© И.А. Попова, 2016

УДК
622.4:504

И.А. Попова

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТРОПОЛИТЕНА

Общий уровень загрязнения в подземном пространстве метро может превосходит уровень загрязнения атмосферного воздуха города в зависимости от степени загрязнения района размещения воздухозаборников и интенсивности внешних источников загрязнения. Для обеспечения нормативной чистоты атмосферы метрополитена в настоящее время применяются различные виды воздухозащитных мероприятий. Одна часть которых основана на применения различных видов фильтров для очистки воздуха от загрязняющих веществ. Другая – на разбавлении загрязненного техногенного воздуха свежей струей. Третья – на создании искусственных изолированных систем воздухообеспечения и т.п. Все эти направления деятельности характеризуются различной эффективностью очистки (защиты) воздуха, а с другой – различными по объему и затратами на их проведение. Поскольку организация применения различных видов методов и их комплексов по защите атмосферы метро в различных по степени загрязненности районах города является процессом постоянного совершенствования, предложен новый методический подход и инструментарий позволяющий определять приоритеты в этой сфере деятельности.

Ключевые слова: экология города, мероприятия по защите воздуха метрополитена, эколого-экономическая оценка вариантов защиты атмосферы метро.

Все мы знаем, что экологическая обстановка в мире ухудшается с каждым днем. Мы дышим воздухом, в котором присутствуют промышленные выбросы, выхлопные газы автомобилей, продукты переработки мусоросжигающих заводов (фенолы, формальдегиды, диоксиды). Концентрация этих веществ в воздухе достигла угрожающих масштабов [1].

В результате мониторинга воздуха тридцати крупных российских городов многими исследователями установлено его негативное и даже опасное влияние на жизнь горожан.

Так высокий и очень высокий уровень загрязнения атмосферы был зафиксирован в 123 городах России, где проживает более половины городского населения страны. В тридцати наиболее «грязных» из них постоянно живет около 18,7 млн человек или приблизительно 13% всего населения страны.

В список из этих тридцати городов, попали Москва, Екатеринбург, Кызыл, Курган, Златоуст, Магнитогорск и др.

По некоторым оценкам от ухудшения состояния окружающей среды, роста заболеваемости и смертности населения Россия ежегодно теряет 4–6% ВВП [2].

Высокая загрязненность атмосферы в крупных городах России влечет за собой дополнительные проблемы в обеспечении нормативной чистоты воздуха в транспортных системах мегаполисов и, прежде всего, в наиболее крупных из них – метрополитенах.

Метрополитен является одной из главных системообразующих транспортных структур, которая способствует обеспечению экономического роста мегаполисов.

В сегодняшних условиях рыночной экономики осуществление проектов развития метрополитена происходит в окружении динамичной внутренней и внешней среды, которая оказывает на него непосредственное воздействие. Поэтому важно определить и учесть все возможные виды воздействия на проекты со стороны различных сфер жизнедеятельности города и состояния его окружающей природной среды.

В настоящее время линии метрополитена проектируется на основе генеральной схемы развития сети метрополитена города, разработанной в увязке с развитием всего городского транспорта.

В соответствии с генеральной схемой для проектируемой линии метрополитена устанавливают направление, протяженность, число и место расположения станций, депо, состояние окружающей природной среды и т. д.

В настоящее время в практике сооружения линий метро преобладает «скоростное» создаваемое открытым способом, где станции располагаются на земной поверхности или в геосфере с перекрытием или без перекрытия рабочего пространства. Значительно меньшей по масштабам является практика создания линий «легкого метро», где станции располагаются на (или над) земной поверхностью.

Выбор места расположения веток метро и способа их сооружения во многом зависит от текущих и перспективных потребностей в обеспечении скоростным и экологичным транспор-

том пассажиропотока развивающихся сегментов территорий мегаполиса, состояния и планов развития наземной (подземной) инфраструктуры и коммуникаций, потребностей в благоустройстве территорий, улучшении состояния окружающей среды и т.п.

Качество воздуха внутри метро является следствием ряда факторов, которые включают качество наружного воздуха, конструкцию системы вентиляции, принципы по котором эта система работает.

Источники поступления вредных веществ в атмосферу метрополитена могут быть внешними или внутренними.

К внешним источникам относятся атмосферные загрязнения от различных промышленных процессов, автомобильного движения, электростанций и т.п.

Среди источников внутреннего загрязнения можно указать на продукты дыхания пассажиров, различные выделения от материалов отделки составов и станций метрополитена, пыль и т.п.

При этом следует отметить, что современные научные данные показывают, что внутри помещений крупных городов загрязненность воздуха может быть в десятки раз выше, чем вовне.

Так, американское агентство по защите окружающей среды (EPA) считает, что загрязнение воздуха помещений мегаполисов является одной из пяти главных угроз здоровью.

Концентрация ряда веществ внутри метро по сравнению с улицей может быть ниже (оксиды серы, озон и свинец). Других (оксид и диоксид азота, оксид углерода, пыль) находятся на одном уровне.

В то же время концентрация летучих органических веществ внутри помещений значительно превышает их концентрацию в атмосферном воздухе.

Таким образом, общий уровень загрязнения воздуха внутри метро может превосходить уровень загрязнения атмосферного воздуха в зависимости от степени загрязнения воздуха в районе размещения воздухозаборников и интенсивности пассажиропотока.

Кроме того, большое значение для состояния воздуха в метрополитене имеют сезонные колебания температуры воздуха, а также стихийные природные катаклизмы, связанные с лесоторфяными возгораниями в прилегающих к мегаполису территориях.

Негативные факторы воздушной среды в метро вызывают неспецифические, но массовые нарушения здоровья: общее не-

домогание, снижение работоспособности, повышенную утомляемость.

Люди проводят много времени в метро и вынуждены дышать грязным воздухом, используя свои природные биофильтры – легкие. Взрослый человек вдыхает более 12 000 литров воздушной смеси в сутки. По оценкам ученых именно вдыхание такого тяжелого воздуха приводит к снижению внимания, ослаблению иммунитета и повышенной утомляемости.

В настоящее время для защиты техногенной атмосферы московского метрополитена применяется комплекс различных мероприятий. Среди них следует отметить такие как: системы вентиляции, целью которых является подача «свежего» воздуха во все участки подземного пространства в объемах достаточных для обеспечения его нормативной чистоты; системы кондиционирования воздуха в подвижных составах; систему профилактики (очистки) от пыли помещений станций метрополитена и подвижного состава.

Кроме этого в соответствии с практикой эксплуатации в метрополитенах других стран, для защиты воздуха в московском метрополитене могут применяться и такие мероприятия как:

- рационализация систем подачи воздуха в метро в соответствии с состоянием загрязненности атмосферы в различных районах города;
- применение различных фильтров очистки поступающего в метрополитен атмосферного воздуха;
- создание систем ограничения (блокирования) доступа атмосферного воздуха в подземное пространство на станциях метрополитена;
- создание систем сезонного кондиционирования воздуха на станциях метрополитена;
- создание систем очистки воздуха для подвижных составов, перемещающихся над земной поверхностью и т.п.

В соответствии с теоретическими представлениями эколого-экономическая результативность систем защиты воздуха метрополитена может быть определена на основе сравнения ущербов, возникающих в результате загрязнения воздуха, и затрат на проведение мероприятий по его защите [3, 4].

В соответствии с основным предназначением метрополитена – перевозки пассажиров, наиболее значимый ущерб, который может быть вызван загрязнением воздуха, сопряжен с негативными последствиями для здоровья пассажиров.

При этом величина ущерба зависит от концентрации загрязняющих веществ в техногенной атмосфере метрополитена, которые могут быть снижены за счет проведения различных защитных мероприятий [7, 8].

Поскольку отдельные воздухозащитные мероприятия характеризуются некоторым пределом их экономической эффективности, то при росте концентрации загрязняющих веществ в техногенной атмосфере метрополитена необходимо разработать новый методический подход позволяющий формировать рациональную комплексную систему защиты воздуха с учетом всех происходящих изменений [5, 6].

В результате проведенных изысканий автор пришел к выводу о необходимости применения методов имитационного моделирования для поиска эколого-экономически рациональных решений по формированию системы защиты воздуха метрополитена в различные периоды времени.

При этом в качестве целевой функции предлагается принять минимизацию суммы ущербов вызванных загрязнением воздуха и затратами на проведение воздухозащитных мероприятий в системе метрополитена.

В качестве ограничений модели предлагается принять следующие условия.

1. Условие достаточности средств на осуществление мероприятий по защите техногенного воздуха.

2. Условие экономической целесообразности проведения мероприятий по защите техногенного воздуха.

3. Условие соблюдения экологических нормативов [9–12].

Предложенная экономико-математическая модель позволит производить оценку эколого-экономической целесообразности различных вариантов систем воздухозащиных мероприятий для метрополитенов крупных городов в различные периоды времени, а также прогнозировать потребность в них для различных сценариев сезонных колебаний загрязненности атмосферы города и возможных природных катаклизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Попов С. М.*, *Каплунов В. Ю.*, *Пальянова Н. В.*, *Боравский Б. В.* О подходах к нормативно-правовому обеспечению регулирования использования природно-ресурсного потенциала в связи с утилизацией отходов горного производства в условиях кризиса // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ6. – 2009. – С. 339–342.

2. *Шевяков Т.* «Ф» — значит формальдегид. Lenta.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: 11 сентября 2014 г.

3. *Попов С. М.*, *Козлов О. В.* Основы эколого-экономического подхода по защите воздуха в объектах техносферной инфраструктуры мегаполиса. Эколого-экономические проблемы горного производства и развития топливно-энергетического комплекса России // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельные статьи (специальный выпуск). – 2012. – С. 81–85.

4. *Гридин В. Г.*, *Исмаилов Т. Т.*, *Калинин А. Р.*, *Кобяков А. А.*, *Корчак А. В.*, *Мясков А. В.*, *Петров И. В.*, *Попов С. М.*, *Стоянова И. А.*, *Умнов В. А.*, *Харченко В. А.* Экология: природа и общество – вопросы регулирования. Учебник. – М.: Изд. ООО «ТИД «Студент», 2011. – 255 с.

5. *Гридин В. Г.*, *Калинин А. Р.*, *Кобяков А. А.*, *Корчак А. В.*, *Мясков А. В.*, *Петров И. В.*, *Попов С. М.*, *Протасов В. Ф.*, *Стоянова И. А.*, *Умнов В. А.*, *Харченко В. А.* Экономика, организация, управление природными и техногенными ресурсами. – М.: изд-во «Горная книга», 2012. – 752 с.

6. *Боднарук Н. М.*, *Кобяков А. А.*, *Рыбак Л. В.*, *Попов С. М.*, *Стоянова И. А.* Экономика природопользования. Учебное пособие. – М., 2010. – 140 с.

7. *Ефимов В. И.*, *Коновалов Д. В.*, *Попов С. М.*, *Федяев П. М.* Государственно-частное партнерство – путь к решению инновационных задач перевода систем шахтного водоотлива на использование композитных материалов // Уголь. – 2014. – № 11. – С. 71–76.

8. *Болдырев А. А.*, *Попов С. М.* Методические основы решения эколого-экономических задач на примере предприятий центра России // Горный журнал. – 2007. – № 6. – С. 29.

9. *Савон Д. Ю.* Совершенствование системы платного природопользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 6. – С. 314–320.

10. *Савон Д. Ю.*, *Тибилов Д. П.* Управление инвестиционной деятельностью предприятия в области охраны окружающей среды и экологической безопасности на отходообразующих производствах угольной отрасли // Горный журнал. – 2014. – № 12. – С. 31–35.

11. *Тибилов Д. П.* Управление затратами в рамках современных систем планирования предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 2. – С. 73–78.

12. *Kalacheva L., Savon D.* Innovation activities of enterprises of the coal industry to improve productivity // Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management. – 2014. – № 2. – Pp. 11–15. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Попова Ирина Александровна – студент,
e-mail: indie_nacht@mail.ru,
НИТУ «МИСиС»

UDC
622.4:504

I.A. Popova

TO THE QUESTION ABOUT THE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF MEASURES ON PROTECTION OF ATMOSPHERIC AIR OF THE UNDERGROUND

Studies conducted in various sites of the Moscow metro, showed that their air contains dozens of chemicals. The General level of contamination in the underground space of the tube may exceed the level of air pollution of the city, depending on the degree of contamination of the placement of air intakes and intensity of external sources of contamination.

To ensure regulatory environment clean metro currently uses different kinds vozduhonosnykh events. One part of which is based on the application of various types of filters to clean the air from pollutants. The other is on the dilution of polluted technogenic fresh air stream. The third is on the creation of artificial isolated systems vozdukhoobespecheniya etc.

All these activities are characterized by different cleaning efficiency (protection) air, and on the other, different in scope and cost. As the application of various types of methods and their complexes for the protection of the atmosphere of the underground in various degrees of contamination of parts of the city is a process of continuous improvement, a new methodological approach and tools allowing to define the priorities in this field.

Key words: ecology of the city, measures on protection of air underground, ecological-economic assessment of options for the protection of the atmosphere underground.

AUTHOR

Popova I.A., Student, e-mail: indie_nacht@mail.ru,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. Popov S. M., Kaplunov V. Yu., Pal'yanova N. V., Boravskiy B. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten',* Special issue 6, 2009, pp. 339–342.
2. Shevyakov T. «F» — znachit formal'degid. *Lenta.ru*. accessed 11.09.2014.
3. Popov S. M., Kozlov O. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special edition. 2012, pp. 81–85.
4. Gridin V. G., Ismailov T. T., Kalinin A. R., Kobyakov A. A., Korchak A. V., Myaskov A. V., Petrov I. V., Popov S. M., Stoyanova I. A., Umnov V. A., Kharchenko V. A. *Ekologiya: priroda i obshchestvo voprosy regulirovaniya*. Uchebnik (Ecology, Nature and society regulation. Textbook), Moscow, Izd. OOO «TID «Student», 2011, 255 p.
5. Gridin V. G., Kalinin A. R., Kobyakov A. A., Korchak A. V., Myaskov A. V., Petrov I. V., Popov S. M., Protasov V. F., Stoyanova I. A., Umnov V. A., Kharchenko V. A. *Ekonomika, organizatsiya, upravlenie prirodnymi i tekhnogennymi resursam*i (Economics, organization, management of natural and man-made resources), Moscow, izd-vo «Gornaya kniga», 2012, 752 p.
6. Bodnaruk N. M., Kobyakov A. A., Rybak L. V., Popov S. M., Stoyanova I. A. *Ekonomika prirodopol'zovaniya*. Uchebnoe posobie (Economics. Tutorial), Moscow, 2010, 140 p.
7. Efimov V. I., Konovalov D. V., Popov S. M., Fedyaev P. M. *Ugol'*. 2014, no 11, pp. 71–76.
8. Boldyrev A. A., Popov S. M. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 6, pp. 29.
9. Savon D. Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 6, pp. 314–320.
10. Savon D. Yu., Tibilov D. P. *Gornyy zhurnal*. 2014, no 12, pp. 31–35.
11. Tibilov D. P. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2005, no 2, pp. 73–78.
12. Kalacheva L., Savon D. Innovation activities of enterprises of the coal industry to improve productivity. *Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management*. 2014, no 2, pp. 11–15.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ. ВЫПУСК 4.

Каплунов Давид Родионович[1] – член-корр. РАН, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, e-mail: kapdan@rambler.ru; *Рыльникова Марина Владимировна*[1] – д.т.н., профессор, зав. отделом, e-mail: rylnikova@mail.ru; *Олизаренко Владимир Владимирович*[2] – к.т.н., доцент, e-mail: volizarenko@mail.ru; *Корнеев Сергей Александрович*[2] – к.т.н., доцент, e-mail: korneev1977@bk.ru; *Мажитов Артур Маратович*[2] – к.т.н., ассистент, e-mail: artur.mazhitov@yandex.ru; *Линьков Сергей Александрович*[2] – к.т.н., доцент, e-mail: xx_linkov@rambler.ru; *Зубков Артем Анатольевич*[2] – к.т.н., ассистент, e-mail: Zubkob89@yandex.mail.ru; *Рыльников Алексей Геннадьевич*[1] – к.т.н., e-mail: rylnikov@mail.ru; *Грязнов Михаил Владимирович*[2] – к.т.н., доцент, e-mail: gm-autolab@mail.ru; *Абдрахманов Рушан Илдарович* – инженер-технолог, ОАО «ММК»; *Беленький Анатолий Матвеевич* – д.т.н., профессор, НИТУ «МИСиС»; *Бурсин Александр Николаевич* – инженер ООО «Энергомет», e-mail: energomet@misis.ru,
[1] ИПКОН РАН,
[2] Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова.

Представлены результаты исследований, выполняемых в рамках государственного контракта Российского научного фонда – грант № 14–17-00255. Показана возможность преобразования возобновляемой природной техногенной энергии в электрическую, направляемую в рудничную сеть, предложен комплекс мер для воспроизводства электроэнергии от потоков текущего в производственных условиях подземного рудника, разработана независимая система дополнительного электроснабжения рудника с аккумуляторной станцией для накопления электроэнергии внутри шахты, описаны теоретические основы возобновления энергии в ходе реализации геотехнических процессов с использованием теплового поля Земли, предложена логистическая концепция управления производственными процессами утилизации отходов добычи и переработки руд.

Ключевые слова: георесурсы, классификация, недра Земли, комплексное освоение, техногенное преобразование, энергетический георесурс, возобновляемые источники, горнотехническая система, энергетический потенциал, шахта, проветривание, поток, энергия, установка, турбина, колесо.

TERMS OF STABLE FUNCTIONING MINERAL FEED COMPLEX OF RUSSIA. NUMBER 2

Kaplunov D.R.[1], *Rylnikova M.V.*[1], *Olizarenko V.V.*[2], *Korneev S.A.*[2], *Mazhitov A.M.*[2], *Linkov S.A.*[2], *Zubkov A.A.*[2], *Rylnikov A.G.*[1], *Gryaznov M.V.*[2], *Abdrakhmanov R.I.*, JSC «MMK», Russia, *Belenkiy A.M.*, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, *Bursin A.N.*, LLC «Energomet»,
[1] Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, 111020, Moscow, Russia,
[2] Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, 455000, Magnitogorsk, Russia.

The book presents the results of studies performed in the framework of the state contract of the Russian science Foundation grant No. 14–17-00255. The possibility of natural or technogenic transformation of renewable energy into electrical energy, sent to mine the network proposed a set of measures for reproduction of electricity from current flows in a production environment of an underground mine, developed an independent system of power supply of the mine with the battery station to store electricity inside the mine, described the theoretical basis for the regeneration of energy during the implementation of geotechnical processes using thermal field of the Earth, proposed logistic concept of management of production processes of disposal of mining and ore processing.

Key words: georesources, classification, mineral resources, comprehensive exploitation, technogenic transformation, energy georesource, renewable source, mining system, the prospect of the renewable energy use, shaft, ventilation, flow, energy, fan, generator, turbine, wheel.