

**С.М. Попов, О.В. Козлов**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
РЕШЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ  
ЗАЩИТЫ ВОЗДУХА В ОБЪЕКТАХ  
ПОДЗЕМНОЙ ТЕХНОСФЕРЫ ГОРОДА**

В результате проведенных исследований в воздушной среде московских жилых и общественных зданий обнаружено около ста неорганических и органических химических соединений, относящихся к различным классам опасности. Среди летучих химических соединений, обнаруживаемых в воздухе чаще других, наиболее токсичны формальдегид, фенол, бензол, стирол, этилбензол, толуол, ксилол, альдегиды, ацетон, аммиак, этилацетат, оксиды азота, оксиды углерода. Кроме того, в воздухе зданий Москвы содержатся аэрозоли тяжелых металлов: свинца, кадмия, ртути, цинка, никеля, магния, хрома и др. Приведены результаты разработки основополагающих принципов организации деятельности по защите атмосферы объектов подземной техносферы мегаполисов. Типизированы виды влияния загрязненности техносферной атмосферы на результаты различных видов хозяйственной деятельности в подземном пространстве мегаполиса. Установлены зависимости величины ущербов и затрат для различных видов производственной деятельности, осуществляемой в объектах подземной инфраструктуры от загрязненной атмосферы для различных объектов подземной инфраструктуры города. Разработана экономико-математическая модель оценки эффективности вариантов организации защиты атмосферы подземных объектов города.

*Ключевые слова:* техногенная атмосфера, подземная инфраструктура мегаполиса, организация и экономика мероприятий по защите атмосферы.

---

**И**сследования, проведенные в различных объектах наземной и подземной техносферы города Москвы, показали, что в их воздухе содержится около сорока восьми химических веществ.

Общий уровень загрязнения в подземном пространстве превосходит уровень загрязнения атмосферного воздуха в 1,5–4 раза в зависимости от степени загрязнения последнего, района размещения и интенсивности внутренних источников загрязнения.

Для обеспечения нормативной чистоты атмосферы в объектах подземной инфраструктуры города в настоящее время применяются различные виды воздухозащитных мероприятий. Одна часть которых – основана на применении 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.[1].

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 техногенных объектов в различных по степени за-

грязненности районах города является процессом постоянного совершенствования, необходим новый научно обоснованный инструментарий позволяющий определять приоритеты в этой сфере деятельности [2].

Для установления структуры и взаимосвязей процессов влияющих на эффективность деятельности по защите атмосферы объектов подземной инфраструктуры города был проведен анализ позволивший весь комплекс взаимосвязей в исследуемо области.

В соответствии с полученными результатами анализа делан вывод о том, что для разработки объективного подхода к организации выбора мероприятий по защите атмосферы объектов подземной инфраструктуры города необходимо разработать новый научно обоснованный метод позволяющий производить комплексную оценку результатов этой деятельности.

Анализ возможных вариантов организации защиты атмосферы объектов подземной техносферы города с точки зрения их целесообразности для различных видов хозяйственной деятельности и жизнедеятельности населения города позволил сформулировать ряд основополагающих принципов, применение которых позволяет разработать новые методические подходы к решению проблемы управления организацией защиты техногенной атмосферы города в современных условиях [3].

В состав базовых принципов включены такие, как: принцип направленности, предопределяющий необходимость наличия цели использования различных мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города, для достижения которой предполагается выполнение комплекса необходимых для этого действий; принцип приоритетности, предполагающий необходимость из всех возможных направлений организации различных мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города выявлять наиболее значимые для жизнедеятельности города; принцип комплексности организации различных мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города предполагает возможность сочетания наиболее приоритетных (основных) направлений с другими, менее приоритетными; принцип адаптивности, предполагающий необходимость учета состояния рынка и окружающей природной среды в районе расположения, объектов подземной инфраструктуры города; принцип вариантности, который предполагает наличие вариантов организации мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города, определяемых возможными организационно-технологическими решениями, целями участвующих субъектов, состоянием потребительского рынка и т.п.; принцип системности, предполагающий рассматривать организацию мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города как сложную динамическую систему условий и отношений, а также необходимость их согласованности; принцип рациональности, который предполагает необходимость поиска наиболее рационального варианта организации различных мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города, учитывающего как имеющиеся для этого условия, так и интересы всех участвующих сторон; принцип регулируемости, предполагающий рассматривать организации различных мероприятий по защите атмосферы объектов подземной техносферы города как некоторый процесс. При этом предусматривается необходимость учета всех изменений, которые могут происходить с течением времени как в условиях, так и в отношениях участвующих субъектов. Поэтому следует периодически осуществлять переоценку установ-

ленных ранее вариантов защиты атмосферы в подземной техносфере города [4].

В результате проведенных исследований влияния загрязненности техносферной атмосферы на различные сферы хозяйственной деятельности в подземном пространстве мегаполиса, выявлены типовые виды организационно-экономических последствий, представленные в таблице.

В соответствии с выявленными видами организационно-экономических последствий от состояния техносферной атмосферы для различных сфер хозяйственной деятельности и принципами организации защиты техногенной атмосферы города в современных условиях, разработаны базовые инструменты для оценки вариантов такой деятельности [7, 8].

В дополнение к этому в рассматриваемом предложении в предпологается включить в круг рассматриваемых вопросов решение проблем по обеспечению кадровых потребностей для решения указанных выше задач [5].

**Характеристика влияния состояния техносферной атмосферы на ведение хозяйственной деятельности в подземном пространстве мегаполиса**

Виды организационно-экономических последствий влияния техносферной атмосферы на ведение хозяйственной деятельности в подземном пространстве мегаполиса	Характеристика соотношения ущербов от загрязнения техногенного воздуха и затрат на его очистку	Характеристика эколого-экономической результатов хозяйственной деятельности	
		на действующем объекте	на конкурентном объекте
А. Ведение работ на объекте подземного пространства без очистки техногенного воздуха	$0 \leq Y < Z_{\min}$	$0 < П - Y > П^*$	
Б. Прекращение работ на объекте подземного пространства для перехода на другой, более конкурентоспособный без очистки техногенного воздуха	$0 < Y < Z_{\min}$	$0 < П - Y < П^*$	
В. Продолжение работы на подземном объекте при условии проведения мероприятий по очистке техногенного воздуха	$Y > Z_{\min}$	$П - Z^{\wedge} - Y^{\wedge} > 0 > П^*$ при условии $Z^{\wedge} + Y^{\wedge} \rightarrow \min$	
Г. Прекращение работ на объекте для перехода на другой, более конкурентоспособный при условии проведения мероприятий по очистке техногенного воздуха	$Y > Z_{\min}$	$0 < П - Z^{\wedge} - Y^{\wedge} < П^*$ при условии $Z^{\wedge} + Y^{\wedge} \rightarrow \min$	
Д. Прекращение деятельности на объекте расположенном в подземном пространстве	$Y > Z_{\min}$	$П - Z^{\wedge} - Y^{\wedge} < 0 > П^*$	

где  $Y$  – величина ущерба для ведения хозяйственной деятельности на объекте расположенном в подземном пространстве мегаполиса, руб.;  $Z_{\min}$  – расчетная величина минимально возможных затрат на очистку техногенного воздуха для ведения хозяйственной деятельности на объекте расположенном в подземном пространстве мегаполиса, руб.;  $П$  – величина прибыли от ведения хозяйственной деятельности в объекте расположенном в подземном пространстве мегаполиса, руб.;  $П^*$  – величина прибыли, которая может быть получена, при ведении аналогичной хозяйственной деятельности в других объектах, расположенных в подземном пространстве мегаполиса, руб.;  $Z^{\wedge} + Y^{\wedge} \rightarrow \min$  – минимально возможная суммарная величина затрат и ущербов при условии проведения мероприятий по очистке техногенного воздуха для объектов расположенных в подземном пространстве мегаполиса, руб.

В качестве наиболее значимых из них приняты зависимости ущербов и затрат при формировании вариантов организации защиты техногенной атмосферы подземного пространства города [9].

В результате проведенных исследований установлены зависимости величин ущербов для различных видов производственной деятельности, осуществляемой в объектах подземной инфраструктуры от загрязненной атмосферы для различных объектов подземной инфраструктуры города [10].

A1. Ущерб в работе (интеллектуальной) офисов, штабов, органов управления и т.п.

$$Y^1 = \sum_{c1} U_{c1} \Delta P_{c1}^{\Delta N}, \quad (1)$$

где  $Y^1$  – ущерб от несвоевременности или задержки решения задач (принятия управленческих решений) связанных с загрязнением техногенной атмосферы, руб.;  $U_{c1}$  – величина убытков (потерь) которые могут иметь место из-за сбоев в работе управляющего органа (службы, подразделения и т.п.) расположенного в объекте подземного пространства при решении с1-х задач, руб.;  $\Delta P_{c1}^{\Delta N}$  – вероятность снижения эффективности решаемых с1-х задач, в связи с  $\Delta N$ -м превышением нормы загрязненности техногенного воздуха, доли ед.

A2. Ущерб производственной деятельности (цехов, мастерских и т.п.) занятых выпуском различных видов продукции.

$$Y^2 = \sum_{c2} Q_{c2} C_{c2} \Delta P_{c2}^{\Delta N} \quad (2)$$

где  $Y^2$  – ущерб от снижения производительности (качества) выпускаемой продукции, предприятия (организации, цеха и т.п.) связанных с загрязнением техногенной атмосферы, руб.;  $Q_{c2}$  – объем с2-х видов продукции выпускаемых в объекте, расположенном в подземной инфраструктуре мегаполиса, ед.;  $C_{c2}$  – цена с2-х видов продукции выпускаемых в объекте, расположенном в подземной инфраструктуре мегаполиса, руб./ед.;  $\Delta P_{c2}^{\Delta N}$  – вероятность снижения производительности (качества) с2-ой продукции выпускаемой в объекте, расположенном в подземном пространстве, в связи с  $\Delta N$ -м превышением нормы загрязненности техногенного воздуха, доли ед.

Б. Ущерб от снижения посещаемости (используемости) людьми объектов расположенных в подземном пространстве (в деятельности по оказанию услуг, торговле и т.п.)

$$Y^3 = \sum_{c3} H_{c3} C_{c3} \Delta P_{c3}^{\Delta N} \quad (3)$$

где  $Y^3$  – ущерб от снижения посещаемости (используемости) услуг, торговли и т.п. в объектах расположенных в подземном пространстве, связанных с загрязнением техногенной атмосферы, руб.;  $H_{c3}$  – количество покупок (пользования услугами) с3-х видов продукции и т.п. в объектах расположенных в подземном пространстве, ед. в год;  $C_{c3}$  – средняя цена (стоимость) с3-х видов продукции (услуг) осуществляемых в объекте, расположенном в подземной инфраструктуре мегаполиса, руб./ед.;  $\Delta P_{c3}^{\Delta N}$  – вероятность снижения количества покупок (пользования услуг) в объекте расположенном в подземном пространстве в связи с  $\Delta N$ -м превышением нормы загрязненности техногенного воздуха, доли ед.

В. Ущерб от заболеваемости людей находящихся или использующих объекты подземного пространства мегаполиса.

$$Y^4 = \sum_{c4} \mathcal{U}_{c4} \Pi_{c4} \Delta P_{c4}^{\Delta N} \quad (4)$$

где  $Y^4$  – ущерб от заболеваемости людей работающих или посещающих объекты подземного пространства мегаполиса, связанных с загрязнением техногенной атмосферы, руб.;  $\mathcal{U}_{c4}$  – количество людей работающих или посещающих объекты расположенные в подземном пространстве получившие с4-е виды заболевания связанные с загрязнением техногенной атмосферы, чел. в год.;  $\Pi_{c4}$  – средние затраты на лечение с4-х видов заболеваний возникших в связи с загрязнением атмосферы в объектах, расположенных в подземном пространстве мегаполиса, руб./заболевание.;  $\Delta P_{c4}^{\Delta N}$  – вероятность возникновения с4-х видов заболеваний у людей работающих или посещающих объекты расположенные в подземном пространстве в связи с  $\Delta N$ -м превышением нормы загрязненности техногенного воздуха, доли ед.

Исследованиями установлены следующие зависимости величины затрат на проведение мероприятий по защите атмосферы для различных объектов подземной инфраструктуры города и различной степени загрязнения атмосферы.

А. Для мероприятий (действий) основывающиеся на использовании существующей подземной инфраструктуры (например, подземных линий метрополитена) для подачи свежего (чистого) воздуха в районы его повышенного загрязнения (например, для подачи чистого воздуха из окраин Москвы в ее центральную часть).

$$Z_i^1 = \left( \frac{1}{(1+e)^t} \sum_{t=1}^T Z_{ti}^{K1} + C_i^{31} \frac{K_z^H Q_i - Q_i^u K_{iz}^u}{K_{iz}^v} \right) F^{31} \quad (5)$$

где  $Z_i^1$  – затраты на обеспечение нормативов содержания вредных веществ в техногенном воздухе  $i$ -го объекта подземного пространства за счет (разбавления сверхнормативно загрязненного воздуха центра мегаполиса) поступления атмосферного воздуха из удаленных от центра районов мегаполиса по тоннелям радиальных линий метрополитена в его центральные районы, руб.;  $Z_{ti}^{K1}$  – капитальные затраты на сооружение воздухопроводов и оборудования для подачи атмосферного воздуха в  $i$ -ый объект подземного пространства из удаленных от центра районов мегаполиса по тоннелям радиальных линий метрополитена в его центральные районы в  $t$ -м году, руб.;  $C_i^{31}$  – себестоимость подачи атмосферного воздуха из удаленных от центра районов мегаполиса по тоннелям радиальных линий метрополитена в  $i$ -ый объект подземного пространства его центрального района, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_i$  – объем воздуха в  $i$ -ом объекте подземного пространства мегаполиса, м<sup>3</sup>;  $Q_i^u$  – объем воздуха поступающего в  $i$ -ый объект подземного пространства из центрального района мегаполиса, м<sup>3</sup>;  $K_z^H$  – нормативно допустимое содержание  $z$ -х вредных веществ в атмосфере, ул. ед./м<sup>3</sup>;  $K_{iz}^u$  – содержание  $z$ -х вредных веществ в атмосфере центральных районов мегаполиса поступающего в  $i$ -ый объект подземного пространства, ул. ед./м<sup>3</sup>;  $K_{iz}^v$  – содержание  $z$ -х вредных веществ в атмосфере удаленного от центра района мегаполиса поставляемого в  $i$ -ый объект подземного пространства, ул. ед./м<sup>3</sup>;  $F^{31}$  – коэффициент комплексного влияния факторов на величину затрат при использовании подземной для подачи свежего (чистого) воздуха в центральные районы мегаполиса.

Б. Для мероприятий по очистке и подаче в подземные объекты атмосферного воздуха с приземного пространства.

$$Z_i^2 = \left( \frac{1}{(1+e)t} \sum_{t=1}^T (Z_{it}^{K2*} + Z_{it}^{K2} - A_{it}^{32}) + C_i^{32} Q_{K_{H,it}}^{K\phi} \right) F^{32} \quad (6)$$

где  $Z_i^2$  – затраты на обеспечение нормативов содержания вредных веществ в техногенном воздухе  $i$ -го объекта подземного пространства за счет очистки и подачи приземного атмосферного воздуха, руб.;  $Z_{it}^{K2}$  – капитальные затраты на сооружения и оборудование по очистке приземного атмосферного воздуха мегаполиса с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi}$ ) до нормативного ( $K_H$ ) для подачи в  $i$ -ый объект подземного пространства в  $t$ -м году, руб.;  $Z_{it}^{K2*}$  – капитальные затраты на сооружения и оборудование по доставке приземного атмосферного воздуха мегаполиса в  $i$ -ый объект подземного пространства в  $t$ -м году, руб.;  $A_{it}^{32}$  – амортизационные отчисления на реновацию сооружений и оборудования по очистке и доставке приземного атмосферного воздуха мегаполиса в  $i$ -ый объект подземного пространства в  $t$ -м году, руб.;  $C_i^{32}$  – себестоимость очистки с фактического до нормативного уровня загрязненности приземного атмосферного воздуха и его подачи в  $i$ -ый объект подземного пространства его центрального района, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_{K_{H,it}}^{K\phi}$  – объем приземного воздуха очищаемого с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi}$ ) до нормативного ( $K_H$ ) и поставляемого в  $i$ -ый объект подземного пространства мегаполиса в  $t$ -ом году, м<sup>3</sup>;  $F^{32}$  – коэффициент комплексного влияния факторов на величину затрат по очистке и поставке воздуха в объекты подземного пространства мегаполиса.

В. Для мероприятий по очистке техногенного воздуха внутри стационарных объектов подземной инфраструктуры (подземные гаражи, магазины, рестораны и т.п.).

$$Z_i^3 = \left( \frac{1}{(1+e)t} \sum_{t=1}^T (Z_{it}^{K3} - A_{it}^{3.3}) + C_i^{3.3} Q_{K_{H,it}}^{K\phi3} \right) F^{3.3} \quad (7)$$

где

$$K_{\phi3} = \frac{Q_i K_H + W_{it}^3}{Q_i} \quad (8)$$

$K_{\phi3}$  – фактическое содержание вредных веществ в атмосфере при эксплуатации  $i$ -го стационарном объекта подземного пространства, ул. ед./м<sup>3</sup>;  $W_{it}^3$  – объем выделения загрязняющих веществ в атмосферу  $i$ -го объекта подземного пространства в  $t$ -ом году;  $Z_{it}^{K3}$  – капитальные затраты на оборудование по очистке техногенного воздуха в  $i$ -ый объекте подземного пространства в  $t$ -м году с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi3}$ ) до нормативного ( $K_H$ ), руб.;  $C_i^{3.3}$  – себестоимость очистки с фактического до нормативного уровня загрязненности техногенного воздуха в  $i$ -ом объекте подземного пространства, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_{K_{H,it}}^{K\phi3}$  – объем техногенного воздуха очищаемого с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi3}$ ) до нормативного ( $K_H$ ) внутри  $i$ -го объекта подземного пространства в  $t$ -ом году, м<sup>3</sup>;  $F^{3.3}$  – коэффициент комплексного влияния факторов на величину затрат по очистке техногенного воздуха в объектах подземного пространства мегаполиса.



Г. Для мероприятий по очистке техногенного воздуха внутри подвижных объектов подземной инфраструктуры (например, в вагонах метрополитена).

$$\mathcal{Z}_i^4 = \left( \frac{1}{(1+e)t} \sum_{t=1}^T (\mathcal{Z}_{it}^{K4} - A_{it}^{3,4}) + C_i^{3,4} Q_{K_{H,it}}^{K\phi 4} \right) F^{3,4} \quad (9)$$

где

$$K_{\phi 4} = \frac{Q_i K_H + W_{it}^4}{Q_i + \Delta Q_i^4} \quad (10)$$

где  $K_{\phi 4}$  – фактическое содержание вредных веществ в атмосфере  $i$ -го передвижного объекта в подземном пространстве, ул. ед./м<sup>3</sup>;  $W_{it}^4$  – объем выделения загрязняющих веществ в атмосферу  $i$ -го передвижного объекта подземного пространства в  $t$ -ом году, ус. ед.;  $\Delta Q_{it}^4$  – объем нормативного воздуха поступающего в  $i$ -ый передвижной объект подземного пространства при его в  $t$ -ом году, м<sup>3</sup>;  $\mathcal{Z}_{it}^{K4}$  – капитальные затраты на оборудование по очистке техногенного воздуха в  $i$ -ом передвижном объекте подземного пространства в  $t$ -м году с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi 4}$ ) до нормативного ( $K_H$ ), руб.;  $C_i^{3,4}$  – себестоимость очистки с фактического до нормативного уровня загрязненности техногенного воздуха в  $i$ -ом передвижном объекте подземного пространства, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_{K_{H,it}}^{K\phi 4}$  – объем техногенного воздуха очищаемого с фактического уровня его загрязненности ( $K_{\phi 4}$ ) до нормативного ( $K_H$ ) внутри  $i$ -го передвижного объекта подземного пространства в  $t$ -ом году, м<sup>3</sup>;  $F^{3,4}$  – коэффициент комплексного влияния факторов на величину затрат по очистке техногенного воздуха в передвижных объектах подземного пространства мегаполиса.

Представленные инструменты по существу представляют собой основополагающую базу для комплексной оценки различных вариантов организации защиты техногенной атмосферы в подземном пространстве мегаполиса [6, 11].

В то же время, поскольку таких вариантов может быть неограниченное количество, то для поиска наиболее предпочтительных из них предложено использовать метод имитационного моделирования.

В соответствии с вышеизложенным была разработана экономико-математическая модель позволяющая осуществлять оценку эффективности вариантов организации защиты атмосферы подземных объектов города.

В качестве целевой функции модели принята максимизация соотношения разницы между величиной доходов от хозяйственной деятельности на объектах подземного пространства мегаполиса и ущербами и затратами на управление состоянием техногенной атмосферы к суммарной величине производственно-экологических затрат:

$$\mathcal{E}_n = \sum \frac{D_n - \sum_{y1} y^1 F_y X_n^1 - \sum_3 \mathcal{Z}_{nz} F_z X_n^2 - \sum_{y2} y^2 F_y X_n^2}{\sum_t \mathcal{Z}_{int}^{ka} \frac{1}{(1+e)t} + \mathcal{Z}_{in}^{sk} - A_{int}} \rightarrow \max \quad (11)$$

где  $\mathcal{Z}_t^k$  – величина капитальных производственно-экологических затрат в  $t$ -ом году, руб.;  $\mathcal{Z}^3$  – среднегодовая величина производственно-экологических эксплуатационных затрат, руб. в год.

В качестве ограничений модели приняты:

1. Условие совместимости ущербов и затрат при различных вариантах управления состоянием техносферной атмосферы на объектах подземного пространства мегаполиса.

В качестве критерия совместимости приняты булевы переменные  $X_1$  и  $X_2$ . Булева переменная  $X_1$  принимает значение 1, при отсутствии мероприятий по защите техногенного воздуха и значение 0 – при их осуществлении. Булева переменная  $X_2$  принимает значение 0, при отсутствии мероприятий по защите техногенного воздуха и значение 1 – при их осуществлении.

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

$$\sum_g \Phi_g \geq \sum_t Z_t^k \frac{1}{(1+e)t} - A_t + Z^g, \quad (12)$$

где  $\Phi_g$  – объем средств привлекаемых из  $g$ -х источников, руб.

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

$$0 < \Pi_n > \sum_t Z_t^k \frac{1}{(1+e)t} - A_t + Z^g, \quad (13)$$

где  $\Pi_n$  – величина прибыли, получаемой в результате производственно-экологической деятельности, руб. в год.

4. По условию соблюдения экологических нормативов.

$$\frac{W - \Delta W_n}{ПДН} \leq 1, \quad (14)$$

где  $W$  – объем загрязнения техносферной атмосферы в объектах расположенных в подземном пространстве, усл. ед./м<sup>3</sup>;  $\Delta W_n$  – объем снижения загрязнения техносферной атмосферы в объектах подземного пространства в результате проведения воздухоохраных мероприятий, усл.ед./м<sup>3</sup>;  $ПДН$  – предельно допустимая нагрузка на техносферную атмосферу на объектах расположенных в подземном пространстве, усл. ед./м<sup>3</sup>

## Выводы

1. Обоснована потребность в разработке методологических основ оценки деятельности по защите атмосферы объектов подземной техносферы города на основе дифференцированного учета их целесообразности для различных видов хозяйственной деятельности и жизнедеятельности современных мегаполисах.

2. Разработаны основополагающие принципы организации деятельности по защите атмосферы объектов подземной техносферы мегаполисов.

3. Разработана типизация видов влияния загрязненности техносферной атмосферы на результаты различных видов хозяйственной деятельности в подземном пространстве мегаполиса.

4. Установлены зависимости величины ущербов для различных видов производственной деятельности, осуществляемой в объектах подземной инфра-



структуры от загрязненной атмосферы для различных объектов подземной инфраструктуры города.

5. Установлены следующие зависимости величины затрат на проведение мероприятий по защите атмосферы для различных объектов подземной инфраструктуры города и различной степени загрязнения атмосферы.

6. Разработана экономико-математическая модель оценки эффективности вариантов организации защиты атмосферы подземных объектов города.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. 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.: ООО «ТИД «Студент», 2011. – 255 с.

3. 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.: Горная книга, 2012. – 752с.

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

5. Мясков А.В., Попов С.М., Босова Е.В., Казаков В.Б. Проблемы и перспективы организации кадрового обеспечения предприятий угольной промышленности // Уголь. – 2014. – № 10. – С.88–92.

6. Попов М.С., Казаков В.Б., Козлов О.В. Методические основы оценки целесообразности применения аутсорсинга на угледобывающих предприятиях // Уголь. – 2013. – № 6. – С. 73–75.

7. Попов С.М. Методологические основы оценки территориальных рынков сбыта для потребительских стоимостей, создаваемых при использовании углепромышленных отходов // Горный информационно-аналитический бюллетень. ОВ 3. Экология и экономика природопользования. – 2008. – С. 165–169.

8. 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.

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

10. 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. ОВ 6. Экономика и управление природопользованием. – 2009. – С. 339–342.

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

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Попов Сергей Михайлович – доктор экономических наук, профессор,

e-mail: s.popov@inbox.ru,

Козлов Олег Валериевич – кандидат экономических наук, доцент,

e-mail: 89268888096@mail.ru,

НИТУ «МИСиС».

## METHODOLOGICAL BASIS FOR THE ORGANIZATION OF INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE PROTECTION OF THE ATMOSPHERIC AIR IN THE UNDERGROUND TECHNOSPHERE CITY

Popov S.M.<sup>1</sup>, Doctor of Economical Sciences, Professor,

e-mail: s.popov@inbox.ru,

Kozlov O.V.<sup>1</sup>, Candidate of Economical Sciences, Assistant Professor,

e-mail: 89268888096@mail.ru,

National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

*The development of large cities, accompanied by serial deterioration in ambient air has determined the need to develop effective measures for the protection of the technosphere environment based on advanced achievements of scientific-technical progress.*

*However, in contrast to well-established public opinion, modern scientific data show that in closed spaces surface and underground infrastructure of the city air pollution can be dozens of times higher than outside. In the early 1950-ies found that allergies and other chronic diseases linked to air pollution indoors.*

*Today, people living in cities of developed countries in the world spend most of their lives indoors. Therefore, the increase in time of exposure to air pollutants causes an increase in the number and severity of allergic reactions.*

*In the result of the research conducted in the air atmosphere of the Moscow residential and public buildings found about a hundred of inorganic and organic chemical compounds belonging to different classes of risk. Among the volatile chemical compounds found in the air more often than others, the most toxic formaldehyde, phenol, benzene, styrene, ethylbenzene, toluene, xylene, aldehydes, acetone, ammonia, ethyl acetate, oxides of nitrogen, oxides of carbon. In addition, in the air of buildings contains aerosols of heavy metals: lead, cadmium, mercury, zinc, Nickel, magnesium, chromium and other*

*The article presents the results of the development of the fundamental principles of the organization of activities for the protection of the atmosphere underground technosphere cities. Typed the impacts of pollution technosphere atmosphere on the results of the various economic activities in the underground space of the metropolis. The dependence of the magnitude of the damages and costs for different types of production activities in the underground infrastructure from contaminated atmosphere for various underground infrastructure of the city. Developed economic-mathematical model of an estimation of efficiency of options for the organization of atmosphere protection of underground facilities in the city.*

*Key words: technogenic atmosphere, underground infrastructure of the metropolis, organization and economy of measures on protection of the atmosphere.*

### REFERENCES

1. Popov S.M., Kozlov O.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special edition. 2012, pp. 81–85.
2. 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, OOO «TID «Student», 2011, 255 p.
3. 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 resursami* (Economics, organization, management of natural and man-made resources), Moscow, Gornaya kniga, 2012, 752 p.
4. Bodnaruk N.M., Kobyakov A.A., Rybak L.V., Popov S.M., Stoyanova I.A. *Ekonomika prirodopol'zovaniya*. Uchebnoe posobie (Environmental Economics. Educational aid), Moscow, 2010, 140 p.
5. Myaskov A.V., Popov S.M., Bosova E.V., Kazakov V.B. *Ugol'*. 2014, no 10, pp. 88–92.
6. Popov M.S., Kazakov V.B., Kozlov O.V. *Ugol'*. 2013, no 6, pp. 73–75.
7. Popov S.M. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 3. *Ekologiya i ekonomika prirodopol'zovaniya*. 2008, pp. 165–169.
8. Efimov V.I., Kononov D.V., Popov S.M., Fedyaev P.M. *Ugol'*. 2014, no 11, pp. 71–76.
9. Boldyrev A.A., Popov S.M. *Gornyy zhurnal*. 2007, no 6, pp. 29.
10. Popov S.M., Kaplunov V.Yu., Pal'yanova N.V., Boravskiy B.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. Special issue 6. *Ekonomika i upravlenie prirodopol'zovaniem*. 2009, pp. 339–342.
11. Savon D.Yu. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 6, pp. 314–320.