

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ПОСТУПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ С ВЫБРОСАМИ АВТОТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2016 Ю.А. Тунакова¹, С.В. Новикова¹, А.Р. Шагидуллин²

¹ Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева

² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань

Статья поступила в редакцию 08.11.2016

Поступление компонентов выбросов от автотранспорта происходит на малой высоте, с небольшой скоростью в приземный слой воздуха, на уровне дыхания человека. Данные условия выбросов обуславливают сложность моделирования рассеивания отдельных компонентов выбросов. В статье рассмотрены подходы и приведены результаты использования инновационных информационных технологий, позволяющих с большой долей точности решить указанную задачу.

Ключевые слова: выбросы, металлы, нейросетевое моделирование, концентрации.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что в результате эмиссий с хлопкими газами, от разрушения тормозных колодок и истирания шин при движении автотранспортных средств, поступают до 300 различных соединений, в том числе и таких металлов, как As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Sb, Co, Mn, V, Ba, Se. С выбросами автотранспортных средств металлы поступают в нижележащий слой воздуха, на уровне дыхания человека. Металлы обладают:

- токсичностью для живых организмов в относительно низких концентрациях;
 - имеют разнообразные антропогенные источники поступления в окружающую среду;
 - обладают большой устойчивостью в среде;
 - характеризуются способностью к активной биогенной миграции и межфазовым переходам;
 - обладают невозможностью самостоятельной деструкции и элиминации из организма человека [1-4].
- Приказом Минприроды России от 31 декабря 2010г. № 579 металлы отнесены к Перечню вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих приоритетному государственному учету и нормированию. Опасность полиметаллического поступления металлов с выбросами автотранспорта усугубляется тем, что систематические наблюдения за качеством воздуха в зоне действия автомагистралей не проводятся вообще или эпизодичны. Согласно результатам исследования рассеивания отработанных газов автомобилей в атмосфере, максимальные концентрации

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе отмечаются в зонах, непосредственно примыкающих к проезжей части магистрали и быстро убывают с увеличением расстояния от нее [5-6]. К настоящему времени разработано большое число расчетных моделей для оценки поступления загрязняющих веществ с выбросами автотранспорта, отличающихся друг от друга как подробностью описания уровня загрязнения воздуха, так и объемом используемой исходной информации. Общим для всех этих моделей является то, что в качестве источников выбросов, рассматриваются не отдельные автомобили с работающими двигателями (движущиеся или стоящие на месте), а совокупности автомобилей, движущихся или располагающихся на некоторой территории. В нашей стране используются подходы для расчета поступления компонентов автотранспортных выбросов, которые нашли отражение в целом ряде рекомендованных методик расчетов [7-9]. Однако, регламентированные расчетные схемы не позволяют оценивать поступление металлов с выбросами автотранспорта. Это можно объяснить наличием неизвестных, неучтенных в модели факторов, оказывающих, тем не менее, непосредственное влияние на эмиссию, а также невыясненным до конца характере их взаимосвязи и при расчете эмиссий металлов [10]. Использование инновационных информационных технологий - нейронных сетей, позволяет решить данную проблему, так как в подобных моделях автоматически учитывать как явные, так и скрытые зависимости между исходными данными [11]. Модели, полученные с использованием нейросетевых технологий, способны адаптироваться в динамично изменяющихся условиях, учитывать как априорную, так и апостериорную информацию об исследуемом объекте, использовать не только классический математический аппарат, но и возможности современных информационных технологий. В результате нейросетевые модели

Тунакова Юлия Алексеевна, доктор химических наук, заведующая кафедрой общей химии и экологии.

E-mail: juliarprof@mail.ru.

Новикова Светлана Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики. E-mail: sweta72@bk.ru.

Шагидуллин Артур Рифгатович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. E-mail: Artur.Shagidullin@tatar.ru

имеют намного более высокую точность и адекватность, чем расчетные методы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для расчета поступления металлов с выбросами автотранспорта при нашем непосредственном участии в ретроспективе лет были получены данные инвентаризации передвижных источников загрязнения по автомагистралям г. Казани, по поручению Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Наблюдения с целью определения состава и интенсивности транспортных потоков проводилось в часы пиковой транспортной нагрузки (с 8.00 до 10.00 и с 17.00 до 19.00 в рабочие дни) в течение 20 минут на каждом дорожном участке согласно перечню, приведенному ниже. Перечень обследованных участков дорожной сети города включал 266 улиц, поделенных на 573 участка. Таким образом, исследованиями нагруженности и марочного состава транспортного потока была охвачена вся территория г. Казани. В процессе наблюдений фиксировалось количество проезжающих транспортных единиц с разделением на типы (легковые, автофургоны, микроавтобусы, автобусы, грузовые с различной полной массой). Полученные таким образом данные о составе и интенсивности транспортных потоков использовались для расчета концентраций металлов, поступающих с выбросами автотранспорта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований была спроектирована и обучена при помощи нейропакета Excel Neural Package нейронная сеть для расчета и прогнозирования концентрации металлов в зоне действия автомагистралей в зависимости от интенсивности транспортного потока следующей структуры:

- Количество слоев - 3;
- Тип активационной функции: сигмоидальная (гиперболический тангенс);
- Число нейронов в скрытом слое - 5;
- Порядок нелинейности нейронов скрытого и выходного слоев - 1.

Процесс обучения заключался в последовательном предъявлении обучающих примеров. При предъявлении обучающего примера на входе сеть выдает некоторый ответ, не обязательно верный. Известен и правильный ответ (по данным экспериментальных наблюдений). В зависимости от полученной разницы между правильным и полученным ответом итеративно подстраиваются синапсы сети. Один и тот же пример можно предъявлять сети много раз. После многократного предъявления примеров веса сети стабилизируются, и нейронная сеть дает правильные

ответы на все примеры из базы данных. В этом случае можно говорить о том, что сеть обучена.

После этого готовую нейронную сеть можно эксплуатировать в реальных условиях. При изменении автотранспортного потока новые значения интенсивностей движения подаются на входы сети. Так как сеть уже «обучена» правильно рассчитывать концентрации загрязняющих веществ, то на выходе она даст довольно верные прогнозируемые значения концентраций. В дальнейшем ее можно применять многократно с самыми различными входными значениями, и каждый раз результаты будут получены с высокой точностью. Искусственная сеть становится своеобразным «экспертом», который на основании собственного «опыта» может давать ответы на однотипные «вопросы».

Таким образом, спроектированная и обученная на массивах экспериментальных данных нейронная сеть способна не только рассчитывать концентрации загрязняющих веществ, поступающих с транспортным потоком с высокой точностью, но и получать достоверные прогнозные значения концентраций при изменении интенсивности движения транспортных потоков.

Массив экспериментальных данных для обучения нейросети был получен согласно РД 52.04.186-89 (п.3.4.6 «косвенные методы исследования уровня загрязнения атмосферы») на основании определения содержания металлов в снежном покрове в зоне влияния автомагистралей на территории г. Казани.

На территории г. Казани была заложена сеть из точек отбора проб, при этом густота сети отбора составляла не менее 1 точки на 1 км². Отбор проб проводился при помощи трубчатого отборника собственной конструкции, изготовленного из полимерного материала. Отбор проб снега проводился в местах без видимых следов нарушения естественного залегания снежного покрова непосредственно в зоне действия исследуемых автомагистралей. На каждом пункте методом конверта отбиралось 5 проб на всю глубину снежного покрова, затем составлялся смешанный образец.

Определялось содержание металлов, присутствующих в выбросах автотранспорта (Cd, Pb, Cu, Zn) методом атомно-абсорбционной спектроскопии, одним из наиболее селективных, воспроизводимых и относительно недорогих методов, позволяющий быстро, с высокой точностью проводить определение содержания металлов. В результате были получены концентрации металлов (мг/л), которые находятся в растворимой (водная фаза) и условно не растворимой при данных условиях (твердая фаза) формах. Одновременно рассчитывалось содержание металлов в твердом остатке (мг/кг пыли).

При проверке адекватности результатов, по-

лученных в результате работы спроектированной и обученной на массиве экспериментальных данных нейросети, рассогласование экспериментальных и расчетных данных составила в среднем 4%, что показано на рис. 1.

Вид сформированной и обученной сети типа «двухслойный перцептрон» с семью входами показан на рис. 2.

При сравнении полученных расчетных значений по исследуемым автомагистралям г. Казани с тестирующей выборкой были получены следующие результаты:

1. Максимальная разница между расчетными и экспериментальными значениями концентраций Pb, Cd, Cu, Zn, составила 0,0007 мг/л.

2. Минимальная разница между расчетными и экспериментальными значениями концентраций Pb, Cd, Cu, Zn, составила 0,00001 мг/л.

На основании приведенных данных можно сделать следующее заключение. Спроектированная нейросеть пригодна для расчетов и прогнозирования поступления металлов в результате движения автотранспортных средств в придорожный слой в зависимости от интенсивности движения автотранспорта и его марочного состава. Точность расчетов при применении нейросети на порядок выше точности, достигаемой используемыми расчетными методами. По результатам численных экспериментов по большому перечню автомагистралей в г. Казани спроектированная нейросеть показала хорошие результаты, что позволяет ее использовать как для последующих расчетов по автомагистралям г. Казани, так и для расчетов концентраций металлов, поступающих в приземный слой атмосферного воздуха после настройки по другим автомагистралям и в других городах.

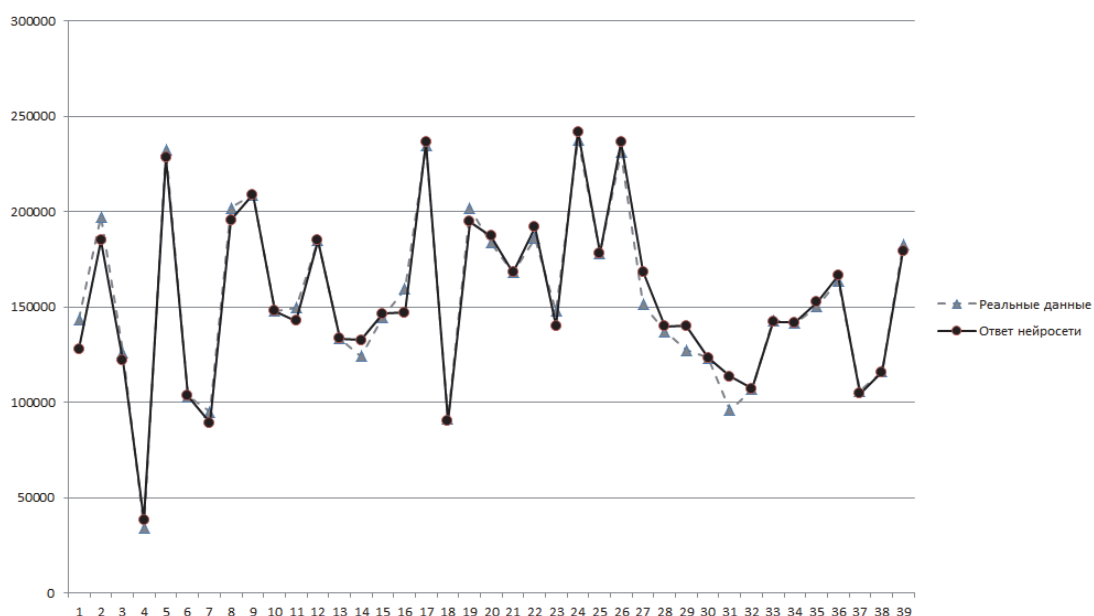


Рис. 1. Расхождение между ответами сети и экспериментальными данными

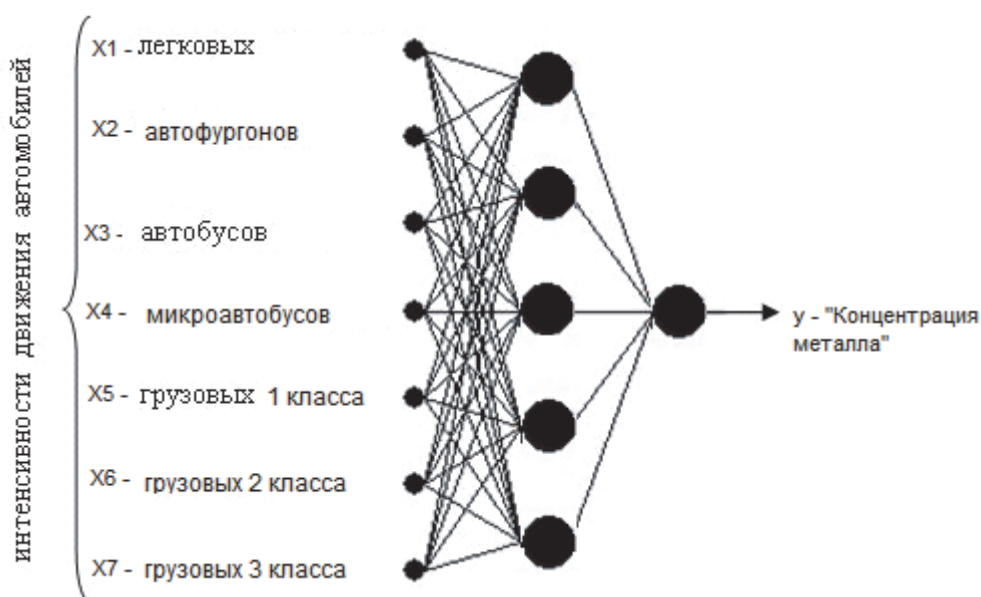


Рис. 2. Топология нейронной сети для расчета концентраций металлов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение точности расчетов приземных концентраций примесей в зоне действия полимерных производств (на примере оксида углерода) / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, Р.А. Шагидуллина, А.Р. Шагидуллин // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 179-180.
2. Методология нормирования приоритетных загрязняющих веществ в компонентах урбоэкосистемы (монография) / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, В.С. Валиев, Р.А. Шагидуллина. Казань: Отечество, 2014, 158 с.
3. Методология нормирования приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе крупных промышленных центров (монография) / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, В.С. Валиев, Р.А. Шагидуллин, А.Р. Шагидуллин. Казань: Отечество, 2014. 154 с.
4. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С. Методология нормирования приоритетных загрязняющих веществ в зоне действия полимерных производств // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 23. С. 147-151.
5. Полуэктова М.М. Определение зоны распространения загрязняющих веществ, поступающих в приземный слой атмосферы с выбросами городского автотранспорта (на примере отдельных городов России) // Информационный бюллетень №2 (32): «Вопросы охраны атмосферы от загрязнения», НПК «Атмосфера». СПб, 2005.
6. Ложкин В.Н., Буренин Н.С., Полуэктова М.М. и др. Обоснование некоторых перспективных направлений исследований в области контроля загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения: Информационный бюллетень №2 (36). СПб.: НПК «Атмосфера», 2007. С.5-27.
7. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб.: НИИ Атмосферы, 1999. 35 с.; Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. М.: ОАО «НИИАТ», 2008, Согласована письмом Ростехнадзора № 70К-46/853 от 07.12.2006 г.
8. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автодорог и мостовых переходов, М., 1995. - 76с.;
9. Методика расчета выбросов автотранспорта вблизи регулируемого перекрестка и оценки их воздействия на атмосферный воздух Санкт-Петербурга, – СПб., 2006.
10. Новикова С.В., Тунакова Ю.А. Использование нейросетевых технологий для целей прогноза высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1.
11. Новикова С.В., Тунакова Ю.А. Методика редукции многослойного перцептрона (на примере экологического прогнозирования) // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2010. № 3. С126-129.

WAYS OF ASSESSMENT OF INTAKE OF METALS WITH EMISSIONS OF MOTOR TRANSPORT BY MEANS OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

© 2016 Yu.A. Tunakova¹, S.V. Novikova¹, A.R. Shagidullin²

¹ Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev

² Institute of Environmental Problems and Subsurface Use of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan

Receipt of components of emissions from motor transport happens at small height, to small speed in a prizemny layer of air, at the level of breath of the person. These conditions of emissions cause complexity of modeling of dispersion of components of emissions. In article approaches are considered and results of use of the innovative information technologies allowing to solve the specified problem with a big share of accuracy are given.

Keywords: Emissions, metals, neural network modeling, concentration

Yulia Tunakova, Ph. D., Head at the General Chemistry and Ecology Department. E-mail: juliaprof@mail.ru

Svetlana Novikova, Ph. D., Professor, of Applied Mathematics and Informatics Department. E-mail:sweta72@bk.ru.

Artur Shagidullin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Research Fellow.

E-mail: Artur.Shagidullin@tatar.ru