

К ВОПРОСУ О СИСТЕМНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

© 2003 А.В. Васильев, Л.А. Васильева

Тольяттинский государственный университет

Рассматривается использование системного подхода для обеспечения экологической безопасности. Система обеспечения экологической безопасности современного промышленного города представлена в виде многоуровневого описания.

Природа как объект деятельности человека представляет собой сложную систему, включающую биологическую и абиотическую составляющие. На данном этапе существования нашей планеты природная среда и антропогенная деятельность находятся в неразрывном диалектическом единстве, образуя некоторую систему «природа-общество». Взаимодействие общества и природы невозможно осмыслить без комплексного подхода к нему. Поэтому необходимым условием и средством глубокого понимания любого явления жизни в его взаимосвязях как с более высокими, так и с элементарными его формами и окружающей средой становится системный подход.

Системный подход – это особое направление исследований, ориентированное на изучение специфических характеристик сложно организованных объектов, многообразия связей между элементами, их разнокачественности и соподчинения. Его использование позволяет получить целостное представление об изучаемом предмете. Системный подход можно рассматривать как методологическую основу экологии [1-3].

Под **биологической системой** будем понимать выполняющую некоторую функцию (биохимическая, физиологическая и др.) структуру (клетка, организм, сообществ организмов и пр.), которая взаимодействует со средой и другими системами как единое целое, состоит из подсистем более низкого уровня, непрерывно приспособительно перестраивает свою деятельность по сигналам обратной связи и проявляет свойства са-

моорганизации. Тогда, если элементы, образующие некоторую биологическую систему U , обозначить символами x_1, x_2, \dots, x_n , где n – число элементов, то множество $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, состоящее из всех внутренних элементов, можно назвать составом системы U . Элементы системы x_1, x_2, \dots, x_n связаны между собой. Связи и отношения между элементами системы называются системообразующими, так как они превращают набор элементов в целостную систему.

Кроме того, что элементы биологической системы связаны между собой, они испытывают воздействие со стороны внешних относительно системы объектов, а также сами могут оказывать на них влияние. Например, особи популяции взаимодействуют не только между собой, но и с особями других популяций, а также с метеорологическими, гидрологическими и другими факторами. Это значит, что каждая система не только испытывает воздействие множества внешних по отношению к ней систем ($S_1, S_2, \dots, S_m, S_{m+1}$), но и сама оказывает на них воздействие. При изучении систем, избрав определённую меру интенсивности воздействия, можно установить конечное число внешних систем S_1, \dots, S_m , находящихся во взаимодействии с данной системой.

Множество V , состоящее из всех внешних систем, находящихся в существенной связи с данной системой U , можно назвать непосредственной окружающей средой системы U и обозначить как $V = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, а множество связей элементов системы между собой, а также элементов системы с внеш-

ней средой - структурой системы U : $Y = \{y_1 \dots y_n\}$, где n – число всех рассматриваемых связей, образующих структуру системы U , [3]. С течением времени внешняя среда, состав и структура могут измениться, что можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} V &= V(t) = \{S_1(t) \dots S_k(t)\} \\ X &= X(t) = \{x_1(t) \dots x_k(t)\} \\ Y &= Y(t) = \{y_1(t) \dots y_k(t)\} \end{aligned} \quad (1)$$

Функционирование системы U – закон, по которому в зависимости от внешних факторов $V(t)$ происходит изменение во времени её внутренних элементов $X(t)$ и структуры $S(t)$. Тогда системой $U(t)$, функционирующей в окружающей среде $V(t) = \{S_1(t) \dots S_k(t)\}$, можно обозначить объект $U(t) = U(V(t), X(t), Y(t), F)$, образованный элементами множеств $X(t) = \{x_1(t) \dots x_k(t)\}$, которые связаны между собой и с окружающей средой определёнными связями. Совокупность связей образует структуру системы: $Y(t) = \{y_1(t) \dots y_k(t)\}$. Состав и структура изменяются во времени.

Концепция экосистем по Ю. Одуму [4] является главенствующей в современной экологии - именно на изучение свойств структуры и динамики экосистем должны быть направлены основные усилия экологов. Системный подход к изучению экосистемы заключается в определении образующих её составных частей и взаимодействия с ними объектов окружающей среды, в установлении структуры экосистемы и нахождении функции (закона функционирования экосистемы F), определяющей характер изменения компонентов экосистемы и связей между ними под действием объектов.

Системный подход предусматривает комплексную оценку воздействия экологических факторов на природу с обязательным прогнозированием реакции природы на это воздействие. Согласно теории многоцелевых многоуровневых систем, систему обеспечения экологической безопасности современного промышленного города можно представить в виде страт или уровней описания (рис. 1).

Первый уровень (страта) - это составляющие обеспечения экологической безопасности: защита (безопасность) человека, растительного и животного мира, защита (безопасность) окружающей среды и биосферы в целом.

Второй уровень - базовые составляющие экологической безопасности: защита в условиях воздействия антропогенных факторов, защита в условиях воздействия биотических факторов (кроме антропогенных), защита в условиях воздействия абиотических факторов.

Третий уровень - факторы экологического воздействия в городских условиях: комплекс факторов абиотического воздействия, воздействие человека (антропогенные факторы), антропогенные факторы.

Четвертый уровень - отдельные составляющие факторов экологического воздействия: для антропогенных - энергетические (физические), механические, химические, биологические; для биотических (кроме антропогенных) - воздействие растительного мира (фитогенные факторы), воздействие животного мира (зоогенные факторы), воздействие микроорганизмов (микробиогенные факторы); для абиотических - климатические и геофизические, химические, эдафические, орографические, космические и др.

Пятый уровень - поражающие факторы абиотического и биотического происхождения: для антропогенных биологических – инфекционные заболевания человека, укусы человека животными, птицами и насекомыми, воздействие ядовитых растений, недостаточное питание и др.; для антропогенных физических: вибрация, шум, электромагнитные излучения и электрический ток, инфразвук, тепловое и ионизирующее излучения, ударная волна и др.; и наводнения; для антропогенных химических: общедовитые, кожно-нарывные, удушающие, раздражающие, нервно-паралитические и психологические ОБ; раздражающие, прижигающие, удушающие, общедовитые и наркотические СДЯВ (АХОВ);

Шестой уровень – разновидности поражающих факторов абиотического и биотичес-

кого происхождения: вибрации – общие и локальные, низко- и высокочастотные и др.; шум – периодический и непериодический, низко-, средне- и высокочастотный, широкополосный и тональный и др.; инфекционные заболевания человека - чума, туляремия, сибирская язва и др.

Данные показатели могут быть разбиты и на более детальные (например, непостоянный шум может быть импульсным, прерывистым и колеблющимся во времени).

N-ный уровень – это мероприятия по обеспечению экологической безопасности: концептуальные, политические, экономические, законодательные, научно-технические, информационные, образовательные и др.

Горизонтальными стрелками на рис. 1 показаны взаимосвязи на уровнях описания, вертикальными - воздействия на более низкие уровни и реакции нижерасположенных уровней. Качество работы всей системы обеспечивается обратной связью, т.е. реакциями на вмешательство, информация о которых направляется снизу вверх.

Для каждой страты (уровня) характерны свои модели исследований. На самой нижней N-ной страте используются такие модели, которые позволяют детально оценить целесообразность принятия тех или иных решений по обеспечению экологической безопасности. Например, при оценке по обеспечению шумовой безопасности могут оцениваться характеристики глушителей шума автомобилей, шумоизолирующих экранов, целесообразность выбора комплекса тех или иных мероприятий и пр.

На шестой страте можно выбрать детальный метод моделирования и расчета разновидностей воздействия того или иного поражающего фактора абиотического и биотического происхождения (например, для расчета низкочастотного шума могут быть выбраны аналитические, а для расчета высокочастотного - численные методы).

На пятом уровне могут использоваться физические, химические и информационные соотношения. На этом уровне рассчитываются уровни воздействий различных экологи-

ческих факторов как биотического, так и абиотического происхождения: интенсивность электромагнитного, ионизирующего и теплового излучений; шум и вибрация, токсодозы для отравляющих веществ и предельно допустимая концентрация для СДЯВ (АХОВ), избыточное давление во фронте ударной волны и др.

На четвертой страте рассматривается комплекс антропогенных факторов как основных факторов, создающих угрозу экологической безопасности в условиях современного промышленного города, а также определяются отдельные составляющие антропогенных факторов экологического воздействия.

На третьем уровне устанавливаются обобщенные факторы экологического воздействия в городских условиях: абиотические, антропогенные, фитогенные, зоогенные, микробиогенные.

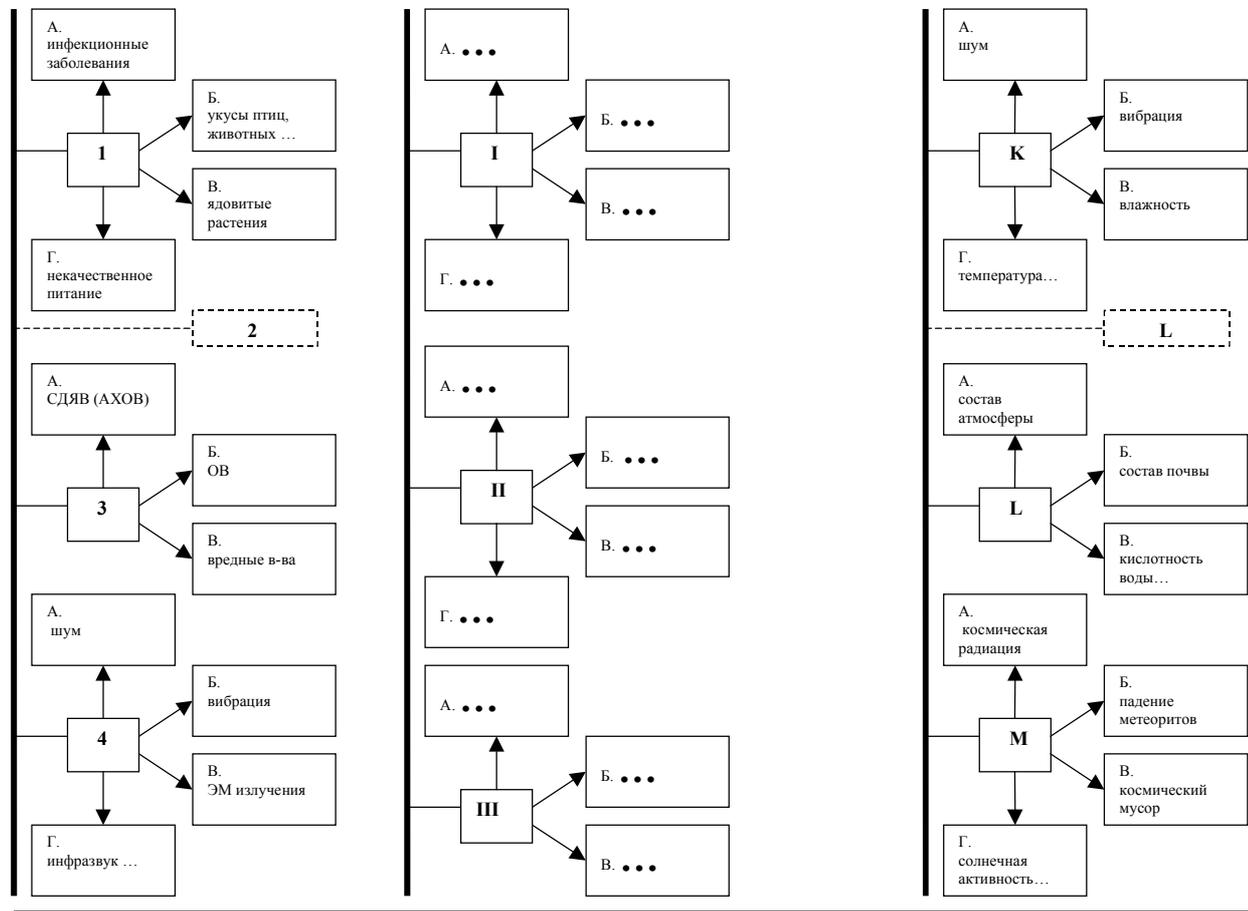
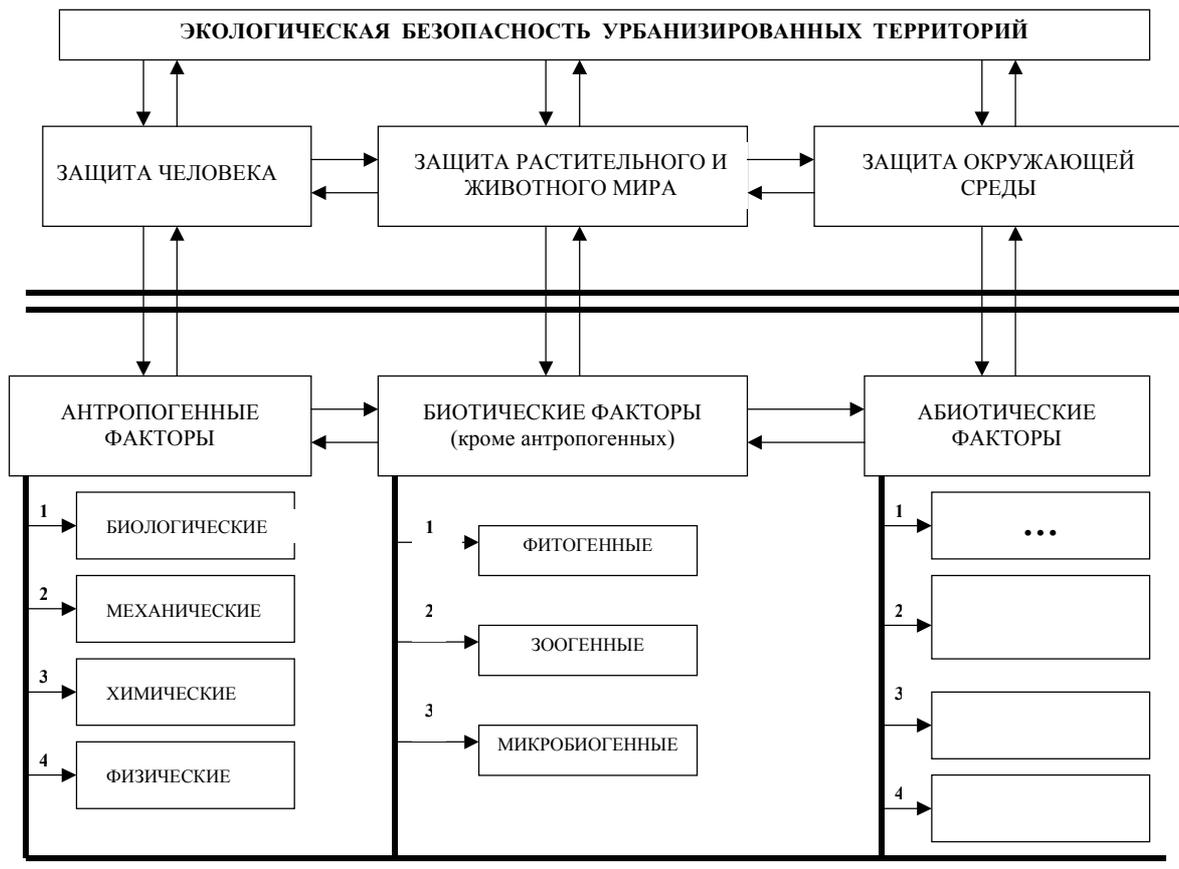
На втором уровне выявляются составляющие обеспечения экологической безопасности и особенности риска возникновения угрозы экологической безопасности для каждой из составляющих.

Наконец, на первом уровне задаются базовые составляющие экологической безопасности, для которых определяется общий риск от воздействия тех или иных экологических факторов с учетом требований экологической безопасности.

Цена C (риск) некоторого действия системы есть функция от состояния среды, представленного m -мерной случайной величиной $S = (S_1, S_2, \dots, S_m)$, и решения, выраженного n -мерной величиной $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$:

$$C = C(S, Y). \quad (2)$$

Человек, машина или система принимают решение Y , основываясь на данных, представленных k -мерной случайной величиной $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$, которая связана с состоянием среды через совместное распределение S и X : $Y = Y(X)$. Для минимизации ожидаемого риска могут применяться различные методы: оценка по Байесу, метод наибольшего правдоподобия, критерий Пирсона; метод наименьших квадратов и др. [5, 7].



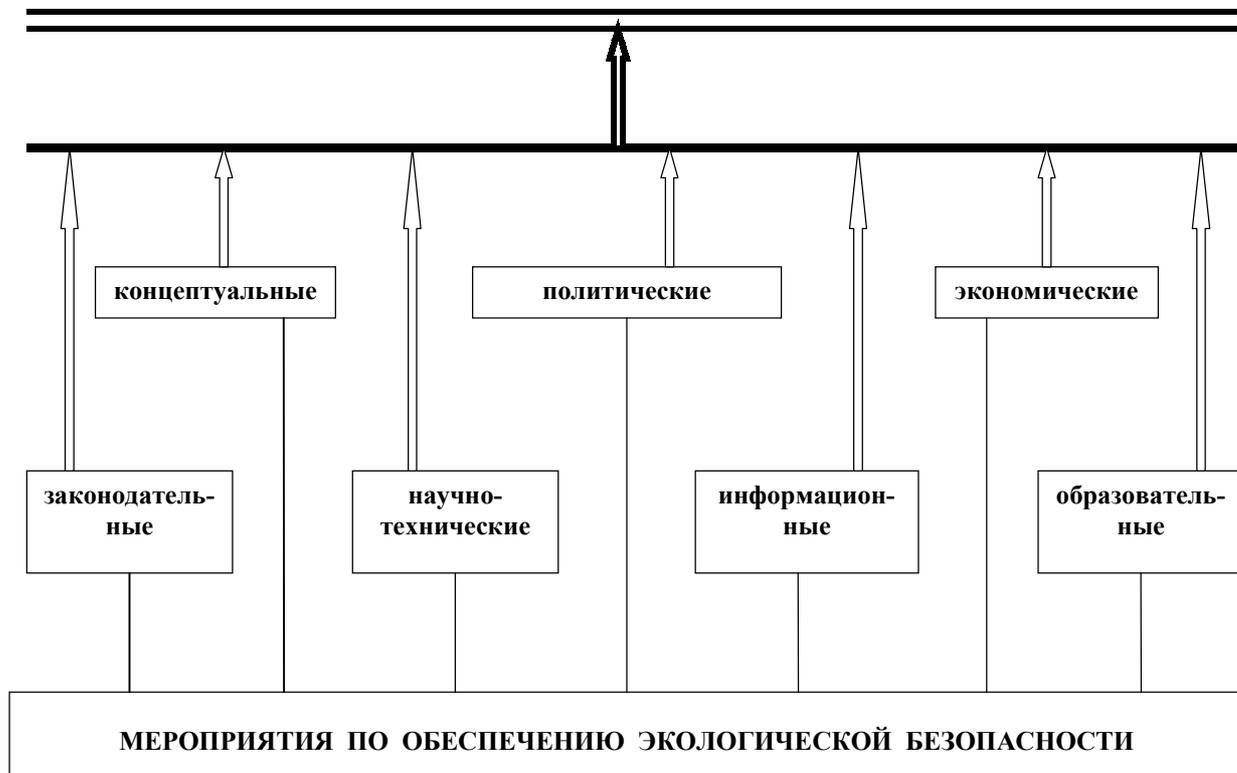
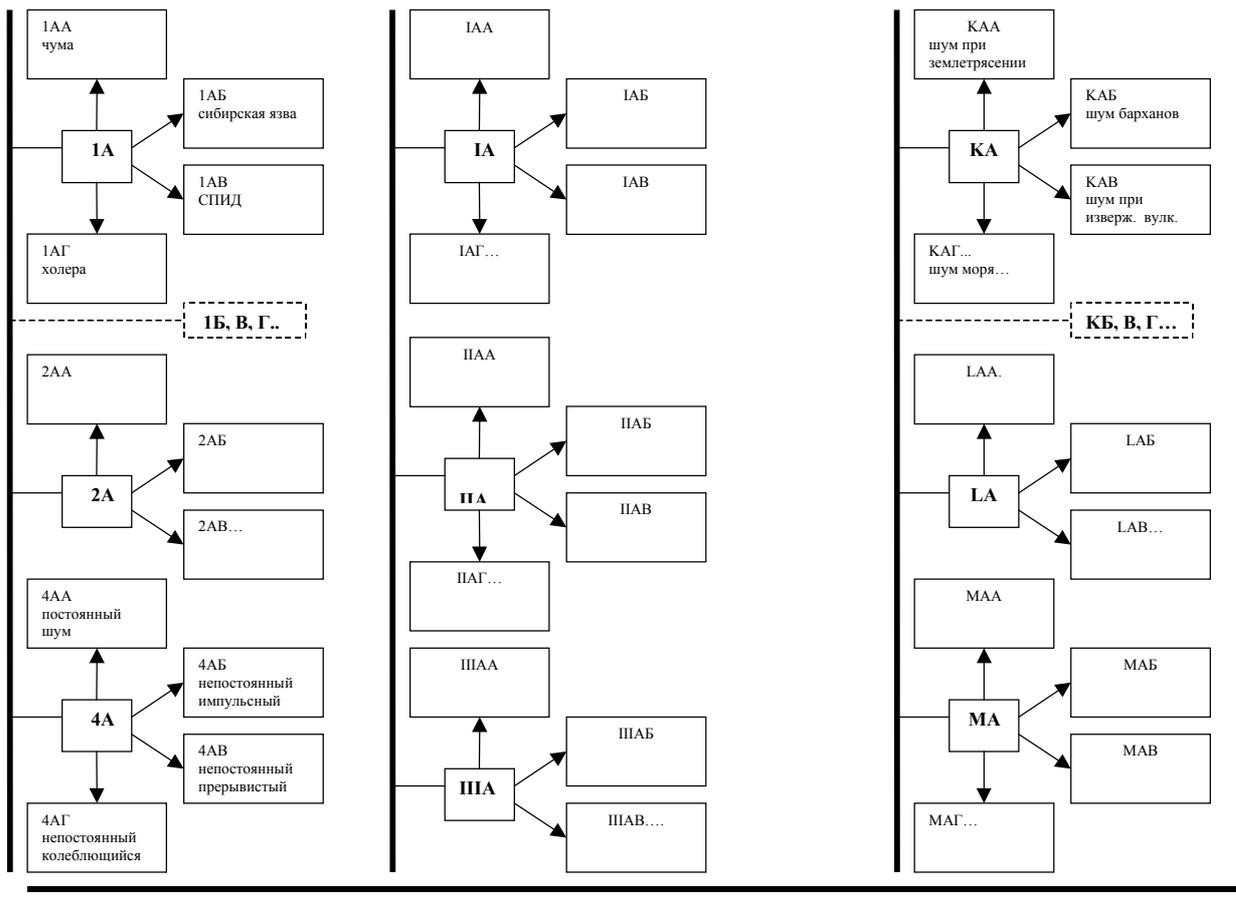


Рис. 1. Системное описание обеспечения экологической безопасности современного города.

Если дано совместное распределение S и X с функцией риска C , представляющей действие системы для каждой комбинации состояния среды и решения, то задача состоит в минимизации ожидаемого риска путем оптимального выбора решающей функции $Y(X)$:

$$MC(S, Y) = \int \int C[S, Y(X)] dF(S, X), \quad (3)$$

где M - математическое ожидание, F - функция распределения.

Мероприятия по обеспечению экологической безопасности могут быть выбраны самые различные. При этом даже простые случаи расчета оптимальных вариантов использования того или иного мероприятия в немалой степени зависят от того, какой критерий оптимизации используется и какие факторы рассматриваются. Так, в основе получения критериев экологической безопасности урбанизированных территорий по шумовому фактору лежат агрегированная оценка нагрузочных характеристик среды, интегральная оценка градостроительной освоенности территории и комплексная оценка конфликтности ситуации [6]. Важно также помнить, что следует не ограничиваться только пассивным снижением имеющегося экологического воздействия, но и прогнозировать дальнейшее изменение воздействий, определять оптимум между потребностями управления в данный момент и потребностями сохранения разнообразия в природной среде в целом.

Таким образом, для проведения комплексной оценки воздействия на биосферу с обязательным прогнозированием ее реакции на

это воздействие и выработкой мероприятий по обеспечению экологической безопасности целесообразно использовать системный подход. Важнейшими инструментами анализа систем являются математика, теория информации, кибернетика. Использование методов системного анализа целесообразно при описании и последующей оценке как всей системы обеспечения экологической безопасности, так и отдельных ее составляющих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: Учебное пособие для вузов. СПб: Химия, 1995.
2. Васильев А.В. Основы экологии в технических вузах: Учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТолПИ, 2000.
3. Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашвили Д.Б. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара, СамНЦ РАН, 1999.
4. Одум Ю. Экология: В 2-х т. М.: Мир, 1986.
5. Лагунов В.С., Калабанов Е.М. Использование методов системного анализа при описании безопасности жизнедеятельности // *Машиностроитель*. 2000. №11.
6. Осипов Г.Л., Пестрякова С.В. Разработка системы экологической безопасности урбанизированных территорий по шумовому фактору // Сб. трудов 4 Всероссийской научной конференции "Новое в экологии и БЖД", 1999. Т.1.
7. Accident management programmes in nuclear power plants. Vienna: IAEA, 1994.

ABOUT THE QUESTION OF PROVISION OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF MODERN CITY

© 2003 A.V. Vasiliev, L.A. Vasilieva

Togliatti State University

Using of system approach for provision of environmental safety is described. The system of provision of environmental safety of modern industrial city is presented as a multilevel description.