

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ
ВЕЩЕСТВ В АТОМОСФЕРЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА (НА ПРИМЕРЕ
ГОРОДА БИЙСКА)**

Ким Ж. В., Мироненко В. Ф., Михайлов А. В.

Важнейшими проблемами общества в настоящее время являются экологические вопросы, так как в результате антропогенной деятельности человека катастрофически ухудшается состояние всех компонентов окружающей среды (воздуха, воды, почвы). Возрастающее загрязнение атмосферного воздуха, как важнейшей компоненты среды обитания человека, представляет угрозу не только здоровью человека, но и всей окружающей среде в целом. Повышенная концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) наблюдается в атмосфере практически каждого промышленного города России, поэтому возникла острая необходимость в осуществлении экологического мониторинга на всей территории страны с целью предотвращения или уменьшения их воздействия на экосистему.

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу от промышленных стационарных источников на территории России по официальным данным ежегодно составляют 28-32 млн. тонн. Основными источниками выбросов ЗВ в условиях промышленного города являются промышленные и теплоэнергетические предприятия, автомобильный транспорт и частный сектор.

Заболевания, связанные с ухудшением состояния окружающей среды, составляют 40-60% от общей заболеваемости населения. Санитарно-эпидемиологическая служба России отмечает, что практически две трети населения России проживает на территории, где состояние атмосферного воздуха не соответствует гигиеническим нормативам. Бийск, являясь типичным промышленным центром, относится к городам с наибольшим загрязнением атмосферы.

Для анализа и точного расчета уровня загрязнения атмосферы необходимо привлечение математического аппарата.

Хорошо известны два подхода в математическом моделировании процесса распространения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Один из них основан на решении уравнения турбулентной диффузии и получил развитие в основном в

СССР. Этот подход является более универсальным, так как позволяет исследовать задачи с источниками разного типа, разными граничными условиями и разными характеристиками среды.

Численные решения уравнения атмосферной диффузии с различными граничными условиями в дальнейшем легли в основу инженерной модели, выполненной в ГГО им. А.И. Воейкова и принятой в качестве Российского общественного нормативного документа ОНД-86.

Второй подход, использующий эмпирико-статистический метод, в основном получил развитие за рубежом. Соответствующие ему математические модели называются «гауссовскими», потому что описываются с точностью до постоянного сомножителя плотностью распределения Гаусса. Подобная методика рекомендована Агентством по охране окружающей среды США для проведения расчетов, носящих нормативный характер. Достоинством гауссовой методики является ее сравнительно высокая точность при достаточно простой параметризации влияющих на рассеяние примесей факторов. Однако эта модель имеет ряд серьезных недостатков и в некоторых случаях неприменима. Оказалось, что "гауссовское" уравнение следует из общего уравнения атмосферной диффузии при выполнении некоторых условий-ограничений.

Одним из частных решений уравнения является хорошо известная в практике инженерных расчетов за рубежом формула Сеттона для концентрации на подстилающей поверхности, изначально полученная эмпирическим путем.

Для расчета среднегодовых полей концентраций загрязняющих веществ используется следующий принцип: концентрация в точке наблюдения определяется при направлении ветра, совпадающем с направлением от источника загрязнения на точку наблюдения, при среднем значении скорости ветра в этом направлении. Затем полученная величина, умножается на коэффициент повторяемости ветра в указанном направлении. Для нахождения поля загрязнения, создаваемого несколькими источниками производится суммирование полей, создаваемых каждым источником.

По таблице значений функции концентрации строятся изолинии на карте изучаемой местности, которые соединяют на карте точки, имеющие одинаковые значения. Таким образом, могут быть построены поля загрязнения, имеющие своей границей предельно допустимые значения концентрации.

Так как обработка массива данных для целой территории (например, города) возможна лишь на ЭВМ, то для расчета рассеивания 152 загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы от 1800 источников выброса 95 предприятий города Бийска использовался программный комплекс «ЭРА», разработанный фирмой «Логос-Плюс», г. Новосибирск и «Graph», г. С.-Петербург.

Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы показывают, что максимальная концентрация ЗВ в воздушной среде промышленного центра составляет для древесной пыли 14,8 ПДК, для 3,4 бенз(а)пирена – 4,8 ПДК, для золы углей – 4,5 ПДК, для диоксида азота – 5,3 ПДК, для сернистого ангидрида – 3,3 ПДК. Уровень загрязнения атмосферы по другим веществам можно определить из результатов расчета, представленных в электронном варианте.

Эти же результаты в картографическом виде дают возможность наглядно определять уровень загрязнения по любому веществу при заданных координатах на карте города. В качестве примера приведем результаты расчета в картографическом изображении по уровню загрязнения атмосферы диоксидом азота на существующее положение (рис. 1).

Если необходимо количественно определить концентрацию рассматриваемого вещества в интересующей зоне определенного уровня загрязнения, достаточно нанести координаты интересующей точки на карту соответствующего вещества и увидеть ее наглядно.

Знание уровней загрязнения в приземном слое атмосферы г. Бийска на существующее положение по любому загрязняющему веществу дает возможность разработать пути по снижению концентрации ЗВ в атмосфере. Для промышленных предприятий это фактически связано с проведением природоохранных мероприятий, которые представляют собой эколого-экономическую проблему.

На следующей схеме (см. рис. 2) показан алгоритм действий для принятия решения по осуществлению природоохранных мероприятий.

Разработанные общие направления по сокращению выбросов ЗВ промышленными предприятиями включают использование альтернативных видов топлива, средств пылегазоочистки, применение реагентных и термokatалитических методов очистки газов. Выбор способа по снижению выбросов ЗВ в атмосферу определяется техникоэкономическими условиями каждого предприятия.

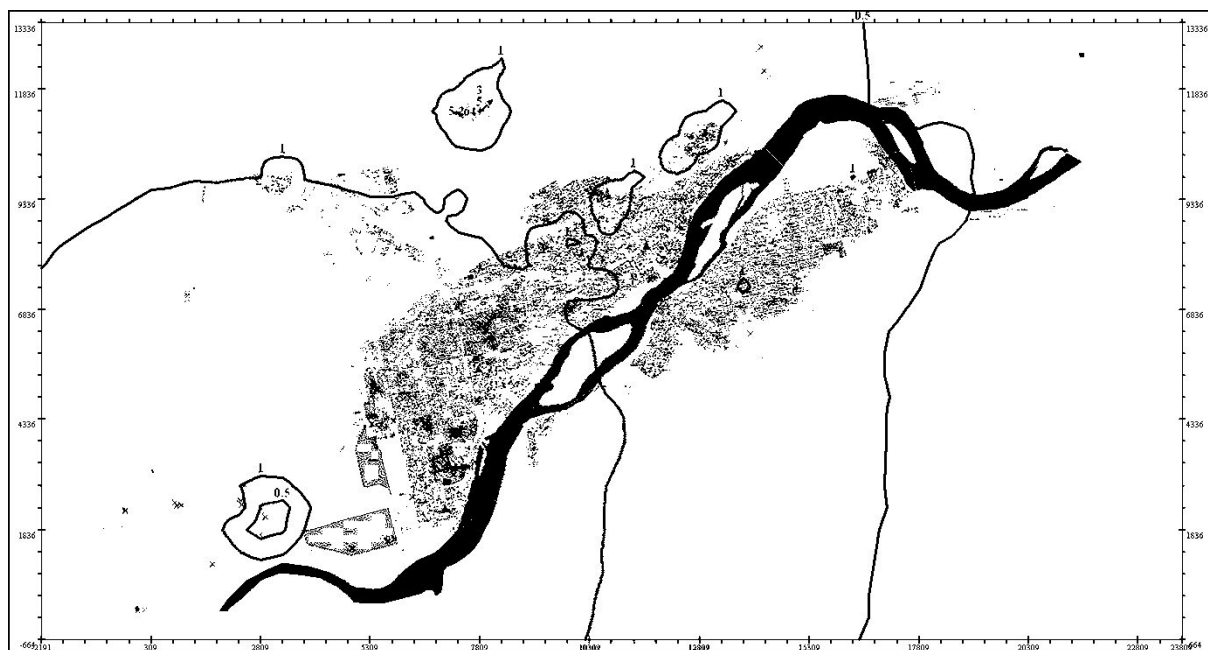


Рис. 1. Уровень загрязнения атмосферы по диоксиду азота (существующее положение)



Рис. 2. Алгоритм проведения мониторинга воздействия промышленных предприятий на атмосферу

Таким образом, разработанная управляемая система мониторинга позволяет в оперативном режиме определять визуально или путем расчета по электронному варианту уровень загрязнения в любой точке по любому из 152 видов веществ, выброс которых производят предприятия города Бийска.

Анализ результатов расчета рассеивания ЗВ в приземном слое атмосферы, проведенный для 152 веществ, присутствующих в выбросах предприятий, показывает, что наблюдается превышение уровня загрязнения (в жилой зоне по 35 ЗВ). Это вызывает необходимость разработки мероприятий, направленных на снижение концентрации ЗВ в выбросах промышленных предприятий. Основные предлагаемые средства снижения выбросов предусматривают перевод установок теплоэнергетики на газообразное топливо, применение установок пылеочистительного оборудования и систем газоочистки, организационные и технологические мероприятия. Выбор способа по снижению выбросов ЗВ в атмосферу определяется техникоэкономическими условиями каждого предприятия.

В настоящее время наиболее эффективным методом защиты атмосферного воздуха от загрязнений является использование безотходных ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов с замкнутыми или резко снижающими выброс вредных веществ в окружающую среду. Однако не всегда удается разработать безотходные технологические процессы, обеспечивающие полную комплексную очистку вредных технологических выбросов в атмосферу.

При поэтапном внедрении предлагаемых мероприятий уровень выброса ЗВ в атмосферу в пределах городской застройки не будет превышать нормативного значения ПДК для тех веществ, уровень которых выходит за допустимые пределы на существующий период.

Поставленная цель достигается решением обратной задачи – по заданному значению уровня загрязнения определить кратность снижения выбросов источников загрязнения за счет внедрения природоохранных мероприятий, с учетом уменьшения уровня загрязнения в жилой зоне до нормативного.

Результаты решения поставленной задачи приведены фрагментарно в таблице 1.

Следующим этапом исследования является расчет предполагаемого уровня загрязнения с учетом рекомендованных мероприятий, которые внедряются поэтапно до 2007 года. Результаты расчета приведены в качестве примера для диоксида азота на рис. 3.

Результаты исследований в табличном виде для 1800 источников 95 предприятий по 152 компонентам получены в электронном варианте на существующее положение и на год достижения ПДВ, с учетом выполнения предложенных природоохранных мероприятий. В таблице 2 фрагментарно приведены результаты расчета для диоксида азота.

Таблица 1

Результаты расчета ПДВ (по МРН-87): ПРИМЕСЬ=0301 Азота диоксида (выбор по жилой застройке 1)

Город:004 Бийск. Задание:0400 Бийск (пром. предприятия)

N п/п	Код источника выброса	Высота источн. м	Существующий выброс, г/сек	Минимально возможный выброс	Кoeff. нормирования	Расчетное значение ПДВ	Кратность снижения выброса
13	04000010107	40.0	1.6	0.0	0.9	1.5	1.1
24	04000010211	80.0	96.6	0.0	0.3	29.95	3.2
25	04000010212	100.0	129.4	0.0	0.3	40.1	3.2
26	04000010213	180.0	103.5	0.0	0.3	32.1	3.2
27	04000010214	180.0	70.0	0.0	0.4	25.3	2.8

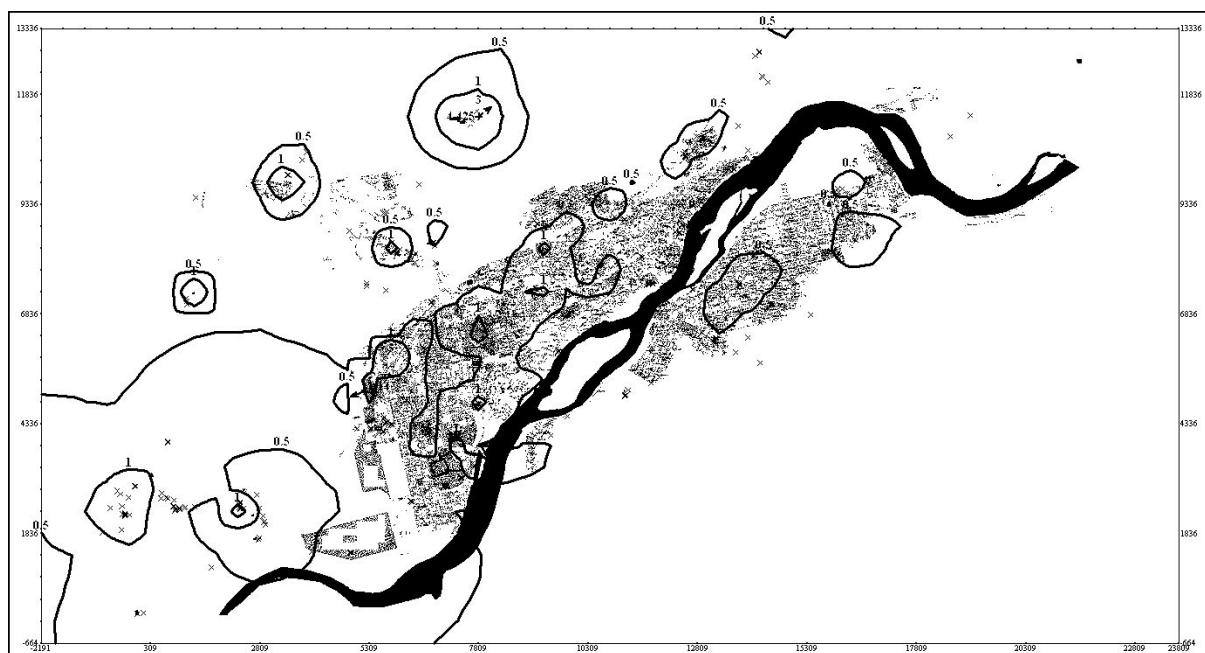


Рис. 3. Уровень загрязнения атмосферы по диоксиду азота (перспектива)

Таблица 2

Нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на существующее положение и на год достижения ПДВ

Бийск (промпредприятия)					
Производство, цех, участок	Номер источника выброса	Нормативы выбросов загрязняющих веществ			
		существующее положение на 2003 год		на год достижения ПДВ	
		г/с	т/ год	г/с	т/ год
1	2	3	4	5	6
**Азота диоксид (0301)					
Организованные источники					
Бийское вагонное депо	0002	0.0003	0.002	0.0003	0.002
	0009	0.13	4.34	0.14	4.34
Бийскстрой	0028	0.009	0.013	0.009	0.013
	0030	0.002	0.003	0.002	0.003
Бийская ТЭЦ 1	0211	96.64	1447.3	29.94	448.31
	0212	129.45	4082.2	40.1	1264.49
	0213	103.56	3265.8	32.08	1011.59
	0214	70.01	2207.9	25.31	798.23
	0215	137.63	4340.4	49.76	1569.17
	0253	0.004	0.02	0.004	0.02

Результаты расчёта по основным веществам после проведения мероприятий показывают, что уровень загрязнения для отдельных ЗВ снизился более чем в два раза. Несмотря на то, что существует превышение ПДК для некоторых территорий, однако основное требование нормативного документа ОНД-86 о том, что уровень загрязнения в жилой зоне города не должен превышать значение 1 ПДК по любому из загрязняющих веществ соблюдается.

Разработанная управляемая система мониторинга в оперативном режиме позволяет оценить эффективность природоохранных мероприятий путем введения в исходные данные изменений, связанных с уменьшением выбросов ЗВ за счет устройств пылегазовых установок (ПГУ), перепрофилирования предприятия, изменения режима его работы, а также при введении в строй новых предприятий или закрытия действующих.

Введение разработанной управляемой системы мониторинга позволяет решать задачи по размещению новых предприятий с учетом уровня загрязнения в определенном районе, решать градостроительные задачи по размещению жилых районов. Немаловажное значение имеют социальные вопросы по определению загрязнения атмосферы города в конкретном месте проживания граждан. За счет гибкости предложенной системы в электронном варианте предоставляется возмож-

ность (путем увеличения масштаба карты города) с большой степенью точности определять в любой точке города (например, для конкретного адреса и конкретного номера дома) значение концентрации любого из 152 веществ, присутствующих в атмосфере города Бийска. Таким образом, по запросам населения можно выдавать сведения по загрязнению воздушного бассейна в конкретном интересующем месте и даже прогнозировать их изменения с учетом метеорологических условий.