

Раздел II. Математическое моделирование экосистем

УДК 504.5

О. А. Неверова, А. А. Быков

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЕРЕКРЕСТКОВ ГОРОДА КЕМЕРОВО ВЫБРОСАМИ АВТОТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ И ФИТОИНДИКАЦИИ

Проведена экологическая оценка загрязнения перекрестков города Кемерово выбросами автотранспорта на основе моделирования максимального разового и среднегодового загрязнения атмосферного воздуха и показателей состояния древесных растений. Выявлено высокое загрязнение перекрестков города свинцом, диоксидом азота, оксидом углерода и бенз(а)пиреном. Установлено накопление в листьях рябины сибирской свинца, серы и в меньшей степени азота.

Экология; загрязнение воздуха; автотранспорт; модельные расчеты загрязнения; жизненное состояние растений; аккумуляция листьями свинца, азота и серы.

O.A. Neverova, A.A. Bykov

ECOLOGICAL ESTIMATION OF THE CONTAMINATION CROSSROAD CITY KEMEROVO SURGE OF THE MOTOR TRANSPORT WITH USE MODEL CALCULATION AND PHYTOINDICATION

The ecological evaluation of contamination of crossroads of the city of Kemerovo by outliers of motor transport on the basis of modelling of the maximum one-trip and mid-annual atmospheric air pollution and indexes of a state of woody plants is made. High contamination of crossroads of a city by lead, nitrogen dioxide, white damp and benzo(a)pyren is revealed. Accumulation in leaves of a mountain ash Siberian lead, sulphur and to a lesser degree nitrogen is positioned.

Ecology; pollution of air; motor transport; model of calculation of pollution; vital status of trees; accumulation of leafs of lead, nitrogen and sulphur.

Воздушный бассейн г. Кемерово достаточно сильно загрязнен выбросами стационарных источников промышленных предприятий и автотранспорта. Увеличение количества автомобильного транспорта обеспечило в целом транспортному комплексу третье место по массе выбросов в атмосферный воздух [1]. А поскольку выброс от автомобилей осуществляется непосредственно у земной поверхности, то вклад автотранспорта в приземные концентрации вблизи автодорог города достигает по ряду примесей 70-90%. Выбросы загрязняющих веществ от промышленности и автотранспорта оказывают негативное воздействие не только на здоровье населения, но и на зеленые насаждения. В составе выбросов в атмосферу от транспортных средств содержатся более 200 загрязняющих веществ, преобладающими из которых, согласно [2], являются свинец и его соединения, диоксид серы и азота, оксид углерода, формальдегид, бенз(а)пирен, сажа, бензин, керосин. Известно, что

из всех участков автодорог наиболее высоким загрязнением характеризуются перекрестки в связи с регулировкой движения светофорами.

Целью представленной работы является экологическая оценка загрязнения перекрестков города выбросами автотранспорта на основе моделирования максимального разового и среднегодового загрязнения атмосферного воздуха, а также показателей состояния древесных растений – жизненного состояния и аккумулирующей способности листьев в отношении свинца, азот- и серосодержащих примесей.

Исследования растительности проведены в вегетационный период 2005-2007 гг. Объектом для фитоиндикационных исследований являлась рябина сибирская в возрасте 30-40 лет, произрастающая вблизи двух перекрестков города, характеризующихся интенсивным движением автотранспорта – перекресток «пр. Кузнецкий – Сибиряков Гвардейцев» и перекресток «пр. Октябрьский – ул. Терешковой». В качестве сравнительных (условно контрольных) служили деревья, произрастающие во внутриквартальных посадках Ленинского района города.

Жизненное состояние растений (ЖС) определяли в середине июля визуальным методом по степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон [3]. В конце вегетационного периода (середина августа) производили сбор листьев с 10 исследуемых деревьев удовлетворительного жизненного состояния с каждого исследуемого перекрестка и зоны условного контроля. В предварительно обмытом дистиллированной водой и высушенном растительном материале определяли спектрофотометрическим методом содержание общего азота [4] и общей серы [5], содержание свинца – атомно-абсорбционным методом на базе испытательного центра ФГУ ЦАС «Кемеровский». Для оценки аккумулирующей способности листьев рассчитаны коэффициенты обогащения ($K_{об}$), которые определяются как отношение содержания элемента в листьях опытной пробы к его содержанию в листьях условного контроля.

Моделирование максимального разового и среднегодового загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых перекрестках города осуществлено на основе данных инвентаризации выбросов в сумме от всех стационарных и передвижных источников, входящих в состав сводного тома ПДВ г.Кемерово за 2002 год [6]. Судя по работе промышленности и транспорта, инвентаризация достаточно правильно отражает состояние источников на период исследований растительности. Для расчета средних концентраций построены распределения климатических параметров, влияющих на распространение примесей в атмосфере. К ним относятся направление ветра, скорость ветра и состояние устойчивости атмосферы. Каждый участок расположения насаждений рябины сибирской на конкретном перекрестке покрыт серией расчетных точек, и в качестве определяющей концентрации для участка бралась средняя по точкам покрытия. Вклад автотранспорта в расчетных точках возле крупных перекрестков составляет 75-85% по среднегодовым и до 95% по максимальным разовым концентрациям.

Для проведения расчетов максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ использована нормативная методика ОНД-86 [7]. Расчеты среднегодовых концентраций были проведены в расчетных точках перекрестков по трем различным моделям (рис. 1): известной модели гауссовского факела (гауссова модель); модели расчета среднегодовых концентраций, приведенной в [8] (методика 1995) и разработанной ГГО им. А.И. Воейкова долгопериодной модели [9], являющейся дополнением к ОНД-86 (методика 2005). Распределение ветра по направлению получено из среднегодовой многолетней розы ветров методом интерполяции, рекомендованным в [9]. Распределение ветра по скоростям и классам

устойчивости для гауссовской модели было ранее получено по данным стандартных метеонаблюдений [10]. Параметры распределений скорости ветра и показателя устойчивости λ , необходимые для модели [9], приближенно оценены по известным климатическим характеристикам г. Кемерово [11]. Все три модели входят в состав программного комплекса ЭРА (подробнее см. www.logos-plus.ru).

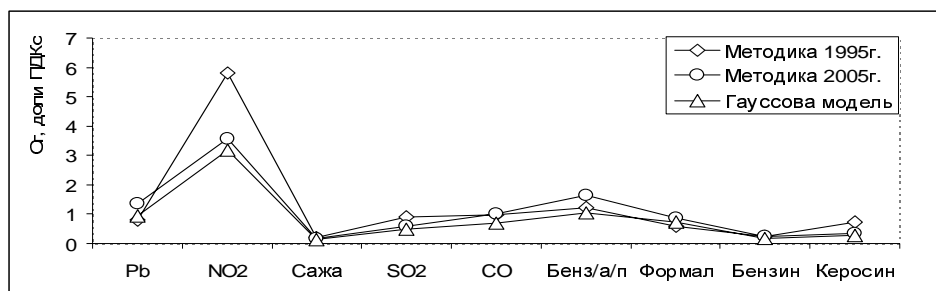


Рис. 1. Сопоставление среднегодового загрязнения г. Кемерово выбросами автотранспорта по трем различным моделям

Приведенное на рис. 1 сопоставление показывает, что все модели достаточно синхронно описывают среднегодовое загрязнение г. Кемерово по загрязняющим веществам, выбрасываемым автотранспортом. В табл. 1 использованы результаты методики [8].

Результаты и их обсуждение

Данные моделирования среднегодовых и максимально разовых концентраций загрязняющих веществ на исследуемых перекрестках приведены в табл. 1. Как показывают данные таблицы, по расчетным максимальным разовым концентрациям имеет место превышение ПДК на двух перекрестках по свинцу, диоксиду азота, оксиду углерода и бенз(а)пирену. Существенное превышение ПДК_р отмечено для диоксида азота, оксида углерода и свинца – в 12,04-4,15; 7,49-6,26 и 5,77-5,53 раза соответственно на перекрестках «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» и «пр. Октябрьский – ул. Терешковой». По среднегодовым концентрациям отмечается расчетное превышение ПДК_с по диоксиду азота на двух перекрестках (более чем в 3 – 5 раз) и бенз(а)пирену на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» (1,02 ПДК). Причем в большей степени превышение загрязняющих веществ относительно ПДК отмечается на перекрестке «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев».

Химический анализ растительности показал, что рябина сибирская, произрастающая вблизи изучаемых перекрестков в большей степени аккумулирует общую серу и свинец, в меньшей степени – общий азот (рис.2).

Как показывают экспериментальные данные, за годы исследований (2005-2007 гг.) $K_{об}$ листьев рябины свинцом лежит в пределах 0,96-2,23; $K_{об}$ общей серой – в пределах 1,36-2,38; $K_{об}$ общим азотом – в пределах 1,05–1,3. Вариабельность данного показателя наиболее высокая для свинца, минимальная – для общего азота. Однако необходимо отметить, что исследуемые деревья характеризуются вполне удовлетворительным показателем ЖС, соответствующим 37-38 баллов (в контроле – 39,6 баллов) (табл. 2). Как показывают данные таблицы, ухудшение балла ЖС у рябины отмечается за счет снижения процента живых ветвей в кроне, степени облиственности ветвей, и в меньшей степени за счет снижения процента живой площади листа.

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ перекрестков города Кемерово, наиболее загруженных автотранспортом (в долях ПДК)

Перекрестки	Pb	NO ₂	SO ₂	CO	Бенз(а) пирен	Са жа	Фор- маль- дегид	Бен зин
Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ*								
Пр.Кузнецкий – ул.Сибиряков Гвардейцев	5,77	12,04	0,31	7,49	2,20	0,43	0,68	0,95
Пр.Октябрьский - ул.Терешковой	5,53	4,15	0,33	6,26	1,85	0,37	0,52	0,72
ПДКр, мг/м куб.	0,001	0,085	0,5	5,0	0,0000 1	0,15	0,036	5,0
Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ*								
Пр.Кузнецкий – ул.Сибиряков Гвардейцев	0,56	5,66	0,89	0,88	1,02	0,16	0,43	0,23
Пр.Октябрьский - ул.Терешковой	0,48	3,37	0,69	0,65	0,69	0,12	0,42	0,17
ПДКс, мг/м куб.	0,000 3	0,04	0,05	3,0	0,0000 01	0,05	0,003	1,5
* – для каждого вещества взята концентрация, осредненная по всем расчетным точкам на перекрестке								

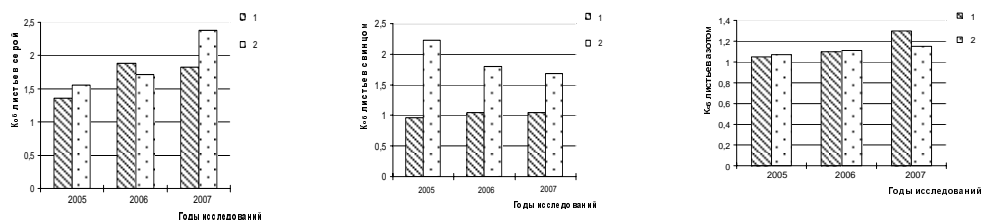
Таблица 2

Характеристика жизненного состояния рябины сибирской, произрастающей вблизи изучаемых перекрестков города Кемерово (средние данные за 2005-2007 гг.)

Постоянные площадки на- блюдения	% живых ветвей в кроне, %	Степень обли- ствен- ности, %	% живых (без некро- зов) листьев в кроне, %	Сред- ний % живой площади листа, %	Жиз- ненное состоя- ние, балл
Контроль	97,5±0,3	100±0,0	99,3±0,7	99,3±0,3	39,6±0,1
Ул. Терешковой – пр. Октябрьский	85,6±2,2	95,0±0,0	100,0±0,0	98,3±1,7	37,9±0,1
Ул. Сибиряков Гвардейцев – Пр. Кузнецкий	84,7±1,5	95,6±0,6	98,3±1,7	98,3±1,6	37,7±0,4

Сопоставление результатов моделирования среднегодового и максимально разового загрязнения атмосферы на изучаемых перекрестках с данными фитоиндикационных исследований показывает, что, несмотря на то, что концентрации диоксида серы в атмосфере изучаемых перекрестков не превышают ПДКр и ПДКс, отмечается аккумуляция общей серы в листьях рябины сибирской в большей степени, чем азота. В то время как концентрации диоксида азота, существен-

но превышающие как ПДКс, так и ПДКр в атмосферном воздухе на исследуемых перекрестках города, вызывают несущественное накопление общего азота в листьях исследуемых деревьев.



Обозначения: 1 – перекресток пр. Октябрьский – ул. Терешковой;

2 – перекресток пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев

Рис.2 Коэффициенты обогащения ($K_{об}$) листьев общим азотом, общей серой, свинцом рябины сибирской, произрастающей вблизи перекрестков города

Это, возможно, связано с тем, что потребности растений в азоте гораздо выше, чем в сере, поэтому азот более интенсивно вовлекается в обменные процессы. Корреляционный анализ показал, что не выявлено достоверной связи между содержанием общего азота, общей серы в листьях рябины и максимально разовыми и среднегодовыми концентрациями диоксида серы и азота в атмосферном воздухе изучаемых перекрестков и показателем ЖС растений.

Однако выявлена прямая достоверная корреляционная связь между содержанием свинца в листьях рябины и его средними максимально разовыми концентрациями в атмосферном воздухе на изучаемых перекрестках ($r = 0,92$ при $n=18$). Следовательно, можно полагать, что аккумуляцию свинца в листьях рябины вызывает не хроническое действие низких среднегодовых концентраций, не превышающих ПДКс, а максимально разовые концентрации свинца в атмосферном воздухе, превышающие ПДКр более чем в 5 раз. Удовлетворительные показатели ЖС у рябины сибирской указывают на достаточно высокую хемотолерантность данной породы к выбросам автотранспорта.

Выводы

1. Расчетные оценки показали высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха на перекрестках «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев» и «пр. Октябрьский – ул. Терешковой», существенно превышающий ПДКр по свинцу, диоксиду азота, оксиду углерода и бенз(а)пирену. Наибольшей степенью загрязнения характеризуется перекресток «пр. Кузнецкий – ул. Сибиряков Гвардейцев».

2. Химический анализ растительности показал, что рябина сибирская, произрастающая вблизи изучаемых перекрестков в большей степени аккумулирует общую серу и свинец, в меньшей степени - общий азот. Вариабельность $K_{об}$ наиболее высокая для свинца, минимальная – для общего азота.

3. Выявлена прямая достоверная корреляционная связь между содержанием свинца в листьях рябины и его средними максимально разовыми концентрациями в атмосферном воздухе на изучаемых перекрестках ($r = 0,92$ при $n=18$), что позволяет предположить, что аккумуляцию свинца в листьях рябины вызывает превышение ПДКр свинца в атмосферном воздухе.

4. Удовлетворительные показатели ЖС у рябины сибирской, произрастающей вблизи изучаемых перекрестков, указывают на достаточно высокую хемотолерантность данной породы к выбросам автотранспорта и позволяют заключить, что

в данном случае уровень нагрузки от автотранспортных потоков не является критическим для произрастания растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2005 году» / *Администрация Кемеровской области*. – Кемерово: ИНТ, 2006. – 320 с.
2. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – СПб., 1999.
3. *Николаевский В.С., Николаевская Н.Г., Козлова Е.А.* Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов // *Лесной вестник*. 2 (7) май. 1999. С. 76-77.
4. *Плешков Б.П.* Практикум по биохимии растений. Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1976. – С. 10-13.
5. *Мочалова А.Д.* Спектрофотометрический метод определения серы в растениях / *Сельское хозяйство за рубежом*. 1975. №4. 17 с.
6. *Ажиганич Т.Е., Алексейченко Т.Г., Быков А.А. и др.* Проведение сводных расчетов загрязнения атмосферы г. Кемерово для нормирования выбросов и диагностических оценок. В кн. “Экология города. Проблемы. Решения” / *Труды V городской научно-практической конференции*. – Кемерово, 2003. – С. 41-45.
7. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 92 с.
8. Методика экологической экспертизы предпроектных и проектных материалов по охране атмосферного воздуха. Мин-во охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. – Москва, 1995.
9. Методика расчета осредненных за длительный период концентраций выбрасываемых в атмосферу вредных веществ (дополнение к ОНД-86). – СПб.: ГГО им.А.И.Воейкова, 2005.
10. *Быков А.А.* Разработка и применение математических моделей для управления чистой атмосферой по среднегодовым показателям. Автореф. дис. канд. хим. наук – М: Лаборатория мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета и АН СССР, 1988. – 22 с.
11. *Климат Кемерово* / Под.ред. *С.Д.Кошинского, Ц.А.Швер*. –Л.: Гидрометеиздат, 1987. –166 с.

Неверова Ольга Александровна

Институт экологии человека СО РАН

E-mail: nev11@yandex.ru

650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10, тел.: 89059697367

Быков Анатолий Александрович

Институт угля и углехимии СО РАН

E-mail: nev11@yandex.ru

650610, Россия, г. Кемерово, ул. Рукавишниковая, 21, тел.: 89059697367

Neverova Olga Aleksandrovna

Institute of ecology of the person of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, of Kemerovo

E-mail: nev11@yandex.ru

21, Leningradsky, Kemerovo, 650065, Russia, Ph.: 89059697367

Bykov Anatoliy Aleksandrovich

Scientific employee of the laboratory ecological and water problems of Institute of coal and coalchemistry the Siberian Branch of the Russian Academy of Science of Kemerovo

E-mail: nev11@yandex.ru

21, Rukavishnikova Str., Kemerovo, 650610, Russia, Ph.: 89059697367

УДК 629.12: 681.883

А.Н. Долгов

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ТРЕНАЖЕРОВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ
РЫБОПОИСКОВОЙ АППАРАТУРЫ**

Представлена структура программного обеспечения тренажеров гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры. Описан состав и назначение программы “Системная модель”, являющейся ядром программного обеспечения рабочего места инструктора. Приведена структурная схема имитатора рыбопоисковой аппаратуры, и показано его взаимодействие в виде временной циклограммы с программным обеспечением рабочего места инструктора.

Тренажер; рыбопоисковая аппаратура.

A.N. Dolgov

**PRINCIPLES OF SOFTWARE DEVELOPMENT USED FOR SIMULATORS OF
HYDROACOUSTIC FISH-FINDING INSTRUMENTS**

The software structure used in hydroacoustic simulators of the fish-finding equipment is offered. The functioning of the “System model” program which is a kernel of the Instructor workstation software is here described. The structure chart of the fish-finding instrument simulator is given, which shows its interaction with the Instructor workstation software as a timing diagram.

Simulator; fish-finding equipment.

Программное обеспечение (ПО) тренажеров гидроакустической рыбопоисковой аппаратуры (РПА), структура которого представлена на рис.1, состоит из ПО рабочего места (пульта) инструктора и ПО рабочих мест обучаемых. Центральным звеном рабочего места обучаемого в гидроакустических тренажерах является имитатор рыбопоисковой аппаратуры. Характерной особенностью программного обеспечения всех имитаторов РПА является то, что каждый из них работает в составе “виртуального” рыбопромыслового судна и, следовательно, использует общую для района тренировки информацию.

Эта общая информация представлена в тренажере в виде программы “Системная модель”, результаты работы которой “циркулируют” по локальной сети LAN. Системная модель тренажера (см. рис.1) “порождает” информацию о данных имитируемой внешней среды и моделях движения имитируемых объектов, генерацию которых обеспечивают следующие модели: