



Серия «Науки о Земле»
2008. Т. 1, № 1. С. 181–188

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

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

УДК 551.42

Оценка воздействия на атмосферный воздух предприятий алюминиевой промышленности

Сирина Н. В. (sirina@baikal.ru)

Аннотация. Анализируется состояние атмосферного воздуха в г. Шелехове. Рассматриваются выбросы загрязняющих веществ от существующих и планируемых источников алюминиевого завода. По математическим моделям проведена оценка опасных зон загрязнения.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, специфические вещества, оценка воздействия на окружающую среду, математическое моделирование.

Актуальность исследования

Возрастающие масштабы воздействия человека на окружающую среду породили острые проблемы, связанные с ее качеством. Загрязненные воздух, почвы, поверхностные и подземные воды вызывают ухудшение здоровья человека, гибель фауны, угнетение флоры. Существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносит цветная металлургия, в частности алюминиевая промышленность, предприятия которой в силу технологической специфики выбрасывают значительное количество опасных ингредиентов, таких как фтористые соединения, бенз(а)пирен.

Постановка проблемы

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в г. Шелехове является одной из наиболее актуальных. Прежде всего это связано с присутствием в атмосфере специфических веществ (бенз(а)пирен, твердые фториды, фтористый водород), поступающих преимущественно от Иркутского алюминиевого завода.

С 2000 года, после некоторого перерыва, г. Шелехов (Иркутская область) вновь входит в список городов России с самым высоким уровнем загрязнения воздуха. Эта ситуация возникла в основном за счет выбросов источников двух значимых промышленных объектов – Иркутского алюминиевого завода (ИрАЗ), на долю которого приходится 77 % от суммарных выбросов стационарных источников города, и расположенной в городе Иркутской теплоэлектроцентрали (ИТЭЦ-5), доля которой в выбросах составляет примерно 19 % [2].

Целью работы является оценка воздействия на окружающую среду существующих и планируемых стационарных источников Иркутского алюминиевого завода с учетом климатических особенностей местности.

Состояние атмосферного воздуха в городе отслеживается посредством Государственной службы наблюдений на двух стационарных постах, подразделяющихся на «авто» – вблизи автомагистрали на границе санитарно-защитной зоны ИркАЗа (пост № 1) и «городской фоновый» – в жилом районе северной части города (пост № 3) (рис. 1). Ранее существовал пост № 2, который много лет тому назад был закрыт из-за возникших финансовых трудностей. Деление постов является условным, т. к. застройка города и размещение предприятий не позволяют сделать четкого разделения районов.

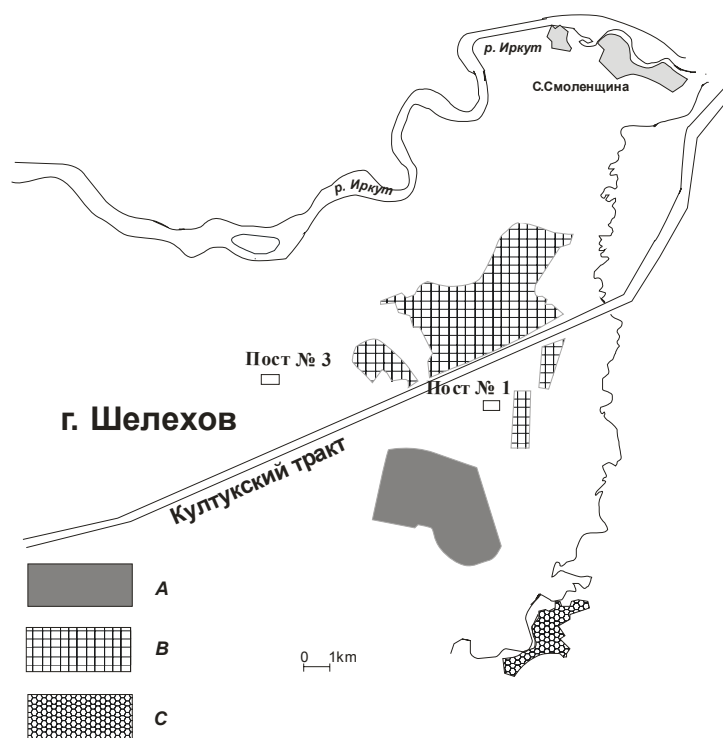


Рис. 1. Схема расположения стационарных постов слежения за состоянием атмосферного воздуха на территории г. Шелехова: А – территория промплощадки, В – жилая зона, С – садоводство

Наблюдения ведутся по следующим ингредиентам: взвешенные вещества, оксиды серы (IV) и азота (IV), оксид углерода (II), твердые фториды, фтористый водород, бенз(а)пирен (на двух постах); ванадий, хром, марганец, железо, никель, медь, цинк, свинец (только на посту № 1).

Были проанализированы данные наблюдений за концентрациями взвешенных веществ, оксидов серы (IV) и азота (IV), оксида углерода (II),

твердых фторидов, фтористого водорода, бенз(а)пирена по двум постам с 1990 по 2006 гг. В целом за рассмотренный период в атмосферном воздухе города концентрации взвешенных веществ, твердых фторидов, формальдегида, оксида серы (IV), оксида углерода (II), бенз(а)пирена имели тенденцию к снижению; концентрации оксида азота (IV) и фтористого водорода возросли, что согласуется с данными по валовым выбросам стационарных источников предприятий.

Несмотря на это, концентрации в атмосферном воздухе города таких специфических веществ, как бенз(а)пирен, в течение исследуемого периода превышали ПДК_{с.с.} в отдельные годы более, чем в 200 раз; фтористого водорода с 2003 г. превышали ПДК_{с.с.}, а твердых фторидов – к 2004 г. не достигали ПДК_{с.с.}. Концентрация формальдегида за весь исследуемый период превышала ПДК_{с.с.} в 2–5 раз.

Концентрации взвешенных веществ, оксида углерода (II), оксида азота (IV) (пост № 3) к 2004 г. не достигали ПДК; оксида азота (IV) (пост № 1) с 2003 г. превышали ПДК. Концентрации оксида серы (IV) за весь исследуемый период были в 5–50 раз меньше ПДК_{с.с.}.

Следует отметить, что концентрации специфических веществ (твердые фториды, фтористый водород), зафиксированные в жилом массиве (пост № 3), выше, чем вблизи автомагистрали. Более высокие концентрации бенз(а)пирена наблюдались вблизи автомагистрали на границе санитарно-защитной зоны ИркАЗа (пост № 1).

Если рассматривать внутригодовую концентрацию и, прежде всего специфических веществ, то следует отметить, что максимальные концентрации бенз(а)пирена, фтористого водорода, твердых фторидов наблюдаются в холодные месяцы (ноябрь–февраль).

Кроме того, важно отметить, что в силу ряда причин наблюдения не всегда ведутся регулярно, и это, естественно, отражается на обобщении данных, снижая точность показателей.

Естественно, что наличие высоких концентраций загрязняющих веществ в воздухе не может не отразиться на чутко реагирующей сибирской природе. Поэтому должны быть использованы все известные методы, позволяющие:

- давать оценку антропогенным нарушениям,
- выявлять виновников сложных экологических ситуаций, анализировать, предвидеть и не допускать их возникновения. Одним из надежных **методов** как для диагностирования в интересующих точках среды, так и для проигрывания самых различных, вплоть до прогностических и аварийных ситуаций, является математическое моделирование, которое позволяет учесть орографические и термические неоднородности местности, ее климатические особенности, различные режимы работы предприятий, включая нестационарность, выбрать оптимальные условия работы предприятий, дать рекомендации по минимизации антропогенной нагрузки на экологически значимые районы.

Специфические вещества, поступающие в атмосферный воздух города, выбрасываются преимущественно в результате работы электролизных цехов Иркутского алюминиевого завода. Поэтому **объектом** исследования были выбраны стационарные источники (электролизные цеха) ИркАЗа.

Нами была рассчитана повторяемость превышения установленных норм (ПДК_{с.с.}) концентраций ингредиентов на существующую ситуацию и осуществлен прогноз рассеивания примесей при создании новой и возможной реконструкции одной из уже существующих серий электролиза на основе климатических моделей распределения антропогенных примесей [2]. Модели основаны на уравнении переноса и турбулентной диффузии примеси:

$$\begin{aligned} \frac{\partial s}{\partial t} + u \frac{\partial s}{\partial x} + v \frac{\partial s}{\partial y} + (w - w_g) \frac{\partial s}{\partial z} - \alpha s = \\ = \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial s}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial s}{\partial z} + f(x, y, z, t) \end{aligned}$$

где s – концентрация примеси; u, v, w – компоненты вектора скорости ветра, спроектированные на оси локальной декартовой системы координат x, y, z (оси x, y направлены по горизонтали, ось z – вертикально вверх), t – время; w_g – скорость гравитационного осаждения частиц; α – коэффициент распада примеси; (k_x, k_y, k_z) – коэффициенты турбулентной диффузии, $f(x, y, z, t)$ – источник примеси.

Замыкание уравнения производится на многомерную функцию плотности вероятности реализации многолетних метеорологических характеристик в конкретной местности [1]. Основная идея базируется на том, что в различные периоды времени в атмосфере данной местности реализуются определенные типы движений воздушных масс, фиксируемые в течение суток восьмисрочными наблюдениями с интервалами в три часа. Между двумя сроками наблюдений фиксируемые типы движений можно считать стационарными. После каждого такого периода выполняется новое наблюдение, т. е. происходит как бы мгновенная перестройка движения воздушных масс, и наступает вновь новое стационарное состояние. Поскольку момент наблюдений циркуляций происходит за период времени намного короче времени существования определенного типа движений, то можно сделать предположение о том, что перестройка, т. е. переход системы из одного состояния в другое, происходит почти мгновенно. Если рассматривать многолетние наблюдения гидрометеорологических величин как ансамбль климатических характеристик данной местности, то их можно считать статистически независимыми, т. к. реализации относятся к разным годам. Такой подход дает возможность преодолеть трудности, связанные с неэргодичностью природных явлений, позволяя делать усреднение не по времени, а по

реализациям. Необходимо отметить, что конкретный вид функции плотности вероятности распределения метеорологических параметров не имеет принципиального значения, однако близость эмпирического распределения к какому-то известному теоретическому существенно ускоряет решение поставленной задачи на персональном компьютере.

Численные эксперименты. Проанализированы климатические условия города, рассматриваемые как потенциал атмосферы к рассеянию примесей. Самыми неблагоприятными месяцами с точки зрения рассеивающей способности являются декабрь и январь, обеспеченность которых застойными явлениями, сопровождающимися приземными и мощными поднятыми инверсиями, составляет не менее 40 %. Приведем результаты модельных расчетов рассеяния примесей в январе.

В качестве входной информации в модель задавались параметры источников выбросов загрязняющих ингредиентов, критерий ограничения концентрации (например, ПДК), а также многолетние метеорологические статистические характеристики, на основе которых строилась многомерная функция плотности вероятности. Конкретно для описанных ниже расчетов нижняя граница ограничения концентрации рассматривалась в виде ПДК_{с.с.} по всем веществам, выбрасываемым стационарными источниками электролизных цехов.

Максимальная повторяемость и радиус зоны превышения ПДК_{с.с.} практически всех веществ, выбрасываемых стационарными источниками электролизных цехов Иркутского алюминиевого завода, кроме оксида серы (IV), уменьшится при условии проведения преобразований, планируемых на предприятии. Однако настораживает тот факт, что в выбросах появится новое вещество – оксид алюминия (табл. 1–2).

Количество часов превышения ПДК_{с.с.} оксида серы (IV) резко увеличится с вводом пятой серии – более чем в 12 раз (соответственно от 25 до 308 ч в месяц), а радиус опасной зоны увеличивается с 0,5 до 3,5 км. После вывода второй серии происходит небольшое уменьшение количества часов превышений ПДК_{с.с.} рассматриваемого вещества.

По результатам моделирования прогнозируется снижение на 30 % количества часов превышения ПДК_{с.с.} смолистых веществ, а также уменьшение почти в два раза радиуса зоны распространения смолистых веществ.

По пыли неорганической произойдет снижение выбросов почти на 24 %, при этом уменьшение площади зоны превышения ПДК_{с.с.} прогнозируется в два раза.

Снижение выбросов твердых фторидов за рассматриваемый период произойдет на 18 %, при этом радиус зоны опасного загрязнения сократится в полтора раза.

По результатам расчетов прогнозируется снижение частоты превышения ПДК_{с.с.} фтористого водорода более чем на 7 %. Произойдет уменьшение радиуса распространения превышений ПДК_{с.с.} фтористого водорода в два раза (от 12 до 6 км).

Бенз(а)пирен на Иркутском алюминиевом заводе в материалах за 1996 г. не учитывался. Исходя из материалов 2001 г. максимальное количество часов превышения ПДК_{с.с.} вещества в январе – 596.

Таблица 1

Максимальная повторяемость превышения установленных норм концентраций ингредиентов, выбрасываемых стационарными источниками электролизных цехов Иркутского алюминиевого завода

Название ингредиентов	ПДК _{с.с.} , мг/м ³	Максимальная частота превышения ПДК _{с.с.} январь, ч			
		1996 г.	2001 г.	После введения V серии	После введения V серии, с учетом вывода II серии
Оксид углерода (II)	3,0	30	28	30	28
Оксид азота (IV)	0,04	30	28	28	25
Оксид серы (IV)	0,05	30	25	308	299
Пыль неорганическая	0,15	517	460	492	394
Твердые фториды	0,03	465	453	473	381
Фтористый водород	0,005	608	554	580	563
Смолистые вещества	0,15	285	200	200	150
Бенз(а)пирен	0,000001	–	596	596	596
Оксид алюминия	0,01	–	–	35	35

Примечание: * ПДК смолистых веществ приняты как ПДК_{с.с.} для взвешенных веществ. Это означает, что выбросы ингредиентов не фиксировались

Радиус зоны превышения ПДК_{с.с.} бенз(а)пирена составляет 15 км. С введением пятой серии число часов остается прежним, т. к. выбросов бенз(а)пирена электролизными цехами этой серии не предусмотрено. Не ожидается уменьшения количества часов при выводе из эксплуатации второй серии.

Кроме рассмотренных веществ, с вводом пятой серии электролиза в выбросах электролизных цехов появится оксид алюминия, максимальное количество часов превышения ПДК_{с.с.} которого в январе составит 35 ч. На рис. 2 показана максимальная частота превышения ПДК_{с.с.} в январе (в часах) смолистых веществ, фтористого водорода и твердых фторидов, где показано, что после введения пятой серии электролиза выбросы данных веществ несколько увеличатся, но при реструктуризации второй серии они

уменьшатся, достигая (фтористый водород) или снижаясь (смолистые вещества, твердые фториды) по сравнению с показателями 2001 г.

Таблица 2

Радиус ПДК_{с.с.} основных ингредиентов, выбрасываемых стационарными источниками электролизных цехов Иркутского алюминиевого завода

Название ингредиентов	Максимальная радиус зоны превышения ПДК _{с.с.} в январе, км			
	1996 г.	2001 г.	После введения V серии	После введения V серии, с учетом вывода II серии
Оксид углерода (II)	≤ 0,5	≤ 0,5	0,5–1	≤ 0,5
Оксид азота (IV)	≤ 0,5	0,5–1	0,5–1	≤ 0,5
Оксид серы (IV)	≤ 0,5	0,5	3–3,5	2,5–3,5
Пыль неорганическая	4	3	3–3,5	2–3
Твердые фториды	3–3,5	2,5–3	2,5–3	2,5
Фтористый водород	12	7	8	6
Смолистые вещества	2	1,5	1,5	1,2
Бенз(а)пирен	–	15	15	15
Оксид алюминия	–	–	2	2

Характерно незначительное количество часов превышений ПДК_{с.с.} таких веществ, как оксид углерода (II) (30–28 ч), оксид азота (IV) (30–25 ч). Радиус распространения превышений ПДК данных веществ не превышает 1 км (см. табл. 1–2).

Таким образом, на основе полученных расчетов можно сделать вывод, что, несмотря на проводимые Иркутским алюминиевым заводом мероприятия по снижению выбросов, на территории города могут быть превышения ПДК_{с.с.} таких специфических веществ, как бенз(а)пирен, фтористый водород, твердые фториды, особенно в периоды неблагоприятных метеорологических условий, что создает угрозу как для компонентов окружающей среды, так и, что особенно важно, для здоровья населения. Кроме того, количество поступающих в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников ИркАЗа увеличивается с вводом в эксплуатацию пятой серии электролиза, а также к выбросам добавляется новое вещество – оксид алюминия.

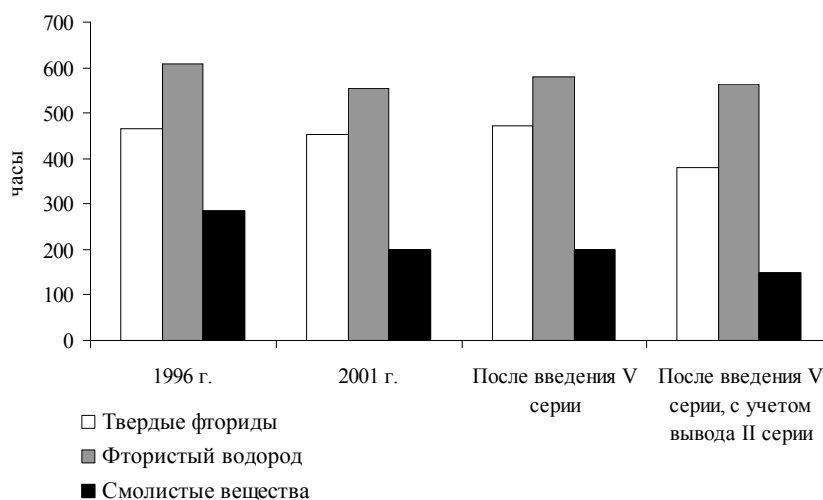


Рис. 2. Максимальная частота превышения ПДК_{с.с.} веществ в январе, ч

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 : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 255 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 году. – Иркутск : Облмашинформ, 2004. – 296 с.

Sirina N. V.

Ambient air impact assessment of aluminum production enterprises

Abstract. We analyzed ambient air conditions of Shelekhov city. We investigate the pollutant emissions from the aluminum production enterprise point sources both that are existed and that are to be built. We estimate dangerous polluted areas by means of mathematical modeling.

Key words: ambient air pollution, specific matter, environmental assessment, mathematical modeling.

*Сирина Наталья Викторовна
Иркутский государственный университет,
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ст. преп. каф. гидрологии и охраны водных ресурсов
тел.: (395-2) 42-56-22*