



Серия «Науки о Земле»
2012. Т. 5, № 1. С. 50–63

Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
*Иркутского
государственного
университета*

УДК 504.3.054(571.53)

Оценка вклада в загрязнение атмосферы стационарных источников предприятия ОАО «Международный Аэропорт Иркутск»

А. В. Аргучинцева (arg@math.isu.ru)
С. А. Новикова (novikovasveta41@mail.ru)

Аннотация. Рассматривается проблема загрязнения атмосферного воздуха стационарными источниками предприятия ОАО «Международный Аэропорт Иркутск». На основе математической модели строятся области распространения загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников предприятия Иркутского аэропорта. Оценивается уровень загрязнения атмосферного воздуха в жилых зонах, расположенных рядом с предприятием.

Ключевые слова: стационарные источники, аэропорт, атмосфера, загрязнение, моделирование.

Введение

Аэропорт Иркутска находится на правом берегу р. Ангары. На территории аэродрома имеются 14 рулѐжных дорожек, 2 перрона и 70 стоянок для различных типов воздушных судов. Аэропорт города работает в круглосуточном режиме, эксплуатируя полосу длиной 3564 м и шириной 45 м. Взлетно-посадочная полоса (ВПП) сертифицирована по первой категории ИКАО класса «В», что позволяет расширить возможности приѐма различных модификаций воздушных судов.

Предприятие ОАО «Международный Аэропорт Иркутск» является одним из загрязнителей воздушного бассейна г. Иркутска как выбросами, поступающими от работы двигателей автотранспорта и воздушных судов, так и от стационарных источников (инфраструктурные элементы – котельные, ремонтные цеха и т. п.). Кроме того, предприятие находится фактически в черте города – в 8 км от центра (рис. 1). Ближайшая селитебная зона, где проживают ориентировочно 100 тыс. человек, расположена в 50 м от промышленной площадки в северном и южном направлениях и фактически входит в границы санитарно-защитной зоны предприятия. Однако детальной оценки вклада этого предприятия в загрязнение атмосферного воздуха до настоящего времени не проводилось. К тому же и в литературе данная проблема освещена недостаточно.



Рис. 1. Ситуационный план исследуемой территории (границы предприятия выделены черным цветом)

На первом этапе мы рассмотрим возможность загрязнения атмосферы только стационарными источниками аэропорта без учета авто- и авиатранспорта. В настоящее время на предприятии зафиксированы 18 стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, из которых 11 площадных и 7 точечных (оснащенных пылегазоочистным оборудованием) [4].

Для расчета загрязнения атмосферы были использованы:

- 1) унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «ЭКОцентр», реализующая положения методики ОНД – 86 [2];
- 2) математическая (климатическая) авторская модель расчета продолжительности воздействия повышенных концентраций ингредиентов на окружающую среду [3; 1].

Расчет по стандартной методике абсолютных концентраций вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух стационарными источниками предприятия

Входная информация

Среднегодовая роза ветров (рис. 2) по данным Обсерватории метеорологической станции г. Иркутска.

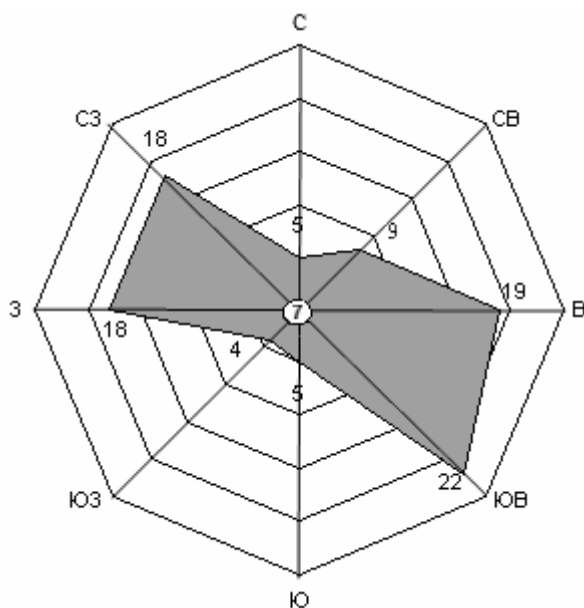


Рис. 2. Роза ветров исследуемой территории

Средняя температура воздуха наиболее холодного месяца года (января) равна $-20,7^{\circ}\text{C}$.

Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца года (июля) равна $16,6^{\circ}\text{C}$.

Скорость ветра, повторяемость превышения которой составляет 5 %, равна 5 м/с.

Коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, равен 1, так как перепад высот на 1 км не превышает 50 м.

Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, равен 200.

Параметры стационарных источников и их относительное расположение

Согласно указанной методике ограничительными критериями абсолютных концентраций являются максимальные разовые предельные допустимые концентрации (ПДК_{мр}), рассчитанные на 20–30-минутный интервал пребывания в загрязненной зоне. Однако это не является вполне оправданным для селитебной (жилой) зоны. Поэтому все расчёты абсолютных концентраций в работе проводились в сравнении с более жесткими санитарно-гигиеническими нормативами – критериями ПДК_{сс}.

Приведем отдельные результаты расчетов для зимнего периода. В зимний период погода в районе г. Иркутска определяется преимущественно влиянием азиатского антициклона, который обычно в январе достигает своего максимального развития в результате циркуляционных факторов и условий радиационного выхолаживания. При этом преобладает ясная, мо-

розная погода с глубокими приземными и приподнятыми инверсиями и значительным количеством безветренных дней. К тому же зимой отопительные системы работают в максимальном режиме и выбросы источниками загрязняющих веществ наибольшие. Для лучшей визуализации полученных результатов изолинии расчетных концентраций загрязняющих веществ были совмещены со стационарными источниками выбросов на космическом снимке, взятом из программы Google Map от 2.11.2011 г.

На рис. 3 представлены изолинии расчетных концентраций оксидов азота (NO_2 и NO). Изолиния 1 охватывает область, в которой концентрация взвешенных веществ составляет не менее 0,05 ПДК_{СС}. Далее, начиная с изолинии 2 (0,1 ПДК_{СС}), изолинии проводятся с шагом 0,1 ПДК_{СС}.

Основными источниками выброса оксидов азота на данной территории являются: котельная аварийно-спасательной службы, специальный гараж, котельная цеха, транспортный гараж, вклад которых в загрязнение атмосферного воздуха составляет соответственно: 37, 35, 17, 11 %. Максимальная концентрация, равная 3 ПДК_{СС}, создается непосредственно около источника выброса – транспортный гараж, в радиусе 50 м. В радиусе 50 м от остальных трех источников выброса оксидов азота создаются концентрации взвешенных веществ, равные 2 ПДК_{СС}. Выбросы от данных источников носят локальный характер с максимальным радиусом распространения 1700 м относительно промышленной площадки предприятия.

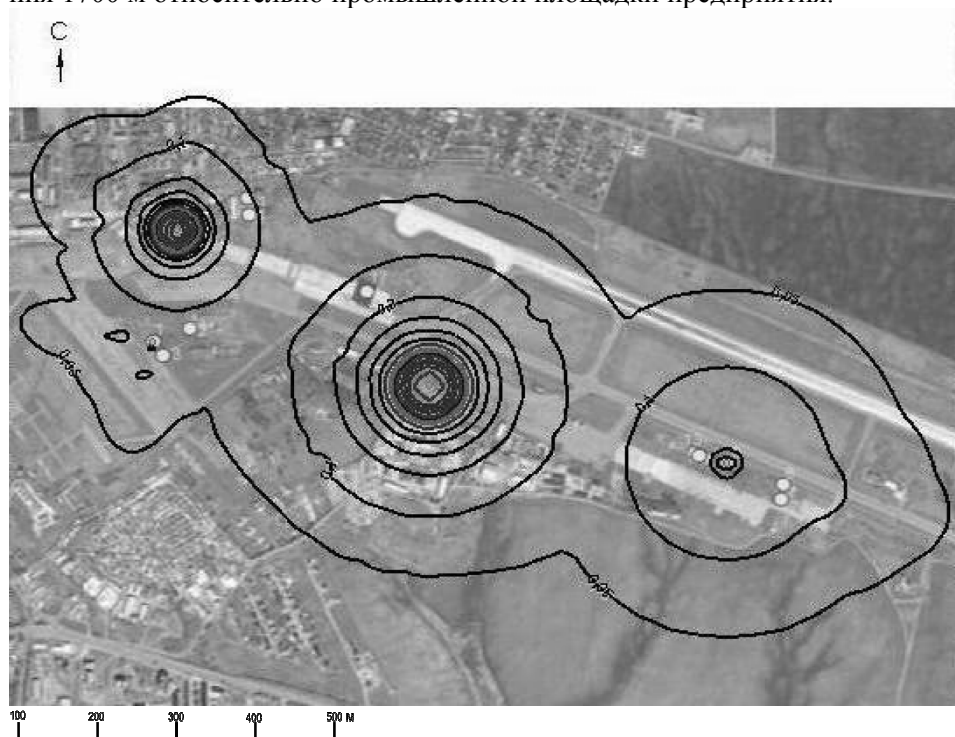


Рис. 3. Изолинии расчетных концентраций оксидов азота (NO_2 и NO)

На рис. 4 представлены изолинии расчетных концентраций диоксида серы. Изолинии проведены также, как и на рис. 3. Согласно проведенным расчётам выделяются четыре источника выбросов диоксида серы, создающих максимальные концентрации на данной территории: котельная аварийно-спасательной службы, где концентрация составляет 0,4 ПДК_{сс}; котельная цеха, где максимальная концентрация, равная 0,3 ПДК_{сс}, создается непосредственно около источника выброса в радиусе 50 м; специальный гараж, где концентрация составляет 0,2 ПДК_{сс}; транспортный гараж, с концентрацией равной 0,1 ПДК_{сс}, создающейся непосредственно у источника выброса. Вклад от данных источников выброса диоксида серы в загрязнение атмосферного воздуха составляет: 57; 32; 6; 5 % соответственно.

Выбросы носят локальный характер с максимальным радиусом распространения 1200 м от источников и не распространяются за пределы промышленной площадки предприятия Иркутского аэропорта.

На рис. 5 представлены изолинии расчетных концентраций оксида железа (III) (Fe_2O_3). Все изолинии проведены так же, как на рис. 3.

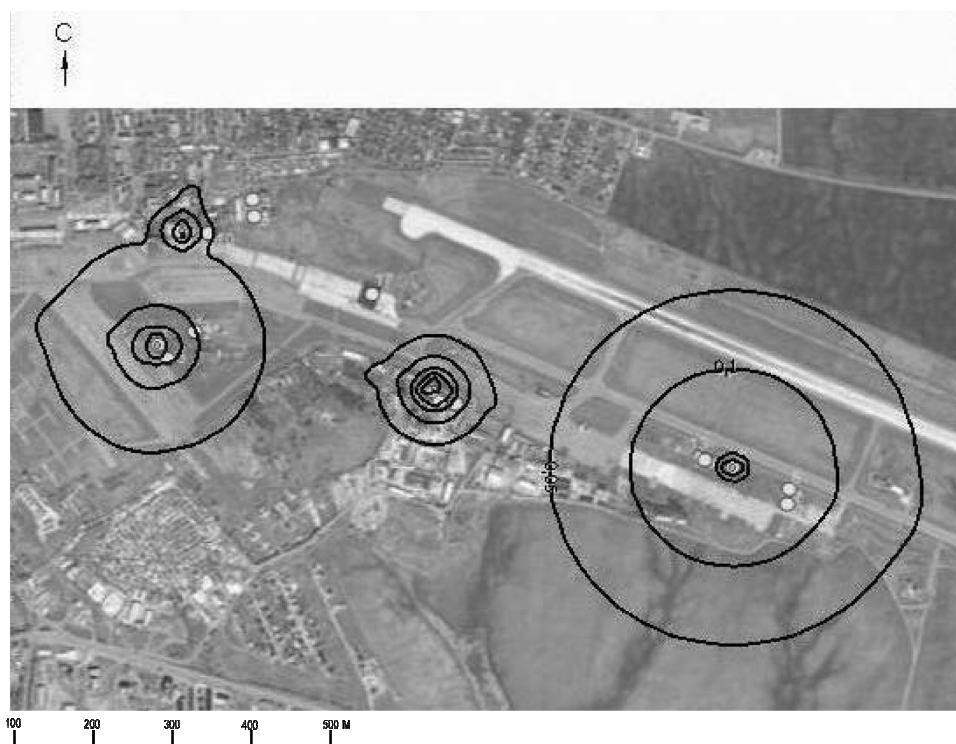


Рис. 4. Изолинии расчетных концентраций диоксида серы (SO_2)

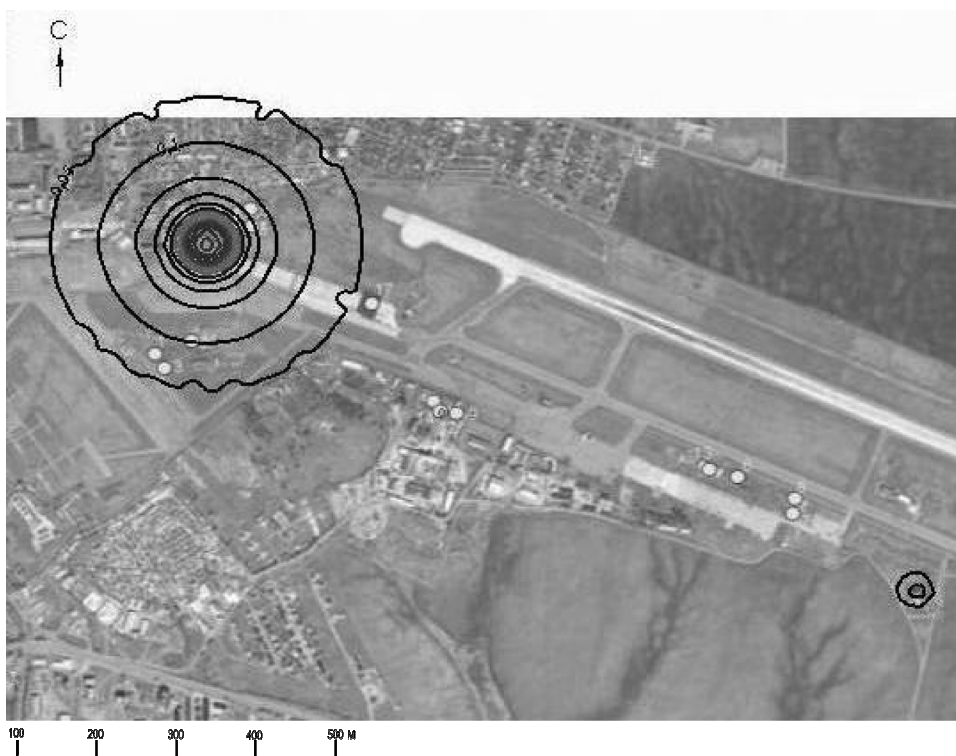


Рис. 5. Изолинии расчетных концентраций оксида железа (III) (Fe_2O_3)

Согласно проведённым расчётам, выделяется один источник выброса оксида железа (III), создающий максимальную концентрацию взвешенных веществ на данной промышленной площадке – служба теплового и санитарно-технического обслуживания. Максимальная концентрация, равная 3 ПДК_{сс}, создаётся непосредственно около источника выброса в радиусе 50 м. Вклад данного источника в загрязнение атмосферного воздуха на данной территории составляет 100 %. Несмотря на это, выбросы от источника носят локальный характер с максимальным радиусом распространения 900 м от источника и не распространяются за пределы промышленной площадки предприятия.

На рис. 6 представлены изолинии расчетных концентраций бензола (C_6H_6). Изолинии проведены так же, как на рис. 3. Согласно расчётам, выделяется один источник выброса бензола, создающий максимальную концентрацию на данной промышленной площадке – автозаправочная станция (АЗС). Максимальная концентрация, равная 3 ПДК_{сс}, создаётся непосредственно около источника выброса, в радиусе 50 м.

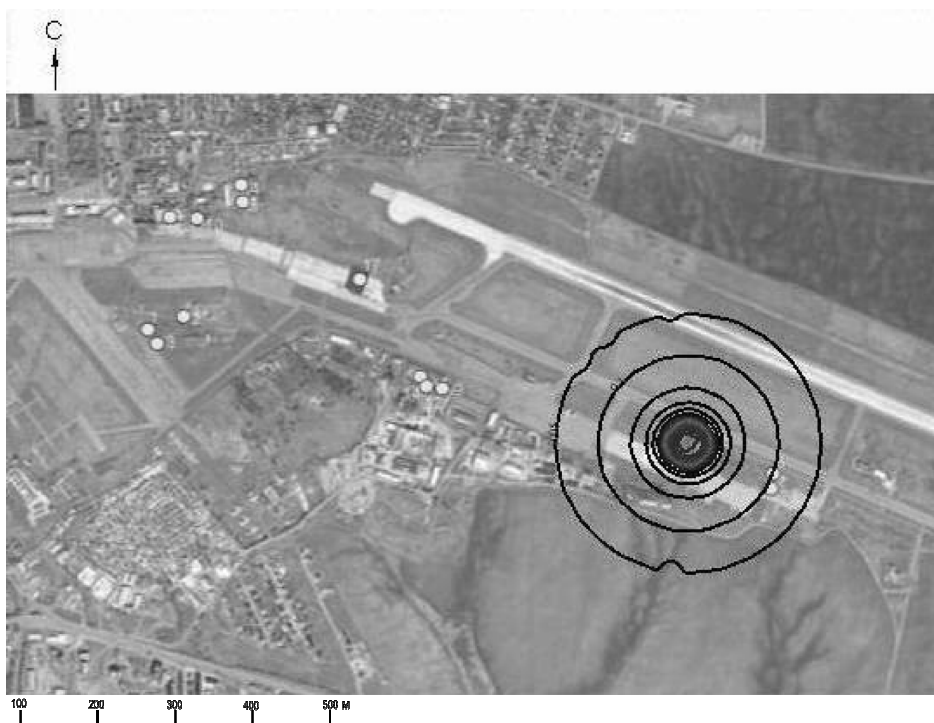


Рис. 6. Изолинии расчетных концентраций бензола (C_6H_6)

Выбросы от источника носят локальный характер с максимальным радиусом распространения 600 м от источника и не распространяются за пределы промышленной зоны предприятия Иркутского аэропорта.

Если из данных интегральных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха на станции Аэропорт вычесть расчетные абсолютные концентрации, то получим фоновые (относительно источников аэропорта) концентрации ингредиентов (табл. 1).

Таблица 1

Значения фоновых (средние за год) концентраций загрязняющих веществ для аэропорта г. Иркутска [5]

Вещество	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	Фоновые концентрации, С _ф , мг/м ³ *
Взвешенные вещества	0,50	0,15	0,40
Диоксид серы	0,50	0,05	0,04
Диоксид азота	0,20	0,04	0,10
Оксид углерода	5,00	3,00	4,50

*Примечание: Данные взяты из Проекта нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ), разработанного в Центре лабораторного анализа и технических измерений (ЦЛАТИ) по Сибирскому федеральному округу г. Иркутска.

Как видно из табл. 1, фоновые концентрации диоксида азота в 2,5 раза больше ПДК_{сс}, а диоксида серы – близки к ПДК_{сс}. Сравнивая результаты выполненных расчетов с фоновыми концентрациями, можно сказать, что, несмотря на то, что выбросы от источников предприятия вносят незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха, территория, расположенная вблизи предприятия, подвержена большому загрязнению по отдельным компонентам.

В табл. 2 представлены данные среднегодовых значений наблюдаемых (с фоном) и расчётных (без фона) в точках расположения постов приземных концентраций диоксида азота (NO₂) на четырех пунктах наблюдения.

На основании данных табл. 2, были построены диаграммы (рис. 7) для проведения сравнительного анализа среднегодовых интегральных значений приземных концентраций диоксида азота на четырёх пунктах наблюдения (с фоном).

Таблица 2

Среднегодовые значения наблюдаемых и расчётных приземных концентраций NO₂ [5]

№ пункта наблюдений**	Название загрязняющего вещества	C, мг/м ³ расчётные (без фона)	C, мг/м ³ наблюдаемые (с фоном)
1	Диоксид азота (NO ₂)	0,06	0,16
2		0,014	0,14
3		0,009	0,14
4		0,007	0,13

** *Примечание:* Пункты наблюдений: 1 – Иркутский аэропорт; 2 – Сухэ-Батора, 5 – Сквер Кирова; 3 – Лермонтова, 325-а (Академгородок); 4 – Партизанская, 76 (Гидрометеорологическая обсерватория).

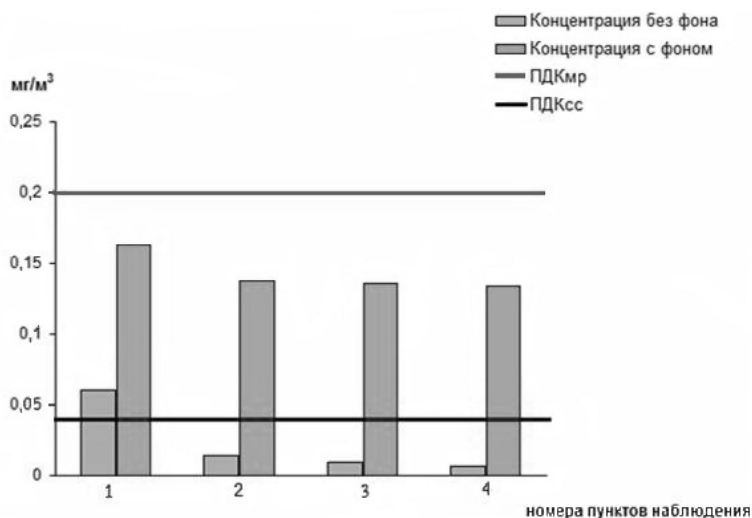


Рис. 7. Среднегодовые значения наблюдаемых и расчётных приземных концентраций диоксида азота (NO₂) на пунктах наблюдения

Значения концентрации диоксида азота с фоном на всех пунктах наблюдений не превышают значения максимально разовых ПДК_{мр} (см. рис. 7), но превышают значения среднесуточных предельно-допустимых концентраций (ПДК_{сс}), критерии которых являются более жестким санитарно-гигиеническим нормативом по сравнению с ПДК_{мр} и рассчитаны на длительное пребывание в загрязненной зоне. Это ещё раз доказывает тот факт, что фон города очень высокий. Однако значения концентраций диоксида азота без фона только на первом пункте наблюдения – в Иркутском аэропорту превышают значения ПДК_{сс}, что связано непосредственно с расположением источников загрязнения атмосферного воздуха на территории предприятия Иркутского аэропорта.

Оценка продолжительности воздействия повышенных концентраций ингредиентов на окружающую среду

На основе авторской математической модели [3; 1] были произведены расчеты частот превышения среднесуточных предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ, поступающих от стационарных источников предприятий Иркутского аэропорта.

В основе модели лежит уравнение переноса и турбулентной диффузии примеси для анизотропных сред:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial u_i c}{\partial x_i} + \alpha c = f + \frac{\partial}{\partial x_i} k_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j}$$

где t – время (с); $i, j = 1, 2, 3$ – номер координаты; u_i компонента скорости среды по соответствующей координате; c – концентрация загрязняющей субстанции; α – коэффициент неконсервативности примеси; $f = f(t, x_i)$ – функция, описывающая источники рассматриваемой субстанции; k_{ij} – тензор коэффициентов турбулентной диффузии. Уравнение записано в тензорном виде, а потому по дважды повторяющимся индексам в одночленном выражении производится суммирование в пределах их изменения. В качестве граничных условий на подстилающей поверхности принимались условия третьего рода: поглощение водной поверхностью или отражение от земли (турбулентный поток равен нулю).

В качестве входной информации в модели использовались инвентаризационные данные о параметрах источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (координаты размещения источников, интенсивность выброса, температура газовой смеси, скорость выброса, радиус и высота трубы) и климатические характеристики, полученные путем статистической обработки многолетних (1974–2010 гг.) данных ежедневных восьмисрочных метеорологических наблюдений на станции Аэропорт за температурой и вектором скорости ветра. По результатам статистической обработки строились для каждого месяца двумерные (по проекциям вектора скорости ветра на оси локальной декартовой системы координат) функции плотности вероятности реализации всех ветров, как полной группы

событий за многолетний временной интервал. Изменение вертикального профиля скорости ветра и горизонтального коэффициента турбулентной диффузии аппроксимировались степенными функциями, показатель степени которых рассчитывался методом наименьших квадратов по данным высотных наблюдений на телевышке. Коэффициент турбулентности по вертикали принимался линейно растущим с высотой.

Расчеты проводились по следующим ингредиентам: серная кислота, сажа, пыль древесная, оксид углерода, оксид марганца, диоксид азота, оксид азота, гематит (оксид железа (III)), диоксид серы, оксид серы, бенз(а)пирен, гидроксид натрия, сероводород, бензин, бензол, газообразные соединения фтора, керосин, ксилол, пентилены, пыль абразивная, толуол, этилбензол, предельные углеводороды для января. Январь был выбран в связи с тем, что этот месяц характеризуется антициклональным типом погоды с большой повторяемостью штилей (со скоростями ветра < 2 м/с), устойчивыми приподнятыми и задерживающими инверсиями, а также на этот месяц приходится наибольшая отопительная нагрузка котельных. В другие месяцы экологическая обстановка в городе значительно лучше.

В табл. 3 приведены ингредиенты, по которым в рассматриваемом месяце могут быть превышения соответствующих им среднесуточных предельно допустимых концентраций.

Таблица 3

Максимальная повторяемость превышения установленных норм концентраций загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимая среднесуточная концентрация (ПДК _{сс}), мг/м ³	Максимальная частота превышения ПДК _{сс} в январе, ч
Бенз(а)пирен (C ₂₀ H ₁₂)	0,000001	15
Оксид углерода (CO)	3	23
Сажа (C)	0,05	23
Диоксид азота (NO ₂)	0,04	15
Оксид азота (NO)	0,06	15
Диоксид серы (SO ₂)	0,05	25
Оксид железа – гематит (Fe ₂ O ₃)	0,04	25
Газообразные соединения фтора	0,005	25
Оксид марганца (MnO)	0,01	24
Гидроксид натрия (Na)	0,01	25

По результатам произведенных расчетов, максимальная частота превышения среднесуточных предельно-допустимых концентраций для таких загрязняющих веществ, как оксид углерода, сажа, гематит, фтороводород, диоксид марганца, пыль неорганическая (SiO₂ < 20 %) незначительна и составляет 15 ч (менее суток), для бенз(а)пирена – 26 ч ≈ 1 сутки.

Картирование загрязнения атмосферы

В результате проведенных расчетов были получены карты-схемы загрязнения территории с изолиниями, проведенными по частотам превышения среднесуточных предельно-допустимых концентраций в часах в месяц.

В качестве примера приведем карты-схемы распределения диоксида азота и диоксида серы.

Диоксид азота

Произведенные расчеты показали, что превышения 1 ПДК диоксида азота (NO_2) составляет 15 ч – менее 1 суток. На рис. 8 представлена карта-схема частоты превышения 0,1 ПДК_{сс} диоксида азота, что соответствует $0,004 \text{ мг/м}^3$.

Изолиния 1 ооконтуривает область, в которой не менее 24 ч в месяц концентрация оксидов азота превышает 0,1 ПДК_{сс}. Далее изолинии проведены с шагом 24 ч. Особо опасные участки – котельная цеха (объект № 1 на карте-схеме), где превышение может достигать 360 ч, что соответствует 15 дням в месяц; котельная аварийно-спасательной службы (объект № 6 на карте-схеме), где превышение может достигать 264 ч, что соответствует 13 дням в месяц.

Таким образом, превышения по данному ингредиенту создаются лишь в рабочей зоне на расстоянии не более 50 м от источников. Так, например, максимальная частота превышения 1 ПДК_{сс} по оксидам азота для Ново-Иркутской ТЭЦ-10 в зимний период составляет 430 ч, что соответствует 18 дням в месяц.

Суммарный выброс по оксидам азота от данных источников составляет 0,3 г/с, что является незначительным, поэтому вклад в загрязнение атмосферного воздуха по данным ингредиентам носит локальный характер. Так, например, Ново-Иркутская ТЭЦ-10 выбрасывает 600 г/с оксидов азота, что в 3000 раз превышает выбросы котельных Иркутского аэропорта.

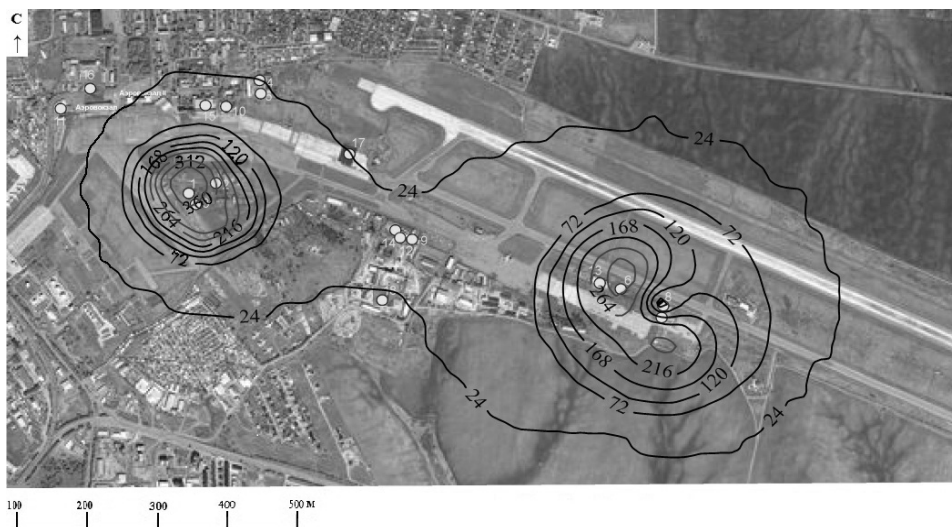


Рис. 8. Карта-схема частоты превышения $0,1 \text{ ПДК}_{\text{сс}} = 0,004 \text{ мг/м}^3$ диоксида азота в районе Иркутского аэропорта в январе

Диоксид серы

В результате произведенных расчетов превышения 1 ПДК диоксида серы (SO_2) составляет 25 ч \approx 1 сут. На рис. 9 представлена карта-схема частоты превышения 0,1 ПДК_{сс} диоксида серы, что соответствует $0,005 \text{ мг/м}^3$.

Первая изолиния охватывает область, в которой не менее 24 ч в месяц концентрация диоксида серы превышает 0,1 ПДК_{сс}. Далее изолинии проведены с шагом 24 ч. Особо опасный участок – котельная аварийно-спасательной службы, где максимальная частота превышения по данному компоненту достигает 137 ч, что соответствует 6 дням в месяц. Поэтому превышения по данному ингредиенту создаются лишь в рабочей зоне на расстоянии не более 50 м. Так, например, максимальная частота превышения 1 ПДК_{сс} по диоксиду серы для Ново-Иркутской ТЭЦ в зимний период составила 660 ч, что соответствует 28 дням в месяц.

Источники, создающие максимальные концентрации диоксида серы (SO_2):

- 1) котельная цеха, где максимальное количество диоксида серы, выбрасываемого в атмосферу составляет 0,009 г/с;
- 2) котельная аварийно-спасательной службы (АСС), где максимальное количество диоксида серы составляет 0,2 г/с.

Таким образом, суммарный выброс по диоксиду серы от данных источников составляет 0,3 г/с, поэтому вклад в загрязнение атмосферного воздуха по данному ингредиенту незначителен.



Рис. 9. Карта-схема частоты превышения $0,1 \text{ ПДК}_{\text{сс}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$ диоксида серы в районе Иркутского аэропорта в январе

Выводы

Анализ полученных результатов позволил сделать ряд выводов:

– наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха отмечается в зимний период;

– приоритетными загрязняющими веществами являются: диоксид азота, диоксид серы, оксид железа (III), оксид марганца, бензол. Концентрации данных веществ максимальны, но согласно проведенным расчётам, не превышают значения ПДК_{сс}. Превышения по данным ингредиентам создаются лишь в рабочей зоне с максимальным радиусом распространения 50 м;

– наибольшая частота превышения ПДК_{сс} в январе наблюдается по таким компонентам, как оксиды азота и диоксид серы, при этом зоной с повышенными концентрациями загрязняющих веществ является котельная аварийно-спасательной службы;

– источниками, выбросы которых создают наибольшие концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в пределах промышленной площадки, являются: котельная аварийно-спасательной службы, котельная цеха, транспортный гараж, служба теплового и санитарно-технического обслуживания, специальный гараж, автозаправочная станция.

Таким образом, выбросы от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха исследуемого предприятия носят локальный характер и не оказывают существенного влияния на загрязнение атмосферы г. Иркутска в целом. Несмотря на это, территория, расположенная вблизи предприятия, где проживает более 100 тыс. человек, подвержена загрязнению. Поскольку выбросы предприятия дают превышение только 0,1 ПДК_{сс}, но с учетом фоновых концентраций, в целом создается превышение 1 ПДК_{сс} и выше (так как фон города повышен).

Поэтому необходимо постоянно проводить ряд мероприятий по снижению количества примесей, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников предприятия: улучшать условия эксплуатации котельных, гаражей, цехов. Можно констатировать тот факт, что основной задачей в ближайшие годы является разработка и применение технологических процессов и прежде всего процессов сжигания топлива с низкими выбросами токсичных веществ в атмосферу.

Список литературы

1. *Аргучинцев В. К.* Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере региона оз. Байкал / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. – Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 2007. – 255 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л. : Гидрометеоздат, 1997.
3. Моделирование и управление процессами регионального развития / А. В. Аргучинцева [и др.] – М. : Наука, Физматлит, 2001. – 432 с.
4. Проект инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – Иркутск : Междунар. Аэропорт Иркутск, 2010. – С. 13–18.

5. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – Иркутск : Междунар. Аэропорт Иркутск, 2010. – С. 38–46.

Estimation of the Contribution to Air Pollution Stationary Sources of Irkutsk International Airport

A. V. Arguchintseva, S. A. Novikova

Annotation. The article is devoted to the problem of air pollution due to emissions of pollutants from stationary sources of Irkutsk International Airport. On the basis of mathematical model we are building area of pollution is distribution from stationary sources of Irkutsk Airport. Also we are assessing the level of air pollution in area, which located near airport, when people are living.

Key words: stationary sources, Airport, atmosphere, pollution, modeling.

*Аргучинцева Алла Вячеславовна
доктор технических наук, профессор
декан географического факультета
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3956) 42–56–84*

*Arguchintseva Alla Vyacheslavovna
Doctor of Technical Sciences, professor
Dean of the Faculty of Geography
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3956) 42–56–84*

*Новикова Светлана Александровна
студент
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3956) 52–10–94*

*Novikova Svetlana Alexandrovna
student
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3956) 52–10–94*