

УДК 504.3.054+504.064.2

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

ПОЛИЩУК С. З.^{1*}, д. т. н, проф.,

КАСПИЙЦЕВА В. Ю.^{2*}, соиск.

^{1*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

^{2*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5977-106X.

Аннотация. Постановка проблемы. Проблема качества атмосферного воздуха занимает особое место среди проблем охраны окружающей природной среды. Это обусловлено прежде всего жизненной необходимостью атмосферного воздуха для всего живого на Земле, влиянием состояния атмосферы на глобальные климатические процессы и биосферу в целом за счет огромной подвижности воздушных масс, с которыми могут переноситься вредные примеси. Особенно актуальны эти вопросы для старопромышленных регионов, где уровень антропогенного воздействия достиг критической величины. К таким регионам относится и Днепропетровская область. При разработке эколого-экономических сценариев развития таких регионов и их территориальных составляющих возникает необходимость в определении возможных последствий антропогенных процессов, которые происходят (или могут происходить) в атмосферном воздухе. Это требует усиления прогнозных функций экологического мониторинга, в частности, по атмосферному воздуху, при планировании и застройке территорий, при выборе оптимального сценария градостроительства. **Цель работы** - усовершенствовать подсистему оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха на примере СЭМ «Приднепровье» Днепропетровской области посредством введения комплекса математических моделей, ориентированных на крупный промышленный регион, который позволит при наличии критериев и показателей получить как статистическую (для краткосрочного прогноза в период устойчивых атмосферных процессов), так и динамическую оценку состояния атмосферного воздуха, прогноз изменений параметров атмосферного воздуха и распространения загрязняющих веществ, а также их влияния на окружающую среду и человека. **Вывод.** Предложенный подход позволяет учесть комплексные показатели устойчивого развития, территориальный, отраслевой, социальный, экономический и экологический, временной аспекты, возможности атмосферного воздуха как полиресурса, обеспечивает прогноз и оценку состояния атмосферного воздуха в системе регионального экологического мониторинга при выборе и реализации стратегии устойчивого эколого-экономического развития территории.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязнение воздушного бассейна, ресурсный потенциал, оценка качества, прогноз состояния, мониторинг

ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

ПОЛИЩУК С. З.^{1*}, д. т. н, проф.,

КАСПИЙЦЕВА В. Ю.^{2*}, здобувач.

^{1*} Кафедра опалювання, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

^{2*} Кафедра опалювання, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5977-106X.

Анотація. Постановка проблеми. Проблема якості атмосферного повітря посідає особливе місце серед проблем охорони навколишнього природного середовища. Це зумовлено перш за все життєвою необхідністю атмосферного повітря для всього живого на Землі, впливом стану атмосфери на глобальні кліматичні процеси і біосферу в цілому за рахунок величезної рухливості повітряних мас, з якими можуть переноситися шкідливі домішки. Особливо актуальні ці питання для старопромилових регіонів, де рівень антропогенної дії досяг критичної величини. До таких регіонів належить і Дніпропетровська область. Під час розроблення еколого-економічних сценаріїв розвитку таких регіонів та їх територіальних складових виникає необхідність у визначенні можливих наслідків антропогенних процесів, які відбуваються (або можуть відбуватися) в атмосферному повітрі. Це вимагає посилення прогнозних функцій екологічного моніторингу, зокрема, щодо атмосферного повітря, під час планування і забудови територій, для вибору оптимального сценарію містобудування. **Мета роботи** - вдосконалити підсистему оцінки і прогнозу стану атмосферного повітря на

прикладі СЕМ «Придніпров'я» Дніпропетровської області за допомогою введення комплексу математичних моделей, орієнтованих на великий промисловий регіон, який дозволить за наявності критеріїв і показників отримати як статистичну (для короткострокового прогнозу в період стійких атмосферних процесів), так і динамічну оцінку стану атмосферного повітря, прогноз змін параметрів атмосферного повітря і розповсюдження забруднювальних речовин, а також їх впливу на навколишнє середовище і людину. **Висновок.** Запропонований підхід дозволяє врахувати комплексні показники сталого розвитку, територіальний, галузевий, соціальний, економічний і екологічний, часовий аспекти, ресурсні можливості атмосферного повітря, забезпечує прогноз і оцінку стану атмосферного повітря в системі регіонального екологічного моніторингу під час вибору та реалізації стратегії сталого еколого-економічного розвитку території.

Ключові слова: *атмосферне повітря, забруднення повітряного басейну, ресурсний потенціал, оцінка якості, прогноз стану, моніторинг*

ESTIMATION AND PROGNOSIS OF QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR AT REGIONAL LEVEL

POLISCHUK S. Z.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

KASPIJCTEVA V. YU.^{2*}, *competitor*

^{1*} Department of Heating, Ventilation and Quality of Air Environment, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6473-253X.

^{2*} Department of Heating, Ventilation and Quality of Air Environment, State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: ov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5977-106X.

Summary. Raising of problem. The problem of quality of atmospheric air takes a special place among problems of protection of a surrounding environment. It is caused first of all by vital necessity of atmospheric air for all alive on the Earth, influence of a condition of an atmosphere on global climatic processes and biosphere as a whole due to huge mobility of air weights with which harmful impurity can be transferred. These questions for industrial regions where the level of anthropogenous influence has reached critical size are especially actual. The Dnepropetrovsk area concerns to such regions also. By development of scripts of development of such regions and their territorial components there is a necessity for definition of possible consequences of anthropogenous processes, which occur (or can occur) in atmospheric air. It demands strengthening prognostic functions of ecological monitoring, in particular on atmospheric air, at planning and building of territories, at a choice of the optimum script of town-planning. **Purpose.** To improve a subsystem of an estimation and the forecast of a condition of atmospheric air on an example of system of ecological monitoring «Pridneprov'e» the Dnepropetrovsk area by means of introduction of a complex of the mathematical models focused on large industrial region which will allow at presence of criteria and parameters to receive as statistical (for the short-term forecast during steady atmospheric processes), and dynamic estimations of a condition of atmospheric air, the forecast of changes of parameters of atmospheric air and distribution of polluting substances, and also their influence on an environment and the person. **Conclusion.** The offered approach allows to consider complex parameters of steady development, territorial, branch, social, economic and ecological, time aspects, opportunities of atmospheric air as a polyresource, provides the forecast and an estimation of a condition of atmospheric air in system of regional ecological monitoring at a choice and realization of strategy of steady ecological and economic development of territory.

Keywords: *atmospheric air, pollution of air pool, resource potential, an estimation of quality, the forecast of a condition, monitoring*

Постановка проблеми. Проблема качества атмосферного воздуха занимает особое место среди проблем охраны окружающей природной среды. Это обусловлено прежде всего жизненной необходимостью атмосферного воздуха для всего живого на Земле, влиянием состояния атмосферы на глобальные климатические процессы и биосферу в целом за счет огромной подвижности воздушных масс, с которыми могут переноситься вредные примеси.

Особенно актуальны эти вопросы для старопромышленных регионов, где уровень антропогенного воздействия достиг критической величины. К таким регионам относится и Днепропетровская область. На ее территории добывается около 80 % железной и 100 % марганцевых руд общегосударственных запасов. Здесь сосредоточено до 40 % мощностей черной металлургии Украины, 11 % электроэнергетики, около 5 % машиностроения.

При разработке эколого-экономических сценариев развития таких

регионов и их территориальных составляющих возникает необходимость в определении возможных последствий антропогенных процессов, которые происходят (или могут происходить) в атмосферном воздухе. Это требует усиления прогнозных функций экологического мониторинга, в частности, по атмосферному воздуху, при планировании и застройке территорий, при выборе оптимального сценария градостроительства [1]. При этом в соответствии с законодательством об охране окружающей природной среды [2] становятся приоритетными направления экологической безопасности.

На основе современных представлений о качестве атмосферного воздуха и трансформации загрязняющих веществ возникает необходимость в создании такой математической модели для блока оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха, которая бы учитывала территориальную и отраслевую специфику рассматриваемого региона, а также медицинский, социальный, экологический и рыночный аспекты при решении задач по оценке загрязненности атмосферного воздуха, а полученные с ее помощью результаты позволили бы определиться с выработкой эффективной программы регионального развития и проанализировать перспективы развития региона.

Проведенный анализ существующих математических моделей распространения примесей в атмосферном воздухе свидетельствует о недостаточности предлагаемых решений для использования их при описании региона как единой социо-эколого-экономической системы. Кроме того, создать единую модель атмосферных процессов, пригодную для любого региона с его специфическими промышленными и природными характеристиками достаточно сложно. Наиболее предпочтительной здесь является составная прогностическая модель, основанная на наборе определенных модулей, которые могут быть использованы как отдельно, так и в совокупности в зависимости от детальности и длительности прогноза, а также сложности атмосферных процессов.

Цель статьи. В связи с этим предлагается усовершенствовать подсистему оценки и прогноза состояния атмосферного воздуха на примере системы экологического мониторинга (СЭМ) «Приднепровье» Днепропетровской области посредством введения комплекса математических моделей, ориентированных на крупный промышленный регион, который позволит при наличии критериев и показателей получить как статистическую (для краткосрочного прогноза в период устойчивых атмосферных процессов), так и динамическую оценку состояния атмосферного воздуха, прогноз изменений параметров атмосферного воздуха и распространения загрязняющих веществ, а также их влияния на окружающую среду и человека.

Материал и методы исследований. Подсистема «Математические прогнозные модели» в составе СЭМ «Приднепровье» 1-й очереди представлена стандартной методикой ОНД-86 [3], и одной моделью оценки и прогноза распространения загрязняющих веществ в атмосфере от мощных точечных источников выбросов вредных элементов [4]. Решение по этим моделям позволяет построить поля загрязнений с учетом метеоусловий.

Предлагаемый новый структурный ряд, позволяющий обеспечить прогнозный блок, приведен на рисунке.

Верхний уровень в предлагаемой структуре - это определение интегральных показателей состояния ресурсного потенциала и качества атмосферного воздуха.

Структура обобщенных интегральных показателей состояния ресурсного потенциала и качества атмосферного воздуха представлена тремя основными уровнями агрегирования: обобщенная интегральная оценка, макропоказатели, базовые показатели. При определении макропоказателей и базовых показателей используется метод экспертной оценки.

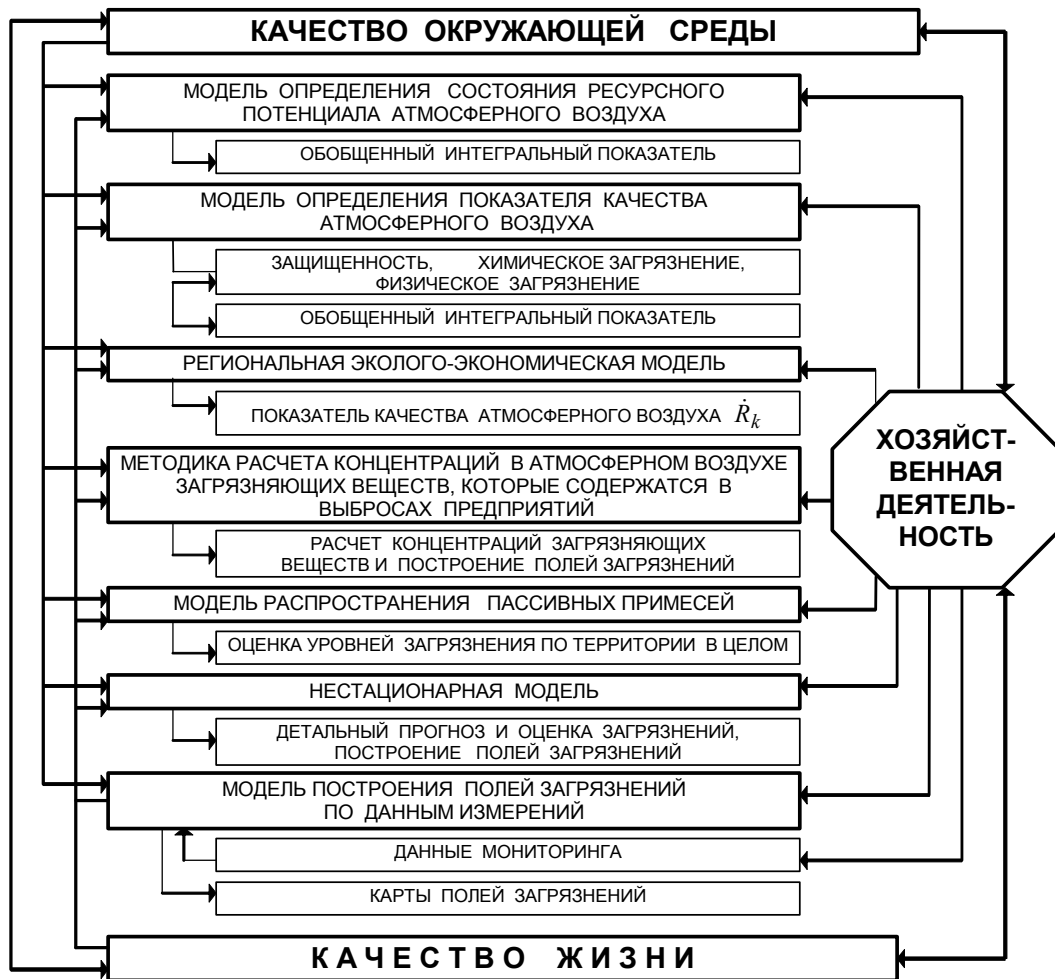


Рис. Структурная схема программного обеспечения подсистемы прогноза и оценки загрязнения атмосферного воздуха

Показатель состояния ресурсного потенциала представлен следующим составом макропоказателей: ресурс жизни, макроэнергетический ресурс, ресурс транспортной среды, ресурс полезных химических веществ. Состав макропоказателей в обобщенном интегральном показателе качества имеет вид: защищенность атмосферного воздуха территории, показатель химического загрязнения воздуха, показатель физического загрязнения.

Методические подходы к определению показателей и основные зависимости изложены в [5]. Каждая составляющая обобщенных интегральных показателей характеризуется одним приведенным безразмерным показателем, который изменяется в интервале от 0 до 1. Величины показателей характеризуются в соответствии с единой унифицированной шкалой.

Предложенные выше модели отражают основные связи и зависимости реального объекта и позволяют в целом определиться с направлением развития региона без подробной детализации составляющих социально-природно-техногенного комплекса, в том числе и территориальной.

Методически зависимость между показателями устойчивого развития и качеством окружающей среды, в том числе и атмосферного воздуха, может быть описана с помощью методики, разработанной в ИППЭ НАН Украины [6].

Экологический блок модели с математической точки зрения представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих изменение значений показателей состояния природной среды R_k , в данном случае

атмосферного воздуха, с течением времени:

$$\frac{dR_k}{dt} = G_{k,1} + G_{k,2} + G_{k,3} + r_k^u + r_k^э,$$

где: $G_{k,1}$ - естественные превращения величины R_k под действием компонент окружающей среды;

$G_{k,2}$ - убыль R_k за счет поглощающих факторов внутри региона;

$G_{k,3}$ - образование R_k за счет внутренних источников;

r_k^u - приток R_k из-за пределов района;

$r_k^э$ - отток R_k за пределы района.

В качестве слагаемых $G_{k,1}$, $G_{k,2}$, $G_{k,3}$ принимались: изменение показателей в результате взаимного влияния природных компонент друг на друга, изменение показателей за счет работы природоохранных отраслей, изменение показателей под действием работы промышленности, изменение показателей, обусловленных жизнедеятельностью населения. Сценарии развития региона, входящие в экологический блок комплексной модели, определяют величины $G_{k,1}$, $G_{k,2}$, $G_{k,3}$ и таким образом влияют на решение исходного уравнения.

Математическая модель распространения пассивных примесей [7] позволяет получить более детальную характеристику загрязненности территории региона, оценить ее в целом. Модель основана на использовании уравнения турбулентной диффузии, в предположении о квазистационарности изменений концентраций загрязняющих веществ.

Для получения детальной характеристики уровней загрязненности атмосферного воздуха для экологически опасных объектов предназначена модель, которая уже присутствует в прогнозном блоке (1-я очередь) [4]. Она основана на раздельном решении динамической (определение компонент вектора скорости во времени и пространстве) и диффузионной (задача переноса вредных примесей) задач.

Для обеспечения возможности оперативного контроля спрогнозированного загрязнения и оценки состояния воздушного бассейна при решении задач техногенной

безопасности предназначена модель визуализации и прогноза полей загрязнений атмосферного воздуха [8]. Схема реализации модели основана на использовании метода интерполирования и разложения по естественным ортогональным функциям информации о загрязнении окружающей среды, поступающей с постов наблюдения, который нашел применение при решении подобных задач.

Численные исследования по оценке состояния ресурсного потенциала и показателей качества атмосферного воздуха проведены для условий Днепропетровской области. Выполнен количественный прогноз их изменений при различных сценариях развития региона.

В результате установлено, что в целом значение обобщенного интегрального показателя ресурсного потенциала соответствует благополучному состоянию и составляет около 0,8. Значение обобщенного интегрального показателя качества атмосферного воздуха Днепропетровской области составляет 0,49, что отвечает удовлетворительному состоянию.

С использованием модели распространения пассивных примесей выполнена оценка защищенности территории Днепропетровска от атмосферных загрязнений и предоставлены рекомендации по сохранению и возобновлению естественного состояния атмосферного воздуха, созданию благоприятных условий для жизнедеятельности жителей. Рассчитан ассимиляционный потенциал территории города и определен размер ассимиляционного резерва при расчете компенсирующей стоимости зеленых насаждений, которые нейтрализуют вредные выбросы в атмосферный воздух.

Ассимиляционный резерв подстилающей поверхности города по газообразным примесям составляет 0,22–0,43. Это свидетельствует о том, что подстилающая поверхность города не в состоянии нейтрализовать вредные

примеси, поступающие из атмосферы. Город нуждается в увеличении площади зеленых насаждений - компенсирующего озеленения. Поэтому актуальной становится проблема поддержки 30-километровой защитной зеленой полосы вокруг города, что позволит увеличить ассимиляционный резерв территории.

При решении задач экологической безопасности с использованием модели распространения примесей от мощных точечных источников выполнен прогноз возможных последствий крупных аварийных ситуаций для Вольногорского горно-металлургического комбината. На основе полученных результатов предоставлены рекомендации по эффективной и экологически безопасной эксплуатации складов сильнодействующих ядовитых веществ.

При разработке Программы по снижению загрязнения атмосферного воздуха основными предприятиями-загрязнителями г. Днепропетровска на 2008-2015 годы выполнен анализ качества атмосферного воздуха города и предоставлены рекомендации по сохранению и восстановлению естественного состояния атмосферного воздуха, созданию

благоприятных условий для жизнедеятельности, обеспечения экологической безопасности и предотвращения влияния вредных примесей на здоровье жителей города и окружающую природную среду. Предложен показатель обеспечения надежности выполнения санитарно-гигиенических нормативов для расчета показателя риска от загрязнения атмосферного воздуха. С приведенной экспериментальной оценкой хорошо согласовываются и результаты оценки качества атмосферного воздуха Днепра и области по методике верхнего уровня.

Вывод. Исходя из вышеизложенного можно заключить, что предложенный в статье подход, позволяющий учесть комплексные показатели устойчивого развития, территориальный, отраслевой, социальный, экономический и экологический, временной аспекты, возможности атмосферного воздуха как полиресурса, обеспечивает прогноз и оценку состояния атмосферного воздуха в системе регионального экологического мониторинга при выборе и реализации стратегии устойчивого эколого-экономического развития территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17 лютого 2011 р. № 3038-VI / Верховна Рада України // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.
2. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16 жовтня 1992 р. № 2707-XII / Верховна Рада України // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>.
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: ОНД-86: Утв. Председателем Госкомитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 4 августа 1986 г. № 192. – Введ. 1987 - 01 - 01; взамен СН 369-74 // ДНАОП. Законодавча база. – Ленинград : Гидрометеоиздат. – 76 с. – Режим доступа: <http://dnaop.com/html/31047/doc--%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F-86/>.
4. Прогноз распространения химических загрязнителей в атмосферном воздухе / С. З. Полищук, И. Л. Ветвицкий, А. И. Кораблева, В. О. Петренко, Н. Н. Переметчик, В. Ю. Каспийцева // Качество воздушной среды помещений: изучение, формирование, контроль и прогноз. – Днепропетровск : ЧМП «Экономика», 2009. – Глава 6. – С. 199–211.
5. Каспийцева В. Ю. Оценка защищенности территорий от атмосферных загрязнений при планировании и застройке / В. Ю. Каспийцева // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 76 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 143–147.
6. Методические подходы к выбору стратегии устойчивого развития территории : в 2 - х томах. Т. 2 / под научн. ред. проф., д.т.н. А. Г. Шапаря / ИППЭ НАН Украины. – Днепропетровск, 1996. – 170 с.
7. Каспийцева В. Ю. Оценка рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере промышленного региона / В. Ю. Каспийцева // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр.

акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 62 : Безопасность жизнедеятельности. – С. 189–194.

8. Каспийцева В. Ю. Прогноз и визуализация полей показателей экологического состояния атмосферного воздуха по данным измерений / В. Ю. Каспийцева // Проблемы и перспективы использования геоинформационных технологий в горном деле : докл. II Междунар. науч.-практ. конф. 15 - 17 мая 2000 г. / Мин-во образования и науки Украины. – Днепропетровск, 2000. – С. 232–235.

REFERENCES

1. Verkhovna Rada Ukrainy. *Pro rehulivannia mistobudivnoi diialnosti: Zakon Ukrainy vid 17 liutoho 2011 r. № 3038-VI* [About adjusting of town-planning activity: Law of Ukraine from February, 17 in 2011 no. 3038-VI]. Verkhovna Rada Ukrainy. Ofitsiyni veb-portal [Verkhovna Rada of Ukraine. Official web-portal]. Available at: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>. (in Ukrainian).
2. Verkhovna Rada Ukrainy. *Pro okhoronu atmosfernoho povitria: Zakon Ukrainy vid 16 zhovtnia 1992 r. № 2707-XII* [About the atmospheric air safety: Law of Ukraine from October, 16 in 1992 no. 2707-XII]. Verkhovna Rada Ukrainy. Ofitsiyni veb-portal [Verkhovna Rada of Ukraine. Official web-portal]. Available at: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>. (in Ukrainian).
3. DNAOP. Zakonodavcha baza. *Metodika rascheta kontsentratsii v atmosfernom vozdukh vrednykh veshchestv, sodержashchihsva v vybrosakh predpriyatii: OND-86: Utv. Predsedatelem Goskomiteta SSSR po gidrometeorologii i kontrolyu prirodnoy sredy 4 avgusta 1986 g. № 192* [The calculation method of concentrations in the atmospheric air of harmful matters contained in the enterprises waste: OND-86: Ratified by the state Committee chairman of the USSR on hydrometeorology and control of natural environment of Augusts, 4, 1986 no. 192]. *Vved. 1987 - 01 - 01; vzamen SN 369-74* [Entered 1987 - 01 - 01; in exchange of the Construction Standards 369–74]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 76 p. Available at: <http://dnaop.com/html/31047/doc--%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F-86/>. (in Russian).
4. Polishchuk S.Z., Vetvitskiy I.L., Korableva A.I., Petrenko V.O., Peremetchik N.N. and Kaspiytseva V.Yu. *Prognoz rasprostraneniya khimicheskikh zagryazniteley v atmosfernom vozdukh* [A prognosis of chemical contamination sources distribution in the atmospheric air]. *Kachestvo vozdushnoy sredy pomeshcheniy: izuchenie, formirovanie, kontrol' i prognoz* [The air environment quality of apartments: study, forming, control and prognosis]. Dnepropetrovsk: ChMP «Ekonomika», 2009, chapter 6, pp. 199–211. (in Russian).
5. Kaspiytseva V.Yu. *Otsenka zashchishchennosti territoriy ot atmosferykh zagryaznenij pri planirovanii i zastroyke* [Estimation of territories safety from atmospheric pollution at planning and building]. *Energetika, ekologiya, kompyuternye tekhnologii v stroitel'stve* [Energetics, ecology, computer technologies in construction]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie: sb. nauch. tr.* [Collection of scientific papers: Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. akad. str-va i arkhitektury [Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2014, iss 76, pp. 143–147 (in Russian).
6. Shapar' A.G. *Metodicheskie podkhody k vyboru strategii ustoychivogo razvitiya territori: v 2-kh tomakh* [Methodical approaches to a strategy choice of steady territory development: in 2 volumes] IPPYe NAN Ukrainy [Institute for Nature Management and Ecology of NAS of Ukraine]. Dnepropetrovsk, 1996, vol. 2, 170 p. (in Russian).
7. Kaspiytseva V.Yu. *Otsenka rasseivaniya vybrosov zagryaznyayushchikh veshhestv v atmosfere promyshlennogo regiona* [The dispersion estimation of polluting substances emissions in atmosphere of industrial region]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Life Safety]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie: sb. nauch. tr.* [Collection of scientific papers: Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. akad. str-va i arkhitektury [Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2011, iss. 62, pp. 189–194 (in Russian).
8. Kaspiytseva V.Yu. *Prognoz i vizualizatsiya poley pokazateley ekologicheskogo sostoyaniya atmosfernoogo vozdukha po dannym izmereniy* [Fields prediction and visualization of environmental air condition indicators according to measurements]. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya geoinformatsionnykh tekhnologiy v gornom dele: dokl. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 15-17 maya 2000 g.* [Problems and prospects of geoinformation technologies use in mining: report of the second International Scientific-Practical Conference, on May, 15-17th, 2000]. Min-vo obrazovaniya i nauki Ukrainy [Ministry of Education and Science of Ukraine]. Dnepropetrovsk, 2000, pp. 232–235 (in Russian).

Рецензент: д-р т. н., проф. Беліков А. С.

Надійшла до редколегії: 01.06.2016 р.

Прийнята до друку: 14.07.2016 р.