

**Блащинская Оксана Николаевна**,  
старший преподаватель, кафедра «Автоматизации технологических процессов»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: lin\_oks@mail.ru

**Патрушев Константин Юрьевич**,  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Blaschinskaja O.N., Patrushev K.IU.**

## **DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR STUDYING THE PROCESS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION**

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость разработки автоматизированной системы по исследованию процесса загрязнения окружающей среды, составной частью которой является анализ математических моделей и математический расчёт концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде. Автоматизированная система процессов загрязнения окружающей среды позволит управлять и исследовать химические процессы, связанные с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

**Ключевые слова:** автоматизированная система процессов загрязнения, моделирование, концентрация загрязняющего вещества, диоксид серы, экологическая безопасность, адсорбция.

**Abstract.** The article substantiates the need to develop an automated system for studying the process of environmental pollution, an integral part of which is the analysis of mathematical models and mathematical calculation of the concentration of pollutants in the environment. An automated system of environmental pollution processes will allow you to manage and investigate chemical processes associated with emissions of pollutants into the atmosphere.

**Keywords:** automated system of pollution processes, modeling, concentration of pollutants, sulfur dioxide, environmental safety, adsorption.

Представление об охране окружающей среде в рамках «широкого подхода» (Приоритеты..., 1999) предполагает развитие системы экологического нормирования на основе интегрированных показателей состояния природных объектов (Воробейчик, 1994; Дмитриев, Фрумин 2004; Дмитриев, 2010). В связи с этим повреждение и стабильность развития растений дает возможность характеризовать степень антропогенной нагрузки урбосреды.

Система экологической безопасности территории опирается на комплексы средств унифицированного сбора, централизованной обработки и многоцелевого использования данных о состоянии наиболее значимых структур и объектов окружающей среды. Составной частью этих комплексов являются модели, обобщающие картину поступления и рассеяния, расчета концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в окружающей среде (Белов, 1999; Замышляев, 2004; Махутов, 2009). Однако, барьерная роль растительного покрова территорий на пути попадающих в атмосферный воздух загрязняющих веществ, как экологического фактора, изменяющего их содержание, не нашла должного отражения в

действующих математических моделях расчета концентрации загрязняющих веществ (Инженерная защита окружающей среды, 2002; Васильев, 2011).

Поэтому моделирование изменений концентрации загрязняющего вещества с учетом «барьерного фактора» является весьма актуальным для данного исследования.

Объектами исследования служат побеги сосны (*Pinus sylvestris L.*), побеги березы (*Betula pendula Roth.*), исследования которых проводили на территории г. Ангарска Иркутской области (рисунок 1).

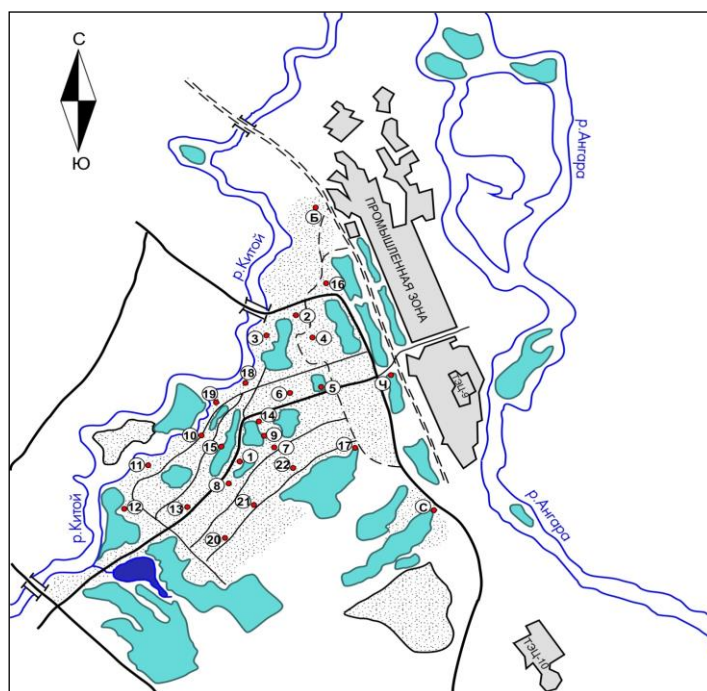


Рисунок 1 – Положение точек отбора побегов сосны обыкновенной и березы повислой в пределах территории г. Ангарска

Территория промышленной зоны города и прилегающая к ней селитебная зона в разные периоды характеризовались высоким потенциалом загрязнения атмосферы (Воробьев, 1985), нормативным или близким к нему загрязнением с особенно существенным превышением ПДК<sub>мр</sub> по бенз(а)пирену, формальдегиду, диоксиду азота и оксиду углерода.

В пределах исследуемой территории растительный покров был существенно модифицирован относительно своего первоначального природного состояния, выбор деревьев был произведен в разных частях г. Ангарска в соответствии с планом, разработанным на основе рекомендаций Воробейчика Е.Л. (Воробейчик и др., 1994).

Контрольным участком служила территория, расположенная в 26 км к юго-западу от города (заимка Якимовка), которая находилась в стороне от основного потока воздушных загрязнений.

Объектом исследования также является диоксид серы, и рассматривается как один из главных воздушных загрязняющих веществ, влияние, которого, прежде всего, испытывает растительный покров городских территорий, концентрация которого в настоящее время увеличивается во многих промышленных городах и индустриальных зонах [1].

На территории промышленной зоны г. Ангарска действуют такие предприятия, которые при производстве серной кислоты (ОАО «АНХК») и сжигании углей с относительно высоким содержанием серы (ТЭЦ-9, ТЭЦ-10 ОАО «Иркутскэнерго») выбрасывают в атмосферу города  $SO_2$  в достаточно большом количестве (Государственный доклад ..., 2003, 2005, 2009-11, 17, 19). Различные загрязняющие вещества, включая один из главных воздушных ЗВ – диоксид серы, адсорбируются на поверхности и проникают внутрь листовых пластинок; в листьях и тканях древесных растений накапливаются различные химические элементы и вещества (Manninen, Huttunen, 1995; Теребова, Галибина, 2010; Samecka-Symerman et al., 2009; Lomsky et al., 2012).

Диоксид серы рассматривается как один из главных воздушных загрязнителей, влияние которого, прежде всего, испытывает растительный покров территорий, концентрация которого в настоящее время увеличивается во многих столицах и индустриальных зонах.

Система экологической безопасности городской территории опирается на комплексы средств унифицированного сбора, централизованной обработки и многоцелевого использования данных о состоянии наиболее значимых структур и объектов окружающей среды.

Составной частью вышеперечисленных комплексов являются модели, обобщающие картину поступления и рассеяния, расчета концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде (Белов, 1999; Замышляев, 2004; Махутов, 2009).

Однако барьерная роль растительного покрова исследуемых территорий на пути попадающих в атмосферный воздух загрязняющих веществ, как экологического фактора, изменяющего их содержание, не нашла должного отражения в действующих математических моделях расчета концентрации загрязняющих веществ (Инженерная защита окружающей среды, 2002; Васильев, 2011).

Как известно [2], моделирование является методом исследования, в котором объект исследования заменяется его моделью. С помощью такого подхода делается попытка изучить сам объект. Моделирование является универсальным методом, характер которого мало зависит от области и объекта исследования, поэтому метод моделирования применим в разных отраслях научного познания.

Математическое моделирование часто делится на четыре этапа.

Первый этап предполагает выяснение основных определенных закономерностей исследуемого реального явления.

Второй - упорядочение полученных закономерностей в формализованную схему, которая представляется с помощью языка выбранного математического аппарата.

Третий этап состоит из анализа полученной системы уравнений приемами математических теорий и с использованием соответствующих программ.

На четвертом этапе имеет место интерпретация полученных формальных результатов относительно реального объекта. Эта последовательность процедур дает представление об общей схеме моделирования. На практике может возникнуть множество затруднений, и данная схема сокращается до одного шага, когда моделирование становится бесконечным процессом уточнения модели на основе новых результатов изучения объекта.

При моделировании в общих моделях разные процессы описывают с помощью отдельных более или менее подробных субмоделей. Так, например, общая модель переноса  $\text{CO}_2$  между лесными экосистемами и атмосферой (MixFor – SVAT) [состоит из 15 тесно взаимосвязанных между собой подмоделей, описывающих, например, такие процессы, как перенос солнечной (фотосинтетически активной и ближней инфракрасной) и длинноволновой радиации в различных ярусах древостоя и подлеска, или турбулентный перенос явного тепла,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  между почвой, подлеском, различными ярусами древостоя и приземным слоем атмосферы. Следует отметить, что, выбрав в качестве объекта исследования потоки  $\text{CO}_2$  в лесных экосистемах, его моделирование включило в себя все четыре этапа, в том числе и верификацию рассчитанных с помощью модели данных с экспериментально полученными результатами [3].

Исследование «судьбы» загрязняющих веществ и их взаимодействия со структурными элементами экосистем позволяет сформулировать модель поведения загрязняющих веществ, попавших в пространство урбоэкосистемы. На ЗВ, поступающие из источника выброса в атмосферу, воздействуют физические [4] и химические факторы, когда ЗВ взаимодействуют с каплями дождевой воды [5,6], поглощаются водными каплями и твердыми частицами, изменяются в других процессах [7, 8].

Описание событий на границе «листовая пластина – воздушная среда» как фактора, который может изменять концентрацию ЗВ, попадающих с выбросом в атмосферный воздух, не нашла должного отражения в имеющихся моделях ее расчета [9,10].

В настоящее время сформировался так называемый «стандартный подход» к моделированию концентрации ЗВ в системе «источник выброса – концентрация ЗВ на различных расстояниях от источника выброса» [9]. Он опирается на то, что между основными параметрами атмосферного переноса загрязняющих веществ, или «функцией переноса» и «функцией источника» существует тесная связь [10].

К числу параметров «связи» со стороны «функции переноса» относятся шероховатость дневной поверхности, характер распределения скорости ветра и классов стабильности атмосферы, а со стороны «функции источника» – давление насыщенных паров, температура воздуха и поверхности грунта, мощность выброса и др.

При разработке модели, учитывающей параметр адсорбции загрязняющего вещества, исходили из уже сложившихся подходов [10], используя гауссово решение для концентрационного поля переноса по ветру невесомой примеси диоксида серы от мгновенного точечного источника (МТИ), полученное из предположения нормального закона распределения концентрации ЗВ по всему объему выброса [10, 11].

Таким образом, на основе экспериментальных данных по адсорбции диоксида серы побегами древесных растений является актуальным вопрос по разработке алгоритма для модели расчета концентрационных изменений ЗВ с участием растительного покрова территории. Однако определить концентрации ЗВ до и после растительного барьера достаточно сложно.

При разработке модели следует опираться на модификации моделей рассеивания загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу [10], которые составляют основу стандартной программы серии «Эколог».

Исследование типа модели, подходящей для того, чтобы учесть барьерную функцию растительности в пространстве выброса загрязняющих веществ, показало наибольшую пригодность для этих целей барометрической неизотермической модели определения концентрации газа. Для расчета концентрации с помощью модели необходимо написать программу, с помощью которой мы могли бы получить результаты расчета концентрационных изменений диоксида серы с высотой и на отметке предполагаемого нахождения барьера растительности.

При моделировании изменения концентрации ЗВ с учётом «барьерного фактора» необходимо решить следующие задачи:

- определить концентрацию диоксида серы по стандартной методике;
- на основе проведённых ранее серий опытов (в период с 2009г. по 2011 г.) с выделением диоксида серы определить барьерные свойства растительных побегов (проведено более 170 опытов);
- провести статистическую обработку данных с помощью пакета программ *Statistica v.5.5*;
- на основе экспериментально полученных данных, на примере диоксида серы, исследовать способность древесных растений изменять его концентрацию в воздушной среде, учесть экологический фактор при математическом моделировании изменений концентрации ЗВ в пространстве выброса с растительным покровом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Sha, C.** Relative sensitivity of Wetland plants to SO<sub>2</sub> pollution / C. Sha, T. Wang, Lu J. // *Wetlands*. – 2010. – V. 30. – N 6. - P. 1023-1030.
2. **Оя, Т.** Модели развития древостоя. / Оя Т // – Тарту: АН Эстонской ССР, 1985. – 60 с.
3. **Ольчев, А.В.** Модельный подход для описания переноса CO<sub>2</sub> между лесными экосистемами и атмосферой / А.В. Ольчев, Ю.А. Курбатова, А.В. Варлагин, Н.Н. Выгодская // *Лесоведение*. – 2008. – № 3. – С. 3-13.
4. **Махутов, Н.А.** Методы и моделирование процессов возникновения и развития техногенных катастроф / Н.А. Махутов, В.П. Петров, Р.С. Ахметханов, Е.Ф. Дубинин, Т.Н. Дворецкая // *Проблемы безопасности и ЧС*. – 2009. – №2. – С. 3 – 23.
5. **Altwiker E.R., Chapman E.** Mass transfer of sulfur dioxide into falling drops: a comparison of experimental data with absorption models // *Atmos. Environ.* – 1981. – V.15. – N 3. – P. 297 – 303.
6. **A'dewuyi, J.G.** A theoretical investigation of gaseous absorption by water droplets from SO<sub>2</sub> – HNO<sub>3</sub> – NH<sub>3</sub> – CO<sub>2</sub> – YCL mixtures / J.G. A'dewuyi, G.R. Carmichael // *Atmos. Environ.* – 1982. – V.16. – N 4. – P.719 – 729.
7. **Чубарова, Н.Е.** Экспериментальное и модельное исследование вариаций содержания диоксида азота в пограничном слое атмосферы в Москве / Н.Е. Чубарова, И.К. Ларин, Е.А. Лезина // *Вестник Московского университета. Сер. 5. География*. – 2010. – №2. – С. 11-18.
8. **Saiz-Lopez, A.** Seasonal variation of NO<sub>x</sub> loss processes coupled to the HNO<sub>3</sub> formation in a daytime urban atmosphere: a model study / A. Saiz-Lopez, Al. Notario, J. Albaladijo, G. McFiggans // *Water, Air and Soil Pollut.* – 2007. – V.182. – N1-4. – P.197–206.
9. **Добросельский, К.Г.** Модель оценки рассеяния газообразных вредных веществ от вертикальных сосредоточенных источников / К.Г. Добросельский // *Безопасность жизнедеятельности*. – 2012. – №1. – С. 25-29.
10. **Замышляев, Б.В.** Влияние начальных размеров выброса (истечения) невесомой примеси на оценку концентрационных полей, возникающих при распространении облака гауссова типа / Б.В. Замышляев // *Проблемы безопасности и ЧС*. – 2004. – №4. – С. 35-42.
11. **Блащинская, О.Н.** Расчёт концентрации диоксида серы с помощью барометрической модели с учётом влияния барьера растительности / О.Н. Блащинская, О.В. Горбунова, Г.А. Забуга, В.С. Асламова, Л.Н. Сторожева // *Вестник КрасГАУ*. – 2012. – №7. – С. 70-74.