

Копеистова Диана Юрьевна, магистрант 2 курс, кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

Институт химии и энергетики, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Россия, г. Тольятти

Крайнов Вадим Александрович, магистрант 2 курс, кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

Институт химии и энергетики, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Россия, г. Тольятти

Кравцова Марианна Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент заведующий кафедрой «Химическая технология и ресурсосбережение»

Институт химии и энергетики, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Россия, г. Тольятти

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ВЫБРОСОВ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ АВТОТРАНСПОРТА

Аннотация: В статье рассматривается предложение прогностической модели для оценки качества атмосферного воздуха от выбросов передвижных источников автотранспорта для г.о. Тольятти с учетом обоснования основных предикторов, влияющих на их распространение, а также в предложении оптимизации существующей системы автоматизированного экологического мониторинга. Эффективная прогностическая система моделирования распространения загрязняющих веществ от передвижных источников автомагистралей на селитебную территорию, и разработка эффективной автоматизированной системы контроля качества атмосферного воздуха в данных зонах обеспечит возможность оперативно выстраивать систему экологической безопасности.

Ключевые слова: математическое моделирование, регрессионный анализ, предикторы, контроль качества атмосферного воздуха, передвижные источники загрязнения, экологический мониторинг, селитебная территория.

Annotation: The article considers the proposal of a prognostic model for assessing the quality of atmospheric air from emissions from mobile sources of vehicles for urban areas. Tolyatti, taking into account the substantiation of the main predictors that affect their distribution, as well as in the proposal to optimize the existing system of automated environmental monitoring. An effective predictive system for modeling the spread of pollutants from mobile sources of highways to residential areas and the development of an effective automated system for monitoring atmospheric air quality in these areas will provide an opportunity to quickly build an environmental safety system.

Keywords: mathematical modeling, regression analysis, predictors, atmospheric air quality control, mobile pollution sources, environmental monitoring, residential area.

В последние годы в связи с ростом промышленности и автотранспорта не обеспечиваются показатели качества атмосферного воздуха на селитебных территориях. В рамках среднего промышленного города может существовать до миллиона источников выбросов вредных веществ, многие из них даже не нормируются. Вредные вещества попадают в атмосферный воздух, воду, почву, а затем в живые организмы, в том числе и воздействуют на организм человека.

Для прогнозирования состояния окружающей среды на селитебных территориях и повышения качества атмосферного воздуха, а также снижения рисков распространения загрязняющих веществ необходимо сформировать новый подход к прогностической модели и, как следствие, к проведению экологического мониторинга, представляющий собой совокупность организационных структур, методов, способов и приемов наблюдения за состоянием окружающей среды.

В настоящее время в современном мире образуется огромное количество источников выбросов и непрерывно пополняется перечень загрязняющих веществ, что в свою очередь затрудняет проведение экологического мониторинга, ставит под сомнение в целом его результаты, и доставляет определенные сложности формирования цифровой модели экологического мониторинга.

Помимо вреда от выбросов промышленных предприятий, атмосферный воздух ежесекундно загрязняется выбросами, образующимися от транспорта. Большое количество автомагистралей, крупных морских и воздушных портов, а также железных дорог строилось без внимания и даже без учета ущерба окружающей среде.

Загрязняющие вещества, образующиеся на транспорте, в основном состоят из газов, выбрасываемых из выхлопных систем автомобилей, поездов и судов. Они перемещаются по воздуху. Это оксиды азота, диоксид серы, диоксид углерода, металлы, а также органические соединения (летучие, в том числе некоторые токсичные, стойкие, биологически накопленные).

В городах на качество воздуха огромное влияние имеет организация автомобильного движения и технического состояния транспортных средств. Нерациональная организация движения приводит к многочасовым пробкам, в результате которых в атмосферный воздух попадание окиси углерода, окислов азота, углеводородов, соединений свинца и сажи увеличивается.

Проблему можно решить, используя при формировании цифровой модели экологического мониторинга соответствующий математический аппарат или соответствующие математические модели, которые, в настоящее время, разработаны, но использование их в тех или иных задачах необходимо обосновывать исходя из требований к территории, к экономическим условиям развития территории и так далее, поэтому в настоящем исследовании будет рассмотрена проблема определения распространения загрязняющих веществ от передвижных источников основных автомагистралей города при использовании современного математического аппарата модели, при котором данную модель

можно эффективно использовать для прогнозирования распространение приземных концентраций загрязняющих веществ на селитебную территорию.

Проанализировав существующие виды математических моделей можем сделать вывод, что наиболее простым и эффективным является регрессионный анализ, основанный на влиянии одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную. Ранее данная модель к процессу рассеивания загрязняющих веществ не применялась. Независимые переменные называются регрессорами или предикторами, а зависимые переменные – критериальными или регрессантами.

На основе предикторов (независимых переменных) составляется прогноз. Ими могут быть как метеорологические факторы, так и инерционный фактор, основанный на загрязнении воздуха накануне того дня на который составляется прогноз.

Приближенное определение значимости предиктора – на основе графического рассмотрения связи между ним и прогнозируемым параметром.

Предиктор значим, если зависимость выражена четко и соответствует физическим представлениям о процессе распространения примесей. Исходя из объекта исследования необходимо обосновать выбор предиктора (см. табл. 1).

Таблица 1 – Обоснование выбора предикторов

Наименование предиктора	Обоснование
Температура воздуха	Факторы являются обязательными и индивидуальными. Диапазон данных является индивидуальным и определяется территориально
Скорость ветра	
Относительная влажность	
Высота заграждений	Заграждениями могут являться как бордюры, так и другие постройки
Интенсивность дорог	В интенсивность дорог так же входят: количество легковых и грузовых транспортных средств, скорость автотранспорта, вид топлива, скорость движения автотранспорта и т.д.
Расстояние от шоссе до	При использовании данного фактора необходимо учесть

ближайшей жилой застройки	расположение автомагистрали до ближайшей жилой зоны
------------------------------	---

При составлении регрессионной модели загрязнения были учтены такие параметры, как температура воздуха (T), скорость ветра (V), влажность воздуха (φ), высота заграждений (H), расстояние от дороги (S), интенсивность автомобилей (I).

Для получения математического описания процесса был реализован полный факторный эксперимент.

Уравнение регрессии имеет следующий вид (1):

$$\begin{aligned}
 y = & b + b_T T + b_V V + b_\varphi \varphi + b_H H + b_S S + b_I I + b_{TV} TV + b_{T\varphi} T\varphi + b_{TH} TH \quad (1) \\
 & + b_{TS} TS + b_{TI} TI + b_{V\varphi} V\varphi + b_{VH} VH + b_{VS} VS + b_{VI} VI \\
 & + b_{\varphi H} \varphi H + b_{\varphi S} \varphi S + b_{\varphi I} \varphi I + b_{HS} HS + b_{HI} HI + b_{SI} SI
 \end{aligned}$$

Все расчеты коэффициентов уравнения регрессии производились в безразмерной системе координат.

Расчет производился для следующих загрязняющих веществ: оксид азота, оксид серы, оксид углерода, взвешенные вещества.

Уравнение регрессии имеет следующий вид (2) - (5):

$$\begin{aligned}
 y = & 0,093 - 0,012((S - 225)/175) - 0,007((I - 315)/215) \quad (2) \\
 & - 0,015((\varphi - 70)/15)((H - 24,05)/23,95)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y = & 0,0233 - 0,0029((S - 225)/175) - 0,0048((I - 315)/215) \quad (3) \\
 & - 0,0029((\varphi - 70)/15)((H - 24,05)/23,95)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y = & 1,02031 - 0,211((S - 225)/175) - 0,289((T - 4,5)/30,5)((\varphi - 70)/15) - 0,220((V - 3,9)/0,7)((S - 225)/175) \quad (4) \\
 & + 0,217((S - 225)/175)((I - 315)/215)
 \end{aligned}$$

$$y = 0,066 - 0,031((H - 24,05)/23,95) - 0,019((S - 225)/175) \quad (5)$$

$$- +0,015((V - 3,9)/0,7) ((H - 24,05)/23,95)$$

$$+ 0,026((H - 24,05)/23,95) ((S - 225)/175)$$

На основе регрессионного анализа составлена прогностическая модель с учетом предикторов, влияющих на рассеивание загрязняющих веществ от передвижных источников и на основе экспериментальных данных. В дальнейшем данную математическую модель можно использовать для прогноза без проведения экспериментальных исследований. Математическая модель проверена на адекватность согласно следующей гипотезе: линейная модель по параметрам удовлетворительно описывает экспериментальные данные (критерий Фишера).

Библиографический список:

1. Антропов К.М. Математические модели загрязнения атмосферного воздуха мегаполиса и промышленного центра выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Екатеринбург, 2012 г. 24 с.
2. Голованов А.А. Комплексное определение состава атмосферного воздуха в городском округе Тольятти (Исследования атмосферного воздуха с целью выявления и идентификации специфических загрязнителей в атмосферном воздухе с использованием методов термодесорбционной хромато-масс-спектрометрии и других методов физико-химического анализа). Отчет о научно-исследовательской работе (итоговый). Тольятти 2020 г. 183 с.
3. Иванова Ю.П., Надер Б.Ю., Мишаков В.А., Шаповалова Ю.А., Иванова О.О., Азаров В.Н. Влияние метеорологических условий на рассеивание вредных выбросов в городской среде. Инженерный вестник Дона. №1 2020 г.
4. Кравцова М.В. Моделирование технических и природных систем: учеб-методич. Пособие. Тольятти: изд-во, 2016 г. 310 с.
5. Пепина Л.А., Созонтова А.Н. Загрязнение атмосферного воздуха

автомобильно-дорожным комплексом. Обзорная статья в журнале ALFABUILD, 2017 г., с. 99-110.

6. Загрязнение воздуха автомобилями: сайт EcologAnna [Электронный ресурс] URL: <https://ecologanna.ru/ekologicheskie-problemy/zagryaznenie-vozduha-avtomobilyami> (дата обращения 19.05.2023).