

# МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЭКОМОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ АГЛОМЕРАЦИЙ

---

*olga.ivashuk@mail.ru*

**Иващук О.А.**, д-р техн. наук, доц.,  
**Константинов И.С.**, д-р техн. наук, проф.,  
**Иващук О.Д.**, канд. техн. наук,  
**Федоров В.И.**, аспирант  
*Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет*

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы к созданию технологии адаптивного результативного управления экологической безопасностью городских территориальных агломераций на основе интеллектуального экологического мониторинга и интеллектуального анализа данных с использованием ситуационного моделирования. Для реализации данного подхода разработаны принципы построения инструментальной основы данной технологии – автоматизированной системы интеллектуального мониторинга и управления. Построены функциональная и структурная модели системы рассматриваемого класса, а также модель экологической безопасности как объекта автоматизированного управления; рассмотрены особенности актуализации контуров внутреннего управления; продемонстрирована реализация ситуационного моделирования и управления.

**Ключевые слова:** Автоматизированная система интеллектуального мониторинга и управления, интеллектуальный анализ данных, экологическая безопасность, моделирование системы, ситуационное моделирование и управление.

## **Введение.**

Управление экологической безопасностью городских территориальных агломераций – это управление сложной динамичной системой, состояние которой характеризуется как количественными, так и качественными параметрами, множественными и неоднородными исходными данными, для которой неправомерно постановка классической задачи оптимизации, а для принятия управленческих решений необходимо

учитывать слабоформализуемые понятия и разнородные данные о состоянии объекта управления и внешней среды.

При таких условиях наиболее рациональным является построение систем экомониторинга и управления экологической безопасностью, наделенных не только традиционными функциями автоматизированного сбора, обработки и предоставления информации в удобном виде всем заинтересованным лицам (органам управления, специализированным и общественным организациям, населению), но и функциями интеллектуального анализа данных: интегральная оценка и прогнозирование, ситуационное моделирование, оценка сценариев управления и др. При этом последние функции частично должны быть реализованы уже на уровне мониторинга (предварительные оценки и прогнозы развития экологической ситуации с использованием математических и логико-лингвистических моделей). Внедрение подобных систем позволит трансформировать полученную информацию о состоянии биотехносферы на рассматриваемой территории непосредственно в результативные управляющие воздействия.

### **Особенности формирования экологической ситуации в современных городских условиях.**

Для формирования структуры адаптивной системы мониторинга и управления экологической безопасностью и построения адекватных моделей различного вида, обеспечивающих реализацию функций интеллектуального анализа данных на различных уровнях системы, необходимо рассмотреть особенности формирования экологической ситуации на современных городских территориях, выявить основные характеристики объекта управления и функции системы.

В настоящее время, особенно для урбанизированных территорий, где экосистема не может не испытывать антропогенного воздействия, характерна техногенная трансформация биосферы, т.е. становление и развитие биотехносферы. В результате, формирование и изменение экологической ситуации зависит как от внешних воздействий, так и от состояния и динамики данной природно-технической системы в целом и ее отдельных компонентов в их взаимосвязи. Для ее регулирования важно выявить те параметры биотехносферы рассматриваемой территории, которые являются реально управляемыми, то есть их изменение связано с возможностью реализации конкретных природоохранных мероприятий, результативность которых необходимо рассматривать с экологической и экономической точек зрения.

Оценки здоровья населения городов России, проводимые в последние годы в рамках государственного социально-гигиенического мони-

торинга, показывают сильную корреляцию между увеличением острых и хронических заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, новообразований (особенно у детей и подростков) и усилением мощности негативного техногенного воздействия на различные компоненты природной среды жилых районов, прежде всего, на воздушный бассейн. Следует отметить, что вредные выбросы, поступающие в атмосферу городских территориальных агломераций, могут являться консервативными (например, угарный газ,  $CO$ ) и сохраняются длительное время. По данным регулярных наблюдений Росгидромета, при общем небольшом снижении в последнее десятилетие вредных выбросов концентрации оксида углерода не снижаются (это напрямую связано с ростом автомобилизации), и именно по этому показателю чаще всего превышаются допустимые нормы.

При взаимодействии таких веществ, содержащихся в техногенных выбросах, как окислы серы или азота с другими газами образуются новые вещества (сульфаты, нитраты, кислоты и др.), обладающие большей токсичностью. Вторичные источники интенсивно загрязняют как атмосферу, так и природные воды, почвы, растения.

Необходимо отметить значительный рост негативного техногенного влияния на акустическую среду. Наиболее неблагоприятными, с этой точки зрения, являются автомобили – преобладающие источники интенсивного и длительного шума. Опасным является воздействие на человека инфразвука, источники которого, это, например, различные типы транспортных средств, компрессоры, вентиляционные системы и системы кондиционирования. Оно выражается в угнетении слуховой и вестибулярной функций, в утомлении. Проведены исследования, которые показывают, что одновременное действие высоких уровней шума и инфразвука увеличивает плохое самочувствие в 3 раза, т.е. взаимодействие этих факторов носит характер потенцирования.

Значительное вредное влияние на организм человека оказывают электромагнитные поля. Оно связано с переносом энергии электромагнитных излучений и определяется ее количеством, которое зависит от частоты волн. Наиболее опасно поглощение электромагнитных волн внутренними органами, обладающими слабо выраженным механизмом терморегуляции (почки, сердце, мозг, глаза).

Параметры биотехносферы конкретных городских территорий, связанные как с природными составляющими, например, рельефом, так и с особенностями современной застройки, существенно влияют на их микроклимат, а также на характер рассеивания и скопления поступающих

из внешней среды и образующихся непосредственно на рассматриваемой территории химических и физических загрязнений.

Например, в пониженных формах рельефа чаще застаивается воздух. Под влиянием неровностей местности изменяется движение и турбулентный режим воздушных потоков, что вызывает существенное перераспределение концентрации загрязняющих веществ. Рассеивание вредных примесей в приземном слое застроенных территорий, особенно многоэтажных комплексов, имеет свои характерные особенности и существенно отличается от аналогичных процессов, наблюдаемых над протяженной земной или водной поверхностью. Препятствия в виде городских строений, встречающиеся на пути распространения воздуха, становятся причиной возникновения циркуляционных зон, отличающихся очень слабой возможностью воздухообмена и циркуляцией по замкнутым контурам. В результате пониженного давления в данных областях, загрязняющие вещества, попадающие в них (чаще всего от автомобилей), накапливаются до концентраций, превышающих предельно-допустимые нормы (ПДК). Сплошная высотная застройка создает особые условия, когда воздушные потоки в нижней тропосфере практически отсутствуют, как следствие, происходит значительное скопление и застой вредных примесей, особенно оксида углерода. Кроме того, данный фактор влияет на условия сбора поверхностного стока.

Ширина зон акустического дискомфорта на городских территориях, прилегающих к автомобильным дорогам, в дневные часы может достигать 0,7÷1,0 км.

### **Подходы к моделированию автоматизированных систем интеллектуального мониторинга и управления экологической безопасностью городских территориальных агломераций.**

Сегодня нет стран, в которых бы не уделялось должного внимания проблемам экологии городов. Одним из основных направлений снижения и предотвращения возникновения и развития техногенных и природных экологических рисков – активной мерой – является создание эффективных систем мониторинга, прогнозирования и управления экологической безопасностью, работа которых базируется на широком использовании средств автоматизации и перспективных методов информационных технологий. Однако следует отметить, что и в России, и за рубежом, даже в городах, где функционируют подобные системы с развитой сетью стационарных и мобильных станций, обеспеченные современными датчиками и приборами слежения, использующие геоинформационные и аэрокосмические технологии, моделирующие распространение загрязнений в пространстве, не наблюдается принципиального

улучшения экологической ситуации. Выделим основные проблемы:

– В существующих системах наиболее полно решаются вопросы сбора, обработки, хранения и передачи данных и лишь фрагментарно – вопросы поддержки принятия решений. Последние должны базироваться на адекватных прогнозах (кратко-, средне- и долгосрочного характера), построении и реализации информационных и ситуационных моделей и, что крайне важно, с обеспечением возможности непосредственной трансформации данных экомониторинга в сценарии управления (с дальнейшей их оценкой и рекомендациями для актуализации).

– Не проводится комплексная оценка (в т. ч. прогнозная) экологической ситуации в целом, т.е. по совокупному состоянию различных компонентов биотехносферы. Модели и методы, используемые в существующих системах экомониторинга и управления, позволяют оценить изменение только отдельных составляющих окружающей природной среды. Это серьезно влияет на правильность выбора управляющего воздействия, так как реализация одного и того же мероприятия может улучшить качество одной природной компоненты, при этом негативно влияя на другие.

– Как инструментальные, так и расчетные средства рассматриваемых систем практически не используются для оценки и прогнозирования развития экологической ситуации, сложившейся на локальных городских территориях.

Для построения автоматизированных систем экомониторинга и управления экологической безопасностью городских территориальных агломераций авторами использовался разработанный ими ранее общий методологический механизм, описанный в работах [1-3]. Результаты его применения для построения конкретных систем для функционирования на территориях различного назначения и определенных техногенных комплексов представлены, например, в работах [4-6].

Научный анализ, проведенный авторами на базе собственного многолетнего опыта проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также обобщение результатов российских и зарубежных исследований в сфере экологической безопасности, позволил сформулировать основные принципы построения таких систем:

– принцип приоритетности охраны окружающей природной среды, жизни и здоровья населения, а также персонала техногенных объектов перед другими производственными и социальными целями и задачами;

– принцип соответствия целей моделируемой системы (всех ее подсистем) целям вышестоящих систем, например, целям общей интеллектуальной системы управления городом и т.п.

– принцип универсальности модели системы мониторинга и управления экологической безопасностью для территорий различного уровня иерархии и назначения;

– принцип полноты и адекватности экоинформации, получаемой при функционировании системы;

– принцип адаптивности и мобильности, который обеспечит оперативную реакцию самой системы и всех ее компонент на текущие изменения в объекте управления и во внешней среде;

– принцип научной обоснованности принимаемых управляющих решений в сфере экологической безопасности, который означает разумное, основанное на научных исследованиях сочетание экологических и экономических интересов города;

– принцип выявления причинно-следственных связей и определения закономерностей функционирования биотехносферы на рассматриваемой территории;

– принцип оперативности принятия управленческих решений и реализации конкретных управляющих воздействий;

– принцип использования программно-целевого подхода (отметим, что выработка рациональных управляющих воздействий – это решение обратной задачи проблемно-целевого моделирования, а именно поиск управляющих воздействий и параметров, обеспечивающих достижение заданных целей).

Структуру моделируемой системы определяют как вышеуказанные принципы, так и реализующие их функции системы. На рисунке 1 представлена ее функциональная модель, где  $I_0$  – информация о параметрах, характеризующих состояние экологической безопасности рассматриваемой территории;  $I_{01}$  – обработанная информация;  $I_1$  – результаты первичных оценок и прогнозов развития сложившейся экологической ситуации ( $I_1 = \{I_{11}, I_{12}\}$ );  $I_2$  – результаты прогнозирования развития экологической ситуации при реализации различных управляющих воздействий, а также оценки результативности сценариев управления;  $I_3$  – модели, формируемые в системе для осуществления оценок и прогнозов;  $I_C$  – выбранные для реализации сценарии управления.

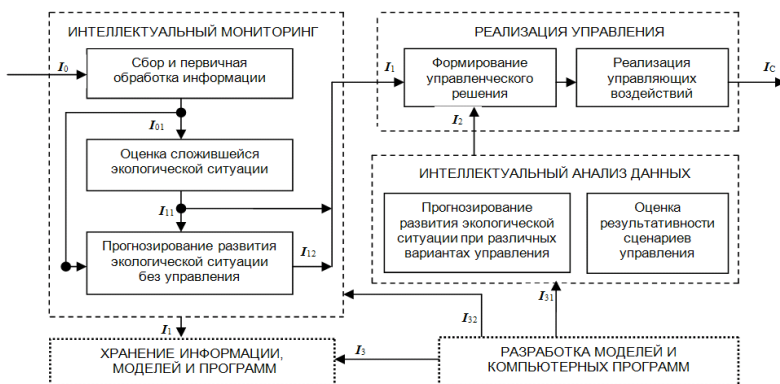


Рисунок 1 – Функциональная модель автоматизированных систем интеллектуального экомониторинга и управления экологической безопасностью городских территориальных агломераций

На этой основе выявлены следующие функции системы, обеспечивающие, в том числе, возможность интеллектуального анализа данных для поддержки принятия решений:

- автоматизированный сбор и предварительная обработка данных;
- оценка параметров, характеризующих уровень экологической безопасности территорий;
- комплексная оценка сложившейся экологической ситуации;
- прогнозирование изменения экологической ситуации без реализации управляющих воздействий;
- накопление и хранение данных и моделей;
- формирование правил использования данных и моделей;
- формирование ситуационных, математических и информационных моделей для осуществления оценок и прогнозов различного уровня;
- разработка компьютерных программ;
- прогнозирование развития экологической ситуации при реализации управляющих воздействий;
- комплексная оценка результатов управляющих воздействий;
- формирование рекомендаций по управлению.

В результате, в составе системы, структурная схема которой представлена на рисунке 2, выделим следующие основные подсистемы, реализующие указанные выше функции: *объект управления* – экологическая безопасность городских территориальных агломераций; *управляющая система*, формирующая управленческие решения и реализующая

конкретные управляющие воздействия  $U$ ; система экомониторинга и поддержки принятия решений.

Параметры, представленные на схеме:  $X$  – параметры состояния объекта управления: их сбор и анализ осуществляется в подсистеме интеллектуального мониторинга;  $Y$  – результаты экомониторинга и интеллектуального анализа данных, обеспечивающие поддержку принятия решений;  $C$  – параметры обратной связи (информация о реализованных управляющих воздействиях, изменениях в нормативно-правовой базе, приборном, методическом и программном обеспечении);  $Q$  – параметры влияния внешней среды на подсистемы.

Принципиальное отличие от предыдущих предлагаемых моделей заключается в том, что как сбор информации и первичный интеллектуальный анализ данных (подсистема интеллектуального мониторинга), так и основной интеллектуальный анализ данных, на базе которого происходит формирование и оценка управляющих воздействий (подсистема интеллектуальной поддержки принятия решений - ИППР), осуществляются в единой системе. При этом подсистема интеллектуальной поддержки принятия решений формирует внутренние контуры управления, обеспечивающие возможность непосредственной трансформации экоданных в результативные (с точки зрения оперативности, научной обоснованности, эколого-экономической эффективности и устойчивости к внешним воздействиям) управляющие воздействия.

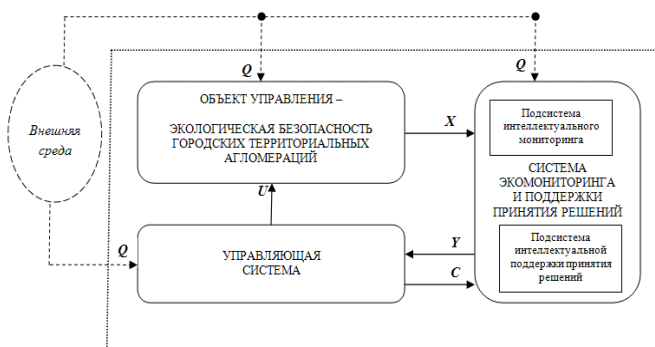


Рисунок 2 – Схематичное представление обобщенной модели системы интеллектуального автоматизированного управления экологической ситуацией на локальных территориях

Модель системы экомониторинга и поддержки принятия решений может быть представлена следующей теоретико-множественной формулой (кортежем):



$$S = \langle SS, X, Y, R, EI, F, O \rangle, \quad (1)$$

где  $SS = \{ss\}$  – множество основных компонентов, реализующих функции системы;  $X = \{x\}$  – множество входов системы;  $Y = \{y\}$  – множество выходов системы;  $R = \{r\}$  – множество состояний компонентов  $SS$ ;  $EI = \{ei\}$  – множество внешних воздействий на подсистемы (элементы) исследуемой системы;  $F = \{f\}$  – множество отображений на  $X, R, Y$  и  $EI, F: (X, Y, R, EI) \rightarrow Y (\rightarrow R)$ ;  $O = \{o\}$  – множество отношений над элементами  $X, R, Y$  и  $EI$ ;  $O: (X^i, R^j, R^k, EI^l)$ . Множества и арности формируются в зависимости от конкретных условий рассматриваемой территории, а также используемой в системе приборной, методической и программной базы.

Составляющие множества  $SS$  определяется, прежде всего, функциями, которыми наделена моделируемая подсистема и которые обеспечивают реализацию ее главной функции: «Поддержка принятия результативных научно обоснованных решений по управлению экологической безопасностью городских территориальных агломераций». На рисунке 3 продемонстрировано соответствие между функциями, выявленными на основе анализа современных требований к процессу управления экологической безопасностью выбранных территорий и в результате декомпозиции главной функции моделируемой системы, и актуализирующими их подсистемами.



Рисунок 3 – Функции и реализующие их подсистемы системы поддержки принятия решений

Таким образом,  $SS = \{SS_1, SS_2, SS_3, SS_4\}$ . Множество  $R$  в качестве компонентов содержит параметры состояния данных подсистем. Компоненты  $SS_2, SS_3, SS_4$  являются составляющими подсистемы ИППР.

К подсистеме ИППР предъявляются особые требования гибкости, связанной с обеспечением возможности модернизации с учетом новых условий формирования состояния биотехносферы, изменений в механизмах управления и др. Такие системы могут быть эффективными только на основе использования перспективных методов ситуационного и математического моделирования, которые позволят обеспечить научно-обоснованный прогноз изменения экологической ситуации, оценку экологического риска, организовать потоки информации о территории, субъектах хозяйственной деятельности и их взаимодействии.

Входные параметры (подмножества  $X$ ), которые характеризуют состояние экологической безопасности рассматриваемой территории, можно разделить на следующие основные группы: информация о качестве компонентов природной среды ( $X_1$ ); информация об инфраструктуре территории ( $X_2$ ); информация о санитарном состоянии территории ( $X_3$ ); информация о погодно-климатических условиях ( $X_4$ ). В таблице 1 показана их конкретизация в соответствии с нормативно-правовыми документами.

Таблица 1 – Параметры входной информации

Группа параметров	Наименование параметра
информация о качестве компонентов природной среды ( $X_1$ )	Загрязнение атмосферы
	Уровень шума
	Уровни вибрации, инфразвука
	Уровень электромагнитных полей
	Уровень излучения
информация об инфраструктуре территории ( $X_2$ )	Озеленение территории
	Функциональное зонирование и размещение площадок
	Условия хранения автомобилей
информация о санитарном состоянии территории ( $X_3$ )	Автомобили
	Расположение относительно санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и др. объектов
	Инсоляция и освещенность
	Условия стока талых и ливневых вод
	Наличие предприятий торговли, питания, ремонта и др.
	Уборка территории
информация о погодно-климатических условиях ( $X_4$ )	Удаление бытовых отходов и мусора
	«Роза ветров»
	Скорость и направление ветра
	Температура воздуха
	Влажность воздуха
	Атмосферное давление
	Осадки
	Сезонность
Климатические особенности	

Выходные параметры (составляющие множества  $Y$ ) – результаты оценки текущей экологической ситуации; результаты прогнозов развития экологической ситуации и возникновения экологических рисков; сценарии управления и их оценки.  $Y = \{Y', Y'', Y'''\}$ .  $Y'$  – обработанные данные экомониторинга: параметры состояния биотехносферы на текущий момент времени. Внутренний контур управления в системе, образуемый с участием данного информационного потока, является традиционным. Он включает подсистему сбора и обработки данных, управляющую систему и объект управления, а при организации его функционирования лица, принимающие решения, обеспечиваются адекватной текущей экологической информацией, представленной в удобном наглядном виде. Множество  $Y''$  – результаты интеллектуального экомониторинга: интегральная оценка текущей экологической ситуации, а также предварительный прогноз изменения качества компонентов природных сред и экологической ситуации в целом без реализации управляющих воздействий. Соответствующий контур управления включает ту компоненту подсистемы экомониторинга, которая актуализирует в ней функции интеллектуального анализа данных. При реализации данного контура лица, принимающие решения по регулированию состояния биотехносферы на рассматриваемой локальной территории, основываются как на текущей, так и на прогнозной информации. Множество  $Y'''$  – результаты интеллектуального анализа данных. Реализация данного контура управления обеспечивает выработку и реализацию научно обоснованных управляющих воздействий.

Реализация всех контуров обеспечивает возможность непосредственной трансформации экоданных в результативные природоохранные мероприятия.

Множество внешних воздействий  $EI$  состоит из двух основных подмножеств:  $EI = \{C, Q\}$ , где  $C$  – управляющая информация, а именно федеральные и региональные законы, нормативно-правовые документы (нормативные акты, технические регламенты, постановления правительства, государственные стандарты (ГОСТ), руководящие документы, гигиенические нормы, санитарные правила и нормы (СанПиН), строительные нормы и правила (СНиП), общесоюзные нормы технического проектирования (ОНТП)). Данный информационный поток поступает из управляющей системы. Также составляющим данного множества являются запросы к базе знаний для получения необходимой информации (в том числе, ретроспективной).

### **Экологическая безопасность городских территориальных агломераций как объект автоматизированного управления.**

Анализ процессов природно-техногенного взаимодействия позволяет представить экологическую безопасность городских территориальных агломераций – как объект автоматизированного управления – не «черным ящиком», а многокомпонентной системой, концептуальная модель которой схематично представлена на рисунке 4.

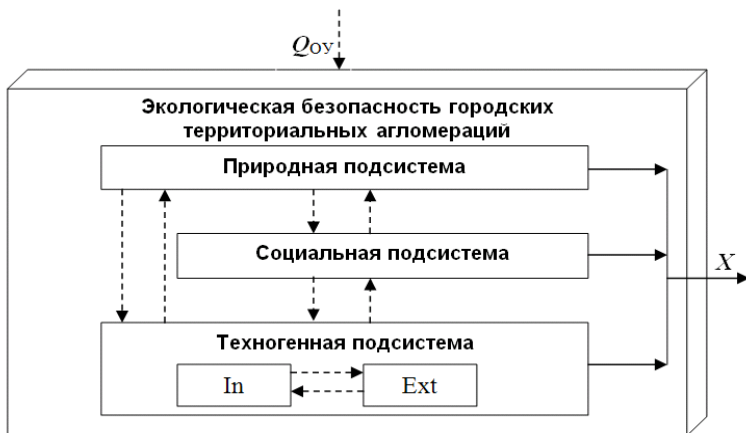


Рисунок 4 – Модель экологической безопасности как объекта автоматизированного управления

Данная система включает следующие основные компоненты:

- *природную подсистему*: природную среду рассматриваемой территории, которая воздействует на здоровье и жизнедеятельность проживающего и находящегося на ней населения;
- *социальную подсистему*, параметры состояния которой и характеризуют экологическую ситуацию, и влияют на ее изменение;
- *техногенную подсистему*, которая, в свою очередь, включает две основные составляющие: сформированную на дворовой территории внутреннюю техносферу (значок «In») и часть внешнего техногенного комплекса (значок «Ext»), параметры которых, во-первых, определяют уровень экологической безопасности, во-вторых, являются управляемыми для реализации конкретных управляющих воздействий.

$Q_{oy}$  – внешние воздействия на объект управления.

Цель управления экологической безопасностью – минимизация (в результате реализации управляющих воздействий  $U$  как вариации пара-

метров  $X$  с учетом внешних условий  $Q$  негативного воздействия на природную среду и здоровье населения, что связано с минимизацией разности  $\Delta X$  между фактическим  $X$  и целевым  $X_0$  состояниями:  $\Delta X \rightarrow 0$ . При этом состояние развития техногенной и социальной сред должно соответствовать необходимому уровню развития экономики и социокультурного пространства региона.

### *Ситуационный подход*

С точки зрения ситуационного подхода в управлении [7] определим экологическую ситуацию как комплексную оценку (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов биотехносферы и связей между ними, которые при влиянии внешних условий формируют определенный уровень экологической безопасности рассматриваемой территории.

Исходя из общих принципов ситуационного моделирования, введем понятие текущей экологической ситуации (будем обозначать при моделировании как  $ES^{act}$ ) на рассматриваемой территории, определяемой в данный момент времени, и полной экологической ситуации (будем обозначать при моделировании как  $ES^{full}$ ) как совокупности состоящей из состояния  $ES^{act}$ , знаний о состоянии системы управления в данный момент времени, знаний о механизмах и технологиях управления. Элементарный акт управления может быть представлен следующим логико-трансформационным правилом:

$$ES_i^{full} : ES_j^{act} \xrightarrow{U_k} ES_i^{act} \quad (2),$$

где,  $U_k$  – конкретные управляющее воздействие на объект управления.

Соотношение (2) демонстрирует: если на рассматриваемой территории сложилась экологическая ситуация  $ES_j^{act}$  и состояние системы управления экологической безопасностью и технологическая схема (можно дорожная карта) управления, определяемые  $ES_i^{full}$ , допускают использование управляющего воздействия  $U_k$ , то при его реализации текущая экологическая ситуация  $ES_j^{act}$  преобразуется в новую ситуацию  $ES_i^{act}$ .

Следует отметить, что экологическая ситуация, формируемая на территориях различного уровня иерархии административно-территориального деления и различного назначения, определяется сложным переплетением различных факторов. Для ее результативного

регулирования с точки зрения повышения качества жизни и здоровья населения, снижения на него негативного техногенного воздействия, не достаточно рассматривать окружающую природную среду как состоящую из ряда не связанных друг с другом частей. Необходим комплексный подход. Между тем, ни одна из существующих систем и служб наблюдения и контроля за состоянием окружающей природной среды не ориентирована на комплексную оценку состояния окружающей среды, информационную поддержку комплексных природоохранных задач. Такое положение приводит к малоэффективным результатам, как при планировании и реализации природоохранных мероприятий, так и при ликвидации последствий экологических аварий и катастроф.

Авторами предлагается подход к моделированию экологической ситуации, позволяющий осуществлять ее комплексную оценку по совокупному состоянию компонентов природных сред, оказывающих наибольшее влияние на здоровье населения, находящегося на рассматриваемых городских территориях.

Следует отметить, что метод балльных оценок на основе интегрального показателя для экологического состояния природной среды был также введен в государственной программе «Экологическая безопасность России» (1993-1996 гг.). При этом введено пять рангов остроты экологической ситуации (катастрофическая, кризисная, конфликтная, напряженная, удовлетворительная), а ее оценка основывается на оценке соответствующих негативных последствий в природных ландшафтах и здоровье населения.

В разработанной авторами модели осуществляется комплексная оценка экологической ситуации (существующей или прогнозируемой на основе имитационного моделирования) на основе анализа взаимодействия различных факторов, характеризующих состояние компонентов природной среды и инфраструктуры территории, определяющих состояние экологической безопасности. Для реализации данного подхода построены составные модели с применением аппарата нечеткой логики. Их решение синтезируется на основе отдельных элементов знаний, извлекаемых при проведении экспериментальной или модельной оценки показателей качества отдельных параметров природной среды и инфраструктуры территории. Используемые критерии: «уровень загрязнения атмосферы», «уровень шумового воздействия», «уровень воздействия переменных электромагнитных полей»; «уровень инсоляции территории», «степень озеленения территории», «возможность размещения площадок, необходимых для обеспечения экологической безопасности», «уровень насыщенности автотранспортом». Комбинации элементов

данных переменных, реализуемые на основе специально разработанных правил, обеспечивают синтезированный результат работы моделей. Формирование сценариев управления по снижению и предотвращению экологических рисков будет опираться именно на результаты синтезированной оценки.

### **Заключение.**

Созданные методы и модели являются инструментальной основой для проектирования, построения и организации работы систем рассматриваемого класса, которые не только наделены всеми необходимыми функциями в соответствии с аналогами мирового уровня: автоматизированного сбора, обработки, визуализации и предоставления информации всем заинтересованным сторонам; но и функциями интеллектуального анализа данных: интегральной оценки и прогнозирования, ситуационного моделирования, пространственно-временного анализа, формирования и оценки сценариев управления), что позволяет трансформировать полученную экоинформацию непосредственно в результативные рациональные управленческие решения.

Подобные системы должны стать неотъемлемой частью общих интеллектуальных информационных сетей управления функциями города и обеспечить значительное повышение эффективности и результативности управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности городских территорий, как следствие - повышение качества жизни населения.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08055 «р\_офи\_м».*

### **Список литературы:**

1. Иващук О.А., Константинов И.С. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса: монография. М.: Машиностроение. 2009. С. 205.
2. Иващук О.А., Константинов И.С. Обеспечение адаптивного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса // Управление большими системами. М.: ИПУ РАН. 2009. Вып. 25. С. 96-115.
3. Иващук О.А., Константинов И.С. Подходы к созданию автоматизированной системы управления экологической безопасностью урбанизированных территорий // Проблемы региональной экологии. 2013. № 4. С. 196-202.

4. Ivashchuk O., Ivashchuk Or. Automation and Intellectualization to Control the Ecological Situation in the Urbanized Territories. In the Proceedings of the 2013 IEEE 7th Inter-national Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). V. 2. P. 814-820.
5. Иващук О.Д. Интеллектуализация автоматизированных систем управления экологической безопасностью территорий жилой застройки // Информационные системы и технологии. 2011. № 6(68). С. 43-49.
6. Структура системы мониторинга территориальной автотранспортной системы / И.С. Константинов, Н.В. Бакаева и др. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2012. №4. С. 33-37.
7. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука. Гл. ред. Физю-мат. лит. 1986. С. 288.