

УДК 515.2

ПОПОВ В.М.¹, ЧУБ И.А.¹, МОРИЩЕВ Е.В.²

¹ *Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков*

² *Главное управление государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в городе Киеве, г. Киев*

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Предлагается модель системы техногенной безопасности региона, обеспечивающая адаптацию к динамике структуры и параметров потенциально-опасных объектов (ПОО), внешней среды, а также к особенностям территории.

Постановка проблемы

Уровень созданных современной цивилизацией производительных сил достиг такого масштаба, что негативное антропогенное воздействие на природную среду привело к возникновению сложных экологических и социальных проблем. Особое значение данное направление приобретает для Украины в парадигме устойчивого развития, которое предполагает решение в едином комплексе проблем социально-экономического, научно-технического развития и проблем охраны окружающей среды от негативных техногенных воздействий.

Принятые международным сообществом принципы устойчивого развития и закрепленные в программе деятельности по устойчивому развитию «Повестка дня на XXI век» (конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 1992 г.), Йоханнесбургской декларации (Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию, Йоханнесбург, 2002 г.) и других международных документах, охватывающие полный спектр проблем перехода к устойчивому развитию на местном, национальном и мировом уровнях, определяют в качестве основной цели, стоящей перед современным государством, обеспечение наиболее благополучного и безопасного будущего на основе повышения уровня жизни населения, рационального использования природных ресурсов и эффективной охраны окружающей среды, населения и территорий от негативного техногенного воздействия.

Экономическая, социально-политическая и экологическая ситуация, которая складывается на различных территориях страны (в областях, городах, районах, на локальных территориях), определяется не только спецификой местных природно-географических условий, уровнем развития производительных сил, особенностями производственной и транспортной инфраструктуры, но и характером и масштабами негативного воздействия на природную сферу чрезвычайных ситуаций (ЧС) на потенциально-опасных объектах (ПОО) промышленности, транспорта, сельского хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства и т.д.

Множество защитных мероприятий в целях обеспечения безопасности региона (в том числе техногенной) по способам и средствам их реализации можно разделить на пассивные и активные.

Под пассивными методами понимается совокупность мер по предотвращению и минимизации негативного воздействия последствий возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) на природную среду и население региона. Требования пассивной защиты от ЧС закладываются на этапе проектирования, введения в действие или реконструкции потенциально опасных объектов (ПОО) путем выбора оптимальных (рациональных) технических и технологических параметров, инфраструктуры объекта, его расположения на

рассматриваемой территории.

Активные меры обеспечения техногенной безопасности региона состоят в создании эффективной системы техногенной безопасности (СТБ), которая будет учитывать все его особенности в динамике развития и при функционировании которой будет обеспечена высокая результативность защиты от негативного воздействия ЧС техногенного характера при условии сохранения и роста темпов развития региона.

В условиях нестабильной экономики Украины решение проблемы обеспечения приемлемого уровня техногенной безопасности региона связано с повышением эффективности СТБ ПОО и региона в целом. Сложившаяся ситуация требует изменения подходов к вопросам управления техногенной безопасностью, использования системного подхода при принятии решений в данной области.

Анализ последних исследований и публикаций

Несмотря на значительную практическую потребность, в настоящее время отсутствует единый теоретико-методологический подход к построению методов, обеспечивающих адаптивное управление системой техногенной безопасности региона с учетом особенностей территории, динамики множества ПОО и внешней среды. Существующие работы посвящены, как правило, исследованию частных аспектов рассматриваемой проблемы.

В работе [1] рассматриваются вопросы построения автоматизированной системы управления техногенной (экологической) безопасностью промышленно-транспортного комплекса региона. Как отмечается в работе, в настоящее время построение систем техногенной безопасности объектов и систем их управления базируется на использовании стационарных моделей, что становится причиной низкого уровня объективности и существенной задержки принятия и реализации управленческих решений по обеспечению требуемого уровня техногенной безопасности. Эта проблема может быть решена путем создания систем техногенной безопасности, обеспечивающих адаптивность процесса управления к динамике структуры и параметров объекта, внешней среды и к особенностям территории, на которой функционируют объекты.

Снижение социально-экономических и экологических последствий от ЧС техногенного характера может быть достигнуто путем непрерывного мониторинга ПОО. Известен ряд публикаций [2, 3], в которых рассматриваются различные вопросы анализа и моделирования специализированных систем мониторинга, ориентированных на поддержку принятия решений по снижению техногенного риска для окружающей среды и населения. В большей части это связано с разработкой и использованием технических средств автоматизированного контроля, передачи и обработки данных при организации мониторинга на различных территориях и визуализации его результатов. Развитие этого направления идет по пути совершенствования применяемой техники, наращивания числа станций контроля и автоматических датчиков, увеличения контролируемых параметров природной среды. Анализ литературных источников показывает, что в структурах существующих систем мониторинга отсутствуют информационные потоки, обеспечивающие адаптацию к текущим изменениям параметров внешней среды и ПОО, которое в современных условиях характеризуются высокой динамикой.

В работах [4, 5] исследуются проблемы внедрения в СТБ региона геоинформационных технологий для визуализации и пространственного анализа данных, разрабатываются подходы к построению систем поддержки принятия решений для локализации и ликвидации ЧС с использованием ГИС.

Результаты исследований проблемы автоматизации управления техногенной безопасностью промышленных объектов в условиях ЧС приведены в работе [6]. В ней рассматриваются вопросы построения информационной модели системы управления безопасностью промышленного предприятия, проводится анализ критериев оценки

эффективности управления. Однако предлагаемая модель является статической и не учитывает изменения фактического состояния ПОО и окружающей среды на рассматриваемой территории.

Приведенный анализ литературных источников показывает, что на сегодняшний день не существует общей концепции разработки систем техногенной безопасности, которые позволяли бы в полной мере обеспечить информационную и аналитическую поддержку принятия решений по предупреждению, ликвидации и снижению негативных последствий ЧС техногенного характера с учетом изменения параметров ПОО и внешней среды.

Цель статьи – разработка и обоснование модели СТБ региона, адаптивной к изменениям параметров ПОО региона и внешней среды, а также к особенностям территории.

Постановка задачи и ее решение

Для успешного построения СТБ региона необходимо решение следующего комплекса взаимосвязанных задач:

1. Определение целей и основных задач функционирования СТБ на данной территории.
2. Проведение анализа сформировавшегося уровня техногенной безопасности региона.
3. Сравнительное изучение факторов, определяющих негативное техногенное воздействие различных ПОО на компоненты природной среды и население региона.
5. Выработка стратегии снижения негативного техногенного воздействия ПОО на компоненты природной среды и население региона с учетом его специфики и особенностей динамики параметров множества ПОО и внешней среды.
6. Обоснование методов и способов получения оптимальных в условиях сформировавшегося уровня техногенной безопасности региона управленческих (регулирующих) решений для обеспечения его повышения.
7. Определение и обоснование критериев оценки эффективности реализации регулирующих мероприятий по обеспечению повышения уровня техногенной безопасности региона.
8. Проведение оценки имеющихся ресурсов для практической реализации конкретных регулирующих мероприятий по минимизации и устранению негативного техногенного воздействия ПОО на компоненты природной среды и население региона.
9. Обоснование методов проведения динамического контроля и корректировки регулирующих мероприятий по минимизации и устранению негативного техногенного воздействия ПОО на компоненты природной среды и население региона.

Главной целью создания СТБ на заданном иерархическом уровне административно-территориального деления и на локальной территории (зоне влияния функционирующих ПОО) есть предотвращение возникновения ЧС на ПОО, их локализация и ликвидация, а также снижение уровня негативного воздействия на население и территорию с учетом динамики параметров ПОО и внешней среды, а также особенностей территории.

В результате функционирования СТБ региона должны вырабатываться управляющие решения и реализовываться управленческие воздействия по предотвращению и снижению негативного влияния ЧС на регион, которые являются научно обоснованными и рациональными (в том числе экономически).

Для эффективного решения полного спектра поставленных задач, обеспечения автоматизированного управления техногенной безопасностью региона на всех этапах (от сбора информации до реализации управляющих воздействий) моделируемая СТБ региона должна быть наделена следующими основными функциями:

Ф1. Автоматизированный сбор, структурирование и визуализация необходимой информации и получение оценки текущего уровня техногенной безопасности региона.

Ф2. Автоматизированное хранение и обработка информации, необходимой для

поддержки принятия управленческих решений.

Ф3. Автоматизированное формирование набора альтернативных сценариев предотвращения, локализации и ликвидации ЧС, а также снижения ее негативного воздействия на рассматриваемую территорию.

Ф4. Определение и реализация рациональных управляющих воздействий, направленных на повышение уровня ТБ региона и эффективности функционирования СТБ региона.

Ф5. Обмен данными подсистем СТБ региона между собой и с внешней средой.

Реализация всех функций должна быть основана на использовании современного приборного обеспечения, телекоммуникационных и информационных технологий, перспективных методов моделирования.

Установление главной цели и основных функций СТБ региона является основой для формирования ее обобщенной модели, включающей определение внутренней структуры системы и ее основных подсистем, механизмов их взаимодействия друг с другом и с внешней средой.

Для эффективного выполнения множества указанных функций СТБ региона должна включать в свой состав следующие основные подсистемы:

- **подсистема мониторинга (ПМ)**, в которой реализуется функция Ф1.

В ПМ выполняется сбор и визуализация информации о параметрах, характеризующих состояние техногенной безопасности ПОО региона и компонентов природной среды, на которые оказывают негативное влияние ПОО, сбор информации о характеристиках внешнего воздействия на подсистемы СТБ региона, а также предварительная оценка уровня техногенной безопасности, сформировавшегося в текущий момент времени на рассматриваемой территории. Кроме того, здесь осуществляется предварительная обработка данных и передача их по каналам информационной связи в другие подсистемы СТБ региона. ПМ имеет в своем составе ГИС.

На ПМ в составе СТБ региона возлагаются следующие основные оперативно-тактические задачи:

- информационная поддержка работ, выполняемых в целях подготовки и реализации мер по обеспечению безопасного функционирования ПОО;
- сбор, обработка, хранение и передача информации о местоположении, параметрах состояния ПОО, маршрутах передвижения транспорта к ним и других необходимых данных;
- прогнозирование угроз для ПОО и динамики изменения их состояния под влиянием природных, техногенных и других факторов.

Анализ информации, полученной в рамках проведения мониторинга, позволяет не только оценить уровень техногенной опасности, сложившийся под воздействием ПОО на рассматриваемой территории, но и установить причинно-следственные связи между изменениями качества компонентов природной среды и параметров ПОО.

При моделировании и организации функционирования ПМ в составе СТБ региона целесообразно провести ранжирование ПОО (как источников негативного воздействия на компоненты природной среды и население) по уровню их техногенной опасности и предусмотреть создание специализированных ПМ для проведения мониторинга непосредственно в зоне влияния тех ПОО, которые являются наиболее значимыми с точки зрения наносимого ущерба.

- **подсистема хранения данных (ПХД)**, реализующая функцию Ф2.

В ПХД происходит хранение и обработка всей информации, необходимой для поддержки принятия управленческих решений по повышению уровня техногенной безопасности отдельных ПОО и региона в целом.

В своем составе ПХД имеет несколько специализированных баз данных и два банка данных.

Обработка хранящейся информации предполагает формирование базы правил, позволяющих манипулировать данными. Для актуализации и обновления данных и базы правил используется специализированное программное обеспечение, применяющееся как для обработки данных, так и для подготовки отчетной документации.

- **информационно-аналитическая подсистема** (ИАП), в которой происходит реализация функции Ф3.

В ИАП осуществляется накопление, обработка и хранение данных о текущем уровне техногенной безопасности отдельных ПОО и региона в целом, формируется набор моделей, необходимых для решения множества задач поддержки принятия решений по управлению техногенной безопасностью региона.

Следует отметить, что для обеспечения эффективного функционирования СТБ региона необходимо динамичное формирование моделей, адекватных фактическому состоянию ПОО и окружающей среды на рассматриваемой территории. Эти модели будут использоваться для проведения предварительной оценки текущего состояния техногенной безопасности региона, а также для оценки состояния ПМ, ее соответствия современным требованиям к приборному обеспечению и качеству данных. Поэтому ИАП выполняет также функции управления, оценки качества и настройки функционирования других подсистем.

- **управляющая подсистема** (УП), реализующая в составе СТБ региона функцию Ф4.

Целью функционирования УП является решение комплекса задач по выработке и реализации управляющих воздействий с целью повышения уровня техногенной безопасности отдельных ПОО и региона в целом.

В подсистеме осуществляется принятие управленческих решений на основе представленных на рассмотрение альтернативных сценариев управления и результатов предварительной оценки сложившегося в текущий момент времени состояния техногенной безопасности на рассматриваемой территории, а также реализация конкретных управляющих воздействий непосредственно на ПОО, действующих на рассматриваемой территории и определяющих уровень ее техногенной опасности.

Для выполнения указанных функций УП должна иметь, во-первых, достоверную информацию о текущем состоянии техногенной безопасности региона, а во-вторых, достаточно полное множество альтернативных сценариев управления, сформированных на основании прогноза развития ситуации (сложившейся под воздействием ПОО на природную сферу рассматриваемой территории) и интегральную оценку результатов этого прогноза. Эти задачи решаются на уровне подсистемы мониторинга и информационно-аналитической подсистемы.

Необходимой основой для функционирования УП служит успешная реализация функций Ф1 – Ф3.

Система техногенной безопасности региона как сложная организационно-техническая система S характеризуется многоуровневой иерархической структурой и с точки зрения теоретико-множественного подхода может быть представлена в виде:

$$S = \langle M, Y, E, F, R, P \rangle$$

где $M = \{m_i\}$, $i = \overline{1, N_M}$, – это иерархически упорядоченное множество разнородных элементов системы S , реализующие указанные выше функции; $Y = \{y_i\}$, $i = \overline{1, N_Y}$, – множество воздействий внешней среды на элементы M ; $E = \{e_i\}$, $i = \overline{1, N_E}$, – множество состояний элементов M ; $F = \{f_i\}$, $i = \overline{1, N_F}$, – множество отображений, осуществляемых на M , Y и E , $F: (M, Y, E) \rightarrow E$; $R = \{r_i\}$, $i = \overline{1, N_R}$ – множество отношений над элементами M , Y и E ,

связывающих их в единую структуру; $P = \{p_i\}$, $i = \overline{1, N_p}$, – множество частных свойств системы S , каждое из которых определяет частное (локальное) функциональное качество системы (например, способность системы к обнаружению ЧС определенного типа и т.д.), а вместе они характеризуют систему в целом.

Состав множеств M , Y и E для каждого конкретного случая определяется социально-экономическими, природно-климатическими и техногенными условиями рассматриваемой территории, которая находится в зоне влияния ПОО, а также от характеристик комплекса технических средств СТБ региона.

Успешное выполнение СТБ региона возложенных на нее функций осуществляется использованием специализированных подсистем, которым соответствуют подмножества в составе множества M :

- подсистеме управления соответствует подмножество $m_{пу}$;
- подсистеме мониторинга соответствует подмножество $m_{пм}$;
- информационно-аналитической подсистеме соответствует подмножество $m_{иап}$;
- подсистеме хранения данных соответствует подмножество $m_{пхд}$.

Таким образом,

$$M = \{m_{пу}, m_{пм}, m_{иап}, m_{пхд}\}.$$

Тогда множество состояний E компонентов СТБ региона может быть представлено в виде совокупности подмножеств, соответствующих ее подсистемам:

$$E = \{e_{пу}, e_{пм}, e_{иап}, e_{пхд}\},$$

где подмножество $e_{пу} = U$ описывает состояние подсистемы управления по множеству U реализуемых ею управляющим воздействиям на ПОО региона; $e_{пм} = \{Z, Z^*\}$ описывает состояние подсистемы мониторинга (Z – результат сбора информации о показателях X качества компонентов природной среды, характеристиках Q множества ПОО региона и параметрах Y_1 внешних воздействий на СТБ региона; Z^* – результат предварительной оценки состояния ТБ региона); $e_{иап} = \{V, W\}$, описывает состояние информационно-аналитической подсистемы по совокупности управляющих сигналов, обеспечивающих адаптивное управление ТБ региона (V – информационные потоки, поступающие от ИАП в ПУ для выработки управленческих решений, которые являются результатами формирования альтернативных сценариев управления; W – множество управляющих сигналов в ПМ для настройки компонентов ПМ с учетом текущих изменений параметров ПОО и характеристик внешней среды).

Множество внешних воздействий может быть представлено в виде $Y = \{Y_1, Y_2\}$, где Y_1 – множество, элементы которого определяют внешние воздействия на подсистемы СТБ региона: $Y_1 = \{u_{пм}, u_{пу}\}$, где $u_{пм}$ – множество внешних воздействий на подсистему мониторинга, определяющих отклонения зарегистрированных показателей от заданных значений; $u_{пу}$ – множество внешних воздействий на подсистему управления, которое позволяет при выработке управляющих решений использовать внешнюю информацию, например, об изменениях нормативной и законодательной базы, изменении инфраструктуры территории, деятельности различных предприятий, внедрении новых технологий, а также о процессах инфляции и ценовой политики, уровне жизни населения, развитии производства и т.д.; Y_2 – множество внешних воздействий на рассматриваемый регион: $Y_2 = \{u_{кпс}, u_{поо}\}$, где $u_{кпс}$ – множество внешних воздействий на компоненты природной среды, влияющие на образование зон, в которых показатели качества компонентов природной среды не соответствуют санитарно-гигиеническим нормам (природно-климатические параметры, особенности инфраструктуры территории, фон и т.п.); $u_{поо}$ – множество внешних воздействий на ПОО, влияющих на их параметры и определяющие возможность возникновения ЧС (уровень развития производства и технологий, особенности инфраструктуры рассматриваемой территории, социально-экономические приоритеты и др.).

Таким образом, потоки данных, поступающие из внешней среды в СТБ региона, можно объединить в две группы: во-первых, это информация о состоянии внешней среды, которая в дальнейшем используется для формирования набора альтернативных сценариев управления и определения множества мероприятий (управляющих воздействий) по предотвращению, локализации, ликвидации ЧС и снижению негативного влияния на рассматриваемую территорию, во-вторых, это внешние дестабилизирующие воздействия на компоненты СТБ региона, оказывающие влияние на их функционирование;

При функционировании СТБ региона управляющие воздействия U формируются в результате отображения:

$$F_U: (R, Y, U, E) \rightarrow U.$$

Если текущее состояние каждой из подсистем СТБ региона считается заданным, то при математическом описании они представляются как функциональные (входы однозначно определяют выходы), а осуществляемые ими отображения являются декартовыми произведениями соответствующих входов.

При этом в управляющей системе осуществляется следующее отображение:

$$f_{ПУ}: Z^* \times V \times u_{ПУ} \rightarrow U.$$

Данное отображение выполняется при реализации конкретного управляющего воздействия, обеспечивающего предотвращение, локализацию, ликвидацию или снижение негативного воздействия чрезвычайной ситуации, произошедшей на ПОО.

Указанные в модели СТБ региона множества наполняются конкретным содержанием в зависимости от задач, решаемых при управлении техногенной безопасностью региона, а также от особенностей контролируемой территории, производственной инфраструктуры, инженерных сетей, применяемого комплекса технических средств.

Выводы

В статье предлагается модель системы техногенной безопасности региона, приводится функциональная схема и описание основных блоков. Дается также ее теоретико-множественное представление как сложной организационно-технической системы, которая удовлетворяет требованию оперативной реакции на текущие изменения в объекте управления (ПОО) и во внешней среде.

Отличием предлагаемой модели от существующих является наличие контуров обратной связи (внутренних контуров управления), обеспечивающих адаптацию СТБ региона к динамике структуры и параметров ПОО, внешней среды, а также к особенностям территории.

1. Ивашук О.А. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса. /О.А. Ивашук, И.С. Константинов. – М. : Машиностроение. – 2009. – 205 с.
2. Бакланов А.И. Системы наблюдения и мониторинга / А.И. Бакланов. – М: Бином, 2009. – 240 с.
3. Макаров М.И. Принципы построения автоматизированных систем оперативного контроля состояния потенциально опасных объектов/ М.И. Макаров, А.Н. Королев, С. В. Павлов, И.В. Резник // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – №12. – С. 44–46.
4. Заяц Е.В. Применение геоинформационных технологий при управлении безопасностью территорий / Е.В. Заяц С.А. Митакович // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – №8. – С. 29–35.

5. Воронкин С.Г. Интеграция геоинформационных систем с подсистемами принятия решений в интеллектуальных информационных системах/ С.Г. Воронкин, А.Л. Куляница, Г.П. Чекинов // Информационные технологии. – 2005. – № 11. – С. 2–11.
6. Петухов В.В. Информационная модель системы оперативного управления природно-хозяйственными объектами в чрезвычайных ситуациях / В.В. Петухов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008. – № 4. – С. 6-11.

Попов В.М. , Чуб І.А., Морщ Е.В.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ

Пропонується модель системи техногенної безпеки регіону, яка забезпечує адаптацію до динаміки структури і параметрів потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО), зовнішнього середовища, а також до особливостей території.

Popov V.M., ChubI.A., Morshch Ye.V.

INCREASING OF THE REGION SAFETY BASED ON THE ADAPTIVE SECURITY SYSTEMS CREATION

The model of technological security of the region is being represented, which provides adaptation to the dynamics of the structure and parameters of potentially hazardous objects (PHO of the environment as well as to the characteristics of the area.