив, установку эффективных очистных устройств и пр.

Список литературы

1. Аргучинцев В. К. Моделирование мезомасштабных гидрометеорологических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере региона оз. Байкал / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. – Иркутск : РИО ИГУ, 2007. – 255 с.
2. Аргучинцев В. К. Моделирование распределения антропогенных примесей в атмосфере крупных городов Монголии (Улан-Батор, Дархан) / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева, Л. В. Убонова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2009. – Т. 2, №1. – С. 25–34.
3. Аргучинцев В. К. Оценка загрязнения воздушной среды г. Улан-Батора автотранспортом / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева, Б.-Э. Ариунсанаа // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2014. – Т. 8. – С. 15–24.
4. Аргучинцев В. К. Распределение примесей в атмосфере г. Улан-Батора / В. К. Аргучинцев, Б.-Э. Ариунсанаа, А. В. Аргучинцева // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 35–46.
5. Генеральный план градостроительства столицы, 2014 : офиц. сайт администрации г. Улан-Батора [Электронный ресурс]. – URL: <http://citycouncil.mn>.
6. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 ГКал в час (с учетом методического письма НИИ Атмосфера № 335/33-07 от 17 мая 2000 г.). – М., 1999.
7. Монгол Улс, Улаанбаатар хотод нийтийн тээврийн төсөл хэрэгжүүлэх судалгаа Эцсийн тайлангийн төсөл (Отчет исследования по проекту развития общественного транспорта города Улан-Батора). – Улан-Батор, 2012. – 31 с.
8. Монгол Улс Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлыг бууруулах хяналтын чадавхийг бэхжүүлэх төсөл (Проект по улучшению и поддержанию мониторинга за загрязнением атмосферы города Улан-Батора). – Улаанбаатар, 2013. – 385 с. (на монг. и англ. яз.).
9. Нийслэлийн нийгэм эдийн засгийн үзүүлэлтийн статистискийн бюлеть (Статистический бюлеть столицы, 2014). – Улан-Батор, 2014. – 40 с.
10. Нийслэлийн агаарын чанарын төлөв байдал, агаарын бохирдлыг бууруулах талаар хийж гүйцэтгэсэн ажил (состояние качества воздуха столицы, меры по уменьшению загрязнения). – Улан-Батор, 2013. – 132 с. (на монг. яз.)
11. Сарантуяа Г. Оценка геоэкологической обстановки города Улан-Батора : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Г. Сарантуяа. – Казань, 2005. – 23 с.
12. Сономдагва Ч. «Улаанбаатар хотын агаарын бохирдлын эх үүсвэр, түүнийг бууруулах арга зам» сэдэвт диссертацийн ажил. – Улан-Батор, 2009. – 109 с.
13. «Төр-хувийн хэвшлийн түншлэл» хэлбэр ашиглаж Улаанбаатарыг нүүрстөрөгч бага ялгаруулах эрчим хүчээр хангах төсөл . «Эйя энд Жей» ХХК, «Мон-Энержи Консалт» ХХК. – Улан-Батор, 2010. – 128 с.
14. Улаанбаатар хотын халаалтын зуухнуудын нэгдсэн судалгаа (Нэгж хүчин чадал 250 кВт – аас дээш) (Единый учет котельных г. Улан-Батора мощностью более 250 кВт). – Улан-Батор, 2010. – 20 с.

Modeling of Air Contamination by in Ulan-Bator

A. V. Arguchintseva, V. K. Arguchintsev, Bat-Erdene Ariunsanaa

Abstract. Given the estimation of the spread of dust emission from boiler plants, taking into account the climatic characteristics of the terrain. Detected the most dangerous pollution zone in terms of violation of the standards established.

Keywords: city, pollution, atmosphere, boiler plants, modeling.

Аргучинцева Алла Вячеславовна
доктор технических наук
профессор, декан
географический факультет
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (395-2) 42-56-84

Arguchintseva Alla Vyacheslavovna
Doctor of Sciences (Technics)
Professor, Dean
Faculty of Geography
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (395-2) 42-56-84

Аргучинцев Валерий Куприянович
доктор технических наук
профессор, заведующий кафедрой
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (395-2) 52-10-94, 52-10-88

Arguchintsev Valery Kupriyanovich
Doctor of Sciences (Technical)
Professor, Head of Department
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (395-2) 52-10-94, 52-10-88

Бат-Эрдэнийн Ариунсанаа
аспирант, преподаватель
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1,
Монгольский государственный университет
Улан-Батор-14540, Монголия
тел.: 89021721990

Bat-Erdene Ariunsanaa
Postgraduate, Lecturer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
National University of Mongolia
Ulaanbaatar-14540, Mongolia
tel.: 89021721990