

## УДК 502.175:[502.3:504.5]

С. З. ПОЛИЩУК<sup>1\*</sup>, В. Ю. КАСПИЙЦЕВА<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Отопление, вентиляция и качество воздушной среды», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, Днепро, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-92, эл. почта ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID 0000-0002-6473-253X

<sup>2\*</sup>Каф. «Отопление, вентиляция и качество воздушной среды», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, Днепро, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-92, эл. почта ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID 0000-0001-5977-106X

## ПОДСИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Цель.** Научная работа посвящена усовершенствованию методики прогноза качества атмосферного воздуха при выборе от стационарных источников загрязнения и от передвижных источников загрязнения. Выбор цели связан с тем, что в последнее время усилились требования к качеству прогнозной информации о состоянии атмосферного воздуха, что влечет за собой модернизацию существующих прогнозных методик. В работе проведено усовершенствование блока оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха в системе регионального экологического мониторинга для повышения уровня экологической безопасности при планировании и застройке территорий. Усовершенствованный блок служит для определения показателей качества атмосферного воздуха и состояния его ресурсного потенциала. **Методика.** Для решения поставленной задачи использован комплексный метод исследований, который заключается в системном анализе и обобщении существующих исследований по проблеме оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха, применении индуктивного метода при построении иерархической системы моделей. При определении показателей верхнего уровня использован метод экспертных оценок. Для решения дифференциальных уравнений аэродинамики и массопереноса применяются конечно-разностные методы. **Результаты.** Разработана структура прогнозного блока по атмосферному воздуху в системе экологического мониторинга. Выполнены исследования показателей качества атмосферного воздуха и состояния его ресурсного потенциала с использованием разработанных моделей. **Научная новизна.** Авторами обосновано использование иерархического ряда математических моделей для комплексной оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха в сценариях социо-эколого-экономического развития и градостроительной деятельности регионов, что позволяет повысить уровень их экологической безопасности на этапе выполнения проектно-поисковых работ. **Практическая значимость.** Представленный комплекс моделей позволяет обеспечить оценку и прогноз состояния атмосферного воздуха в системе экологического мониторинга с учетом природно-климатических, социально-экономических особенностей регионов, их ресурсного потенциала и комплексных показателей устойчивого развития территорий. Предложенный подход может быть использован в системе мониторинга, как крупных мегаполисов, так и малых городов. Он может служить инструментом по экспертной оценке внедрения в городах различных природоохранных мероприятий.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферы; экологическая безопасность; ресурсный потенциал; мониторинг

### Введение

На сегодняшний день Днепропетровская область является наиболее характерным примером техногенно нагруженных регионов.

Согласно статданным почти 80 % выбросов вредных веществ дают Кривой Рог, Днепр и Каменское, поскольку именно в этих городах размещен основной промышленный потенциал области и они имеют значительный парк передвижных источников. Через Днепропетровскую область проходят 2 международных и 3 нацио-

нальные автомагистрали. До недавнего времени Днепр был одним из немногих областных центров, не имеющих объездных дорог, что негативно влияло на состояние окружающей среды.

По данным наблюдений в последние годы Кривой Рог, Днепр и Каменское входят в число 15 городов страны с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Такая ситуация была обусловлена по большей части повышенным содержанием специфических вредных веществ, таких как формальдегид, фенол, фтористый водород, аммиак, а из числа основных

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

примесей – взвешенных веществ, диоксида азота, оксида углерода [7, 11].

Экологическая ситуация усугубляется тем, что выбросы в атмосферу осуществляются неравномерно, а преимущественно в промышленных зонах.

Объемы выбросов вредных веществ от стационарных источников в расчете на квадратный километр территории области составили свыше 22 т. В отдельных городах этот показатель значительно превышает средний по облас-

ти (Кривой Рог – в 30 раз, Каменское – в 28, Днепр – в 9 раз) [13].

Динамика выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников, а также по отдельным видам автотранспорта предприятий Днепропетровской области по данным Главного областного управления статистики за период с 1992 года по 2015 год представлена на рис. 1 и 2 соответственно [11, 13].

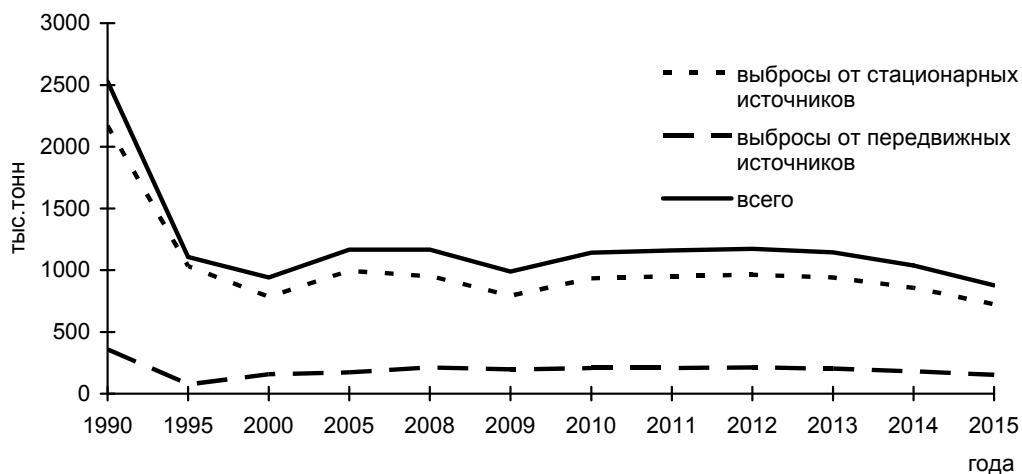


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников выбросов по Днепропетровской области за период 1990-2015 гг.

Fig. 1. Dynamics of emissions of contaminants from the stationary and movable sources of emissions in the Dnepropetrovsk region for 1990-2015 years

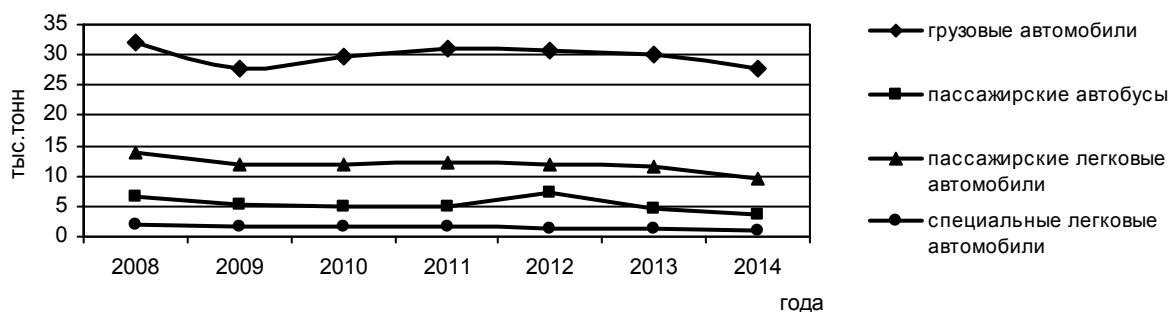


Рис. 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от отдельных видов автотранспорта предприятий области

Fig. 2. Dynamics of air emissions of contaminants from separate types of motor transport of enterprises in the region

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

В сложившейся ситуации эффективная работа региональной системы экологического мониторинга является одной из необходимых мер по стабилизации и улучшению состояния окружающей природной среды.

### Цель

Усиление прогнозных функций мониторинга, в частности по атмосферному воздуху, является необходимым условием при выборе оптимального сценария градостроения. Такая задача должна рассматриваться комплексно с учетом природно-ресурсного и промышленного потенциала, эффективности природоохранных мероприятий и медико-биологических показателей (здоровье населения). Для решения этой задачи широко используются математические модели [1, 4, 14–20].

Целью данной работы является усовершенствование блока оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха в системе регионального экологического мониторинга для повышения уровня экологической безопасности при планировании и застройке территорий.

### Методика

Территории регионов, даже небольших по площади, с их хозяйственными, социальными и природными процессами развития, несомненно, представляют собой большие сложные системы, обладающие свойствами стохастичности и иерархичности структуры.

Стохастичность поведения системы определяется тем, что все показатели ее по своей природе и ввиду наличия ошибок исходных данных являются случайными величинами, случайный характер носят и протекающие в системе процессы [12]. К ним относятся хозяйственное, социальное развитие территории и развитие природной среды под воздействием тех или иных сценариев.

Аналогично можно выделить иерархию в природной среде. Свойство изменчивости во времени ярко выражено во всех структурах рассматриваемой системы: непрерывно изменяется хозяйственная деятельность, социум, природная среда.

Таким образом, для описания социо-эколого-экономического развития территории необходимо создавать не одну модель, а целую

иерархическую систему взаимосвязанных моделей. Стратегия развития региона может быть выбрана только на основании прогноза последствий от внедрения различных альтернативных сценариев развития, поскольку эксперименты по реализации этих вариантов на реальных территориях чреваты возможными негативными результатами для окружающей среды и населения.

Одним из элементов моделирующего комплекса является атмосферный воздух, характеристика которого формируется на основании решения задачи оценки и прогноза загрязнения воздуха для сложившейся хозяйственной деятельности и заданного (выбранного) сценария развития региона на некоторый спрогнозированный период времени. Для комплексной оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха и предназначена разрабатываемая многоуровневая математическая модель [10].

В соответствии с такой технологией поиска решения проблемы возникают и соответствующие требования к подсистеме оценки и прогноза загрязнения атмосферного воздуха, которая должна содержать перечисленные выше уровни информационно-математического обеспечения.

Согласно принятой методологии, программное обеспечение подсистемы прогноза и оценки загрязнения атмосферного воздуха, также как и математическое, имеет многоуровневую структуру, включающую в себя определение состояния ресурсных показателей и показателей качества воздуха, модели определения интегрального показателя загрязнения атмосферы, распространения пассивных примесей, модели распространения загрязнений от мощных точечных источников, построения полей концентраций и изолиний по данным измерений [3, 8, 9], а также методику ОНД-86 (программа «ЭОЛ-ПЛЮС»), рекомендованную Министерством экологии и природных ресурсов [5].

Структура программного обеспечения подсистемы оценки и прогноза загрязнения атмосферного воздуха в системе экологического мониторинга «Приднепровье» представлена в работе [10].

Данный комплекс моделей использует в качестве исходных данных характеристики хозяйственной деятельности, качества жизни, защищенности атмосферного воздуха, его физи-

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

ческого и химического загрязнения, а также данные мониторинга. Результаты расчета по моделям позволяют оценить уровень качества атмосферного воздуха с учетом состояния его ресурсного потенциала в связи с социально-экономическими показателями.

Для оптимизации работ по системе экологического мониторинга «Приднепровье» и улучшению координации между ее абонентами были разработаны формы представления информации в Центр управления мониторингом [6].

Поступление данных согласно разработанным формам, позволяет обеспечить унификацию накапливаемой информации, а также ее интеграцию, что послужит основой формирования банка экологических данных, а не только информационно-справочной системы, использование которой создает определенные трудности для потребителей за счет снижения оперативности в ее эксплуатации. Использование базы данных будет также способствовать повышению объективности контроля и прогноза состояния окружающей природной среды, что сочетается с высокой скоростью получения информации и, соответственно, своевременным принятием адекватных решений [2], поскольку сформированная и постоянно пополняющаяся база послужит основой информационного обеспечения выработки управленческих решений по природопользованию и природоохранной деятельности.

В общей сложности разработано 62 формы для самых различных организаций и ведомств, владеющих (или получающих) экологическую информацию. Эти формы прошли согласование в тех организациях, которые являются поставщиками соответствующей информации. Среди этих форм информацию об атмосферном воздухе содержат 27. Это данные о метеоусловиях в случае чрезвычайных ситуаций и на весь период восстановительных работ, результаты наблюдений загрязнения атмосферы на стационарных постах и подфакельных наблюдений в зоне деятельности предприятий, результаты радиационного контроля, уровень суммарного загрязнения воздушного бассейна в жилых районах, данные о катастрофоопасных объектах и катастрофоопасных ситуациях, данные об образовании, использовании и обезвреживании промышленных отходов на предприятиях области, данные о наличии и движении токсич-

ных отходов по отдельным веществам по городам области, интенсивность движения автотранспорта, выбросы в атмосферу от стационарных и передвижных источников в крупных городах области.

Информация, представленная в формах, позволяет, обеспечить исходными данными модели распространения пассивных примесей и распространения загрязнений от мощных точечных источников. Данные для моделей определения состояния ресурсного потенциала и качества атмосферного воздуха эти формы могут обеспечить лишь частично, поскольку в них нет данных о физическом загрязнении (акустическом, шумовом, электромагнитном), интенсивности перемещения воздушных масс, способности разложения в атмосферном воздухе вредных веществ (ультрафиолетовая радиация, влияние гроз), уровне ионизации атмосферного воздуха. Этой информацией было бы желательно дополнить формы, данные для которых обеспечивают Центр по гидрометеорологии и система экологического мониторинга г. Днепр. Также отсутствует информация экономического характера. Введение таких данных позволило бы обеспечить из форм представления информации в Центр управления мониторингом полноценную работу пакета с учетом всех региональных, социальных, экономических и экологических особенностей рассматриваемой территории.

Первоначальный этап исследований состоит в определении сводных интегральных показателей состояния ресурсного потенциала и качества атмосферного воздуха в условиях рассматриваемой территории в данный момент времени, включающих основные системообразующие их показатели и значения показателей, являющихся нормой для данной территории [3]. При этом защищенность атмосферы для различных ландшафтно-климатических условий определяется в каждом конкретном случае в зависимости от показателей ее степени (незащищенная, слабая, условная и надежная).

Для достижения поставленной цели разработаны структура и состав показателей состояния ресурсного потенциала и качества воздуха, методика агрегирования и нормирования показателей, способ определения весовых коэффициентов показателей с использованием экспертных оценок, а также показателей для усло-

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

вий рассматриваемой территории.

Эти математические модели позволяют отразить основные связи и зависимости реального объекта, позволить в общем определиться с направлением развития региона без детальной характеристики составляющих социально-природно-техногенного комплекса, в том числе без особой территориальной детализации. Они предназначены для предварительной сравнительной оценки сценариев развития региона с точки зрения влияния их на загрязнение атмосферного воздуха. Считается, что такие модели могут быть использованы на этапе проектно-поисковых работ по разработке задач реформирования, структурной перестройки и развития региона.

### Результаты

Разработана структура прогнозного блока по атмосферному воздуху в системе экологического мониторинга. Выполнены исследования показателей качества атмосферного воздуха и состояния его ресурсного потенциала с использованием разработанных моделей. Результаты расчетов представлены в работах [3, 8, 9].

### Научная новизна и практическая значимость

Обоснованно использование иерархического ряда математических моделей для комплексной оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха в сценариях социо-эколого-экономического развития и градостроительной деятельности регионов, что позволяет повысить уровень их экологической безопасности на этапе выполнения проектно-поисковых работ.

С использованием комплексных показателей разработан блок оценки и прогноза загрязнения атмосферного воздуха в системе экологического мониторинга.

### Выводы

Представленный комплекс моделей позволяет обеспечить оценку и прогноз состояния атмосферного воздуха в системе экологического мониторинга с учетом природно-климатических, социально-экономических особенностей регионов, состояния ресурсного потенциала атмосферы и комплексных показателей устойчивого развития территорий.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев, Н. Н. Математическое моделирование в задачах экологической безопасности и мониторинга чрезвычайных ситуаций : монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. – Днепропетровск : Акцент ПП, 2013. – 159 с.
2. Еремеев, А. П. Экспертные модели и методы принятия решений : учеб. пособие по курсу «Теория и методы принятия решений» / А. П. Еремеев ; ред. В. Н. Вагин. – Москва : Моск. энергет. ин-т, 1995. – 110 с.
3. Каспийцева, В. Ю. Оценка защищенности территорий от атмосферных загрязнений при планировании и застройке / В. Ю. Каспийцева // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 76 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 143–147.
4. Машихина, П. Б. Моделирование распространения примеси в атмосфере с учетом рельефа местности / П. Б. Машихина // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 27. – С. 138–142.
5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий : ОНД-86. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1987. – 76 с.
6. Методические подходы к выбору стратегии устойчивого развития территории : в 2 т. / под науч. ред. А. Г. Шапаря ; ИППЭ НАН Украины. – Днепропетровск, 1996. – Т. 2. – 170 с.
7. Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні у 2014 році [Електронний ресурс] : [веб-сайт М-ва екології та природ. ресурсів України]. – Електрон. текст. дані. – [Київ, 2015]. – Режим доступа: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2014.pdf>. – Загл. с экрана. – Проверено : 31.03.2017.
8. Полищук, С. З. Прогноз распространения загрязнений в атмосфере от мощных точечных источников / С. З. Полищук, В. Ю. Каспийцева // Зб. наук. пр. Нац. гірн. ун-ту. – Дніпропетровськ, 2015. – № 49. – С. 218–223.
9. Полищук, С. З. К вопросу визуализации полей показателей экологического состояния атмосферного воздуха на региональном уровне / С. З. Полищук, В. Ю. Каспийцева // Строительство, материаловедение

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

- ние, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2016. – Вып. 92 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 104–108.
10. Полищук, С. З. Оценка и прогноз качества атмосферного воздуха на региональном уровне / С. З. Полищук, В. Ю. Каспийцева // Вісн. Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. : зб. наук. пр. / Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – Дніпро, 2016. – № 8 (221). – С. 65–71.
  11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2014 рік [Электронный ресурс] : [веб-сайт М-ва екології та природ. ресурсів України]. – Електрон. текст. дані. – [Київ, 2015]. – Режим доступа: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/4756-rehionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnoho-prirodnoho-seredovyshcha-u-2014-rotsi>. – Загл. с экрана. – Проверено : 31.03.2017.
  12. Седж, Э. Н. Оптимальное управление системами / Э. Н. Седж, Ч. С. Уайт ; пер. с англ. Е. Б. Левиной, Ю. С. Шинакова ; под ред. Б. Р. Левина. – Москва : Радио и связь, 1982. – 392 с.
  13. Екологічний паспорт Дніпропетровської області за 2015 рік [Электронный ресурс] : [веб-сайт М-ва екології та природ. ресурсів України]. – Електрон. текст. дані. – [Київ, 2016]. – Режим доступа: [http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/dniprotrovska/Dnipropetrovska\\_ekopasport\\_2015.pdf](http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/dniprotrovska/Dnipropetrovska_ekopasport_2015.pdf). – Загл. с экрана. – Проверено : 31.03.2017.
  14. Artificial neural networks forecasting of PM 2.5 pollution using air mass trajectory based geographic model and wavelet transformation / F. Xiao, Q. Li, Y. Zhu [et al.] // Atmospheric Environment. – 2015. – Vol. 107. – P. 118–128. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.02.030/.
  15. Biliaiev, M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography / M. Biliaiev ; In: Steyn D., Trini Castelli S. (eds.) // Air Pollution Modeling and its Application XXI. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. – Dordrecht : Springer, 2011. – P. 87–91. doi: 10.1007/978-94-007-1359-8\_15.
  16. Bougoudis, I. Fuzzy inference ANN ensembles for air pollutants modeling in a major urban area: the case of Athens / I. Bougoudis, L. Iliadis, A. Papaleonidas ; In: V. Mladenov, C. Jayne, L. Iliadis (eds.) // Engineering Applications of Neural Networks. EANN 2014. Communications in Computer and Information Science. – Cham : Springer, 2014. – Vol. 459. – P. 1–14. doi: 10.1007/978-3-319-11071-4\_1.
  17. Bougoudis, I. HISYCOL a hybrid computational intelligence system for combined machine learning: the case of air pollution modeling in Athens / I. Bougoudis, K. Demertzis, L. Iliadis // Neural Computing and Applications. – 2016. – Vol. 27. – Iss. 5. – P. 1191–1206. doi:10.1007/s00521-015-1927-7.
  18. Graber, W. K. Real time modeling as an emergency decision support system for accidental release of air pollutants / W. K. Graber, F. Gassmann // Mathematics and Computers in Simulation (MATCOM). – 2000. – Vol. 52. – Iss. 5/6. – P. 413–426. doi: 10.1016/s0378-4754(00)00164-6.
  19. Meroney, R. N. Perspectives on air pollution aerodynamics / R. N. Meroney // Proc. of the 10<sup>th</sup> Intern. Wind Engineering Conf., Copenhagen, Denmark, June 21–25, 1999. – Rotterdam : Balkena, 1999. – P. 79–90.
  20. Montavon, C. Validation of non-hydrostatic numerical model to simulate stratified wind fields over complex topography / C. Montavon // Proc. of the 2nd European & African Conf. on Wind Engineering, Palazzo Ducale, Genova, Italy, June 22–26, 1997. – Padova : SGE, 1997. – P. 357–362.

С. З. ПОЛИЩУК<sup>1\*</sup>, В. Ю. КАСПІЙЦЕВА<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Опалення, вентиляція і якість повітряного середовища», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756 34 92, ел. пошта [ov@mail.pgasa.dp.ua](mailto:ov@mail.pgasa.dp.ua), ORCID 0000-0002-6473-253X

<sup>2\*</sup>Каф. «Опалення, вентиляція і якість повітряного середовища», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24а, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756 34 92, ел. пошта [ov@mail.pgasa.dp.ua](mailto:ov@mail.pgasa.dp.ua), ORCID 0000-0001-5977-106X

## ПІДСИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

**Мета.** Наукова робота присвячена удосконаленню методики прогнозу якості атмосферного повітря при викиді від стаціонарних джерел забруднення та від пересувних джерел забруднення. Вибір мети пов'язаний з тим, що останнім часом посилюються вимоги до якості прогнозної інформації про стан атмосферного повітря, що тягне за собою модернізацію існуючих прогнозних методик. В роботі проведено удосконалення бло-

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

ку оцінки та прогнозу стану атмосферного повітря в системі регіонального екологічного моніторингу для підвищення рівня екологічної безпеки при плануванні та забудові територій. Вдосконалений блок служить для визначення показників якості атмосферного повітря та стану його ресурсного потенціалу. **Методика.** Для розв'язання диференціальних рівнянь аеродинаміки і масопереносу застосовуються кінцево-різницькі методи. Для вирішення поставленої задачі використано комплексний метод досліджень, який полягає в системному аналізі та узагальненні існуючих досліджень із проблеми оцінки та прогнозу стану атмосферного повітря, застосування індуктивного методу при побудові ієрархічної системи моделей. При визначенні показників верхнього рівня використаний метод експертних оцінок. Для розв'язання диференціальних рівнянь аеродинаміки та масопереносу вживаються кінцево-різницькі методи. **Результати.** Авторами розроблена структура прогнозного блоку по атмосферному повітрю в системі екологічного моніторингу. Виконано дослідження показників якості атмосферного повітря та стану його ресурсного потенціалу з використанням розроблених моделей. **Наукова новизна.** Обґрунтовано використання ієрархічного ряду математичних моделей для комплексної оцінки та прогнозу стану атмосферного повітря в сценаріях соціо-еколого-економічного розвитку та містобудівної діяльності регіонів, що дозволяє підвищити рівень їх екологічної безпеки на етапі виконання проектно-пошукових робіт. **Практична значимість.** Представлений комплекс моделей дозволяє забезпечити оцінку та прогноз стану атмосферного повітря в системі екологічного моніторингу з урахуванням природно-кліматичних, соціально-економічних особливостей регіонів, їх ресурсного потенціалу та комплексних показників сталого розвитку територій. Запропонований підхід може бути використаний у системі моніторингу, як великих мегаполісів, так і малих міст. Він може служити інструментом по експертній оцінці впровадження в містах різних природоохоронних заходів.

*Ключові слова:* забруднення атмосфери; екологічна безпека; ресурсний потенціал; моніторинг

S. Z. POLISCHUK<sup>1\*</sup>, V. Y. KASPIJCTEVA<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Dep. «Heating, Ventilation and Quality of Air Environment», State Higher Education Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskiy St., 24a, Dnipro, Ukraine, 49600, tel. +38 (056) 756 34 92, e-mail ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID 0000-0002-6473-253X

<sup>2\*</sup>Dep. «Heating, Ventilation and Quality of Air Environment», State Higher Education Establishment «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskiy St., 24a, Dnipro, Ukraine, 49600, tel. +38 (056) 756 34 92, e-mail ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID 0000-0001-5977-106X

## SUBSYSTEM OF MODELS OF ECOLOGICAL MONITORING FOR ESTIMATION OF THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR

**Purpose.** The article is devoted to the improvement of the method of forecasting the quality of atmospheric air when discharging from stationary sources of pollution and from mobile sources of pollution. The choice of the goal is due to the fact that recently the requirements to the quality of the forecast information of the atmospheric air have increased, which entails the modernization of existing forecast methods. The work has improved the unit for assessing and forecasting the state of atmospheric air in a system of regional environmental monitoring to improve the level of environmental safety in the planning and development of territories. The improved unit serves to determine the quality indices of atmospheric air and the state of its resource potential. **Methodology.** For the decision of the put task the complex method of researches, which consists in the analysis of the systems and generalization of existent researches after the problem of estimation and prognosis of the state of atmospheric air, use of objective method at the construction of the hierarchical system of models, is utilized. For determination of indexes the method of expert estimations is top level used. For the solution of differential equations of aerodynamics and mass transfer uses finite-difference methods. **Findings.** The structure of prognosis block is developed on atmospheric air in the system of the ecological monitoring. Researches of indexes of quality of atmospheric air and state of its resource potential are executed with the use of the developed models. **Originality.** The use of a hierarchical series of mathematical models for a comprehensive assessment and prediction of the state of atmospheric air in scenarios of socio-ecological and economic development and urban development activities of the regions is justified by the authors, which makes it possible to raise the level of their ecological safety at the stage of carrying out design and prospecting works. **Practical value.** The presented complex of models allows to estimate and forecast the state of atmospheric air in the system of environmental monitoring, taking into account the natural and climatic, socio-economic characteristics of the regions, their resource potential and integrated indicators of sustainable development of the

## ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

territories. The proposed approach can be used in the monitoring system, both large megacities and small towns. It can serve as a tool for expert assessment of the implementation of various environmental measures in cities.

*Keywords:* contamination of atmosphere; ecological safety; resource potential; monitoring

## REFERENCES

1. Biliaiev, M. M., Gunko, Y. Y., & Mashyhina, P. B. (2013). *Matematicheskoye modelirovaniye v zadachakh ekologicheskoy bezopasnosti i monitoringa chrezvychaynykh situatsiy*. Dnipropetrovsk: Aktsent PP.
2. Yermeev, A. P. (1995). *Ekspertnyye modeli i metody prinyatiya resheniy*. Moscow: MPEI.
3. Kaspijcteva, V. Y. (2014). Estimation of security of territories from atmospheric pollution at planning and building. *Construction. Material Science. Mechanical Engineering. Series: Energy, ecology, computer technologies in building*, 76, 143-147.
4. Mashyhina, P. B. (2009). The distribution modeling of impurities in the atmosphere with taking into account of terrain. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 27, 138-142.
5. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, sodержashchikhsya v vybrosakh predpriyatiy, OND-86 Goskomitet SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoy sredy (1986). Retrieved from <http://dnaop.com/html/31047/doc-D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F-86/>
6. Shapar, A. G. (Ed.). (1996). *Metodicheskiye podkhody k vyboru strategii ustoychivogo razvitiya territorii* (Vol. 2). Dnipropetrovsk: Instytut problem pryrodokorystuvannia ta ekolohii.
7. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. (2016). *Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho seredovyshcha v Ukraini u 2014 rotsi*. Kyiv: FOP Hrin D.S. Retrieved from <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2014.pdf>
8. Polischuk, S. Z., & Kaspijcteva, V. Y. (2015). Estimation of Atmospheric Pollution Spread from Powerful Point Sources. *Collection of Research Papers of National Mining University*, 49, 218-223.
9. Polischuk, S. Z., & Kaspijcteva, V. Y. (2016). Visualization of the fields of indexes of the ecological state of atmospheric air at regional level. *Construction. Material Science. Mechanical Engineering. Series: Energy, ecology, computer technologies in building*, 92, 104-108.
10. Polischuk, S. Z., & Kaspijcteva, V. Y. (2016). Estimation and prognosis of quality of atmospheric air at regional level. *Bulletin of Prydniprov's'ka State Academy Civil Engineering and Architecture*, 8(221), 65-71.
11. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. (2015). *Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Dnipropetrovskii oblasti za 2014 rik*. Kyiv. Retrieved from <http://www.menr.gov.ua/dopovidi/regionalni/4756-rehionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnoho-pryrodnoho-seredovyshcha-u-2014-rotsi>
12. Sage, A. P., & White, C. C. (1982). *Optimalnoye upravleniye sistemami* (Y. B. Levina, Y. S. Shinakov, Trans.). Moscow: Radio i svyaz.
13. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. (2016). *Ekolohichnyi pasport Dnipropetrovskoi oblasti za 2015 rik*. Retrieved from [http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/dnipropetrovska/Dnipropetrovska\\_ekopasport\\_2015.pdf](http://www.menr.gov.ua/docs/protection1/dnipropetrovska/Dnipropetrovska_ekopasport_2015.pdf)
14. Feng, X., Li, Q., Zhu, Y., Hou, J., Jin, L., & Wang, J. (2015). Artificial neural networks forecasting of PM 2.5 pollution using air mass trajectory based geographic model and wavelet transformation. *Atmospheric Environment*, 107, 118-128. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.02.030/
15. Biliaiev, M., & Kharytonov M. M. (2011). Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography. In D. Steyn, S. Trini Castelli (eds.) *Air Pollution Modeling and its Application XXI. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security* (pp. 87-91). Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-007-1359-8\_15
16. Bougoudis, I., Iliadis, L., & Papaleonidas, A. Fuzzy inference ANN ensembles for air pollutants modeling in a major urban area: the case of Athens. In: V. Mladenov, C. Jayne, & L. Iliadis (Eds.). *Engineering Applications of Neural Networks. EANN 2014. Communications in Computer and Information Science*, 459. Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-11071-4\_1
17. Bougoudis, I., Demertzis, K., & Iliadis, L. (2016). HISYCOL a hybrid computational intelligence system for combined machine learning: the case of air pollution modeling in Athens. *Neural Computing and Applications*, 27(5), 1191-1206. doi: 10.1007/s00521-015-1927-7
18. Graber, W. K., & Gassmann, F. (2000). Real time modeling as an emergency decision support system for accidental release of air pollutants. *Mathematics and Computers in Simulation (MATCOM)*, 52(5-6), 413-426. doi:10.1016/s0378-4754(00)00164-6



ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

---

19. Meroney, R. N. (1999). Perspectives on air pollution aerodynamics. *Proceedings of the 10th International Wind Engineering Conference, Copenhagen, Denmark, June 21-25, 1999*. 79-90. Rotterda: Balkena.
20. Montavon, C. (1997). Validation of non-hydrostatic numerical model to simulate stratified wind fields over complex topography. *Proceedings of the 2nd European & African Conference on Wind Engineering, Palazzo Ducale, Genova, Italy, June 22-26, 1997*. 357-362. Padova: SGE.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Н. Н. Беляевым (Украина); д.т.н., проф. А. С. Беликовым (Украина)*

Поступила в редколлегию: 23.12.2016

Принята к печати: 24.03.2017