

УДК 504.062.2

Мусихина Е.А., к.т.н., проф.  
Хохрин Е.В., доц.<sup>1</sup>  
НИ ИрГТУ, г. Иркутск, Россия.

### СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭВОЛЮЦИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Аннотация:** Изучение законов природы и общества позволяет человеку взвесить реальную ценность своих дел и сопоставить ее с вредной оборотной стороной, которой неизбежно обладает каждое действие, каждое мероприятие. Существующая определенная непреложность развития предполагает мудрость своевременно осознать высшую для настоящего момента ступень и вовремя остановиться, подождать или изменить свой путь развития. Любые пути развития территорий должны рассматриваться на основе сценарного моделирования, позволяющего спрогнозировать эколого-экономическую ситуацию до принятия управленческого решения любого уровня. Синергетический подход к моделированию природных систем, имеющих много степеней свободы, даст возможность создать адекватную, работоспособную модель для изучения и прогнозирования состояния таких систем, как в естественном виде, так и в условиях антропогенной нагрузки.

**Ключевые слова:** моделирование, синергетический подход, организация, параметры порядка, эволюционирование, самоотжественность.

Приходится признать, что количество техногенных катастроф растет с угрожающей скоростью. Любое незначительное происшествие может породить «эффект домино». Соответственно, наука должна озаботиться выработкой новой концепции безопасности, требующей максимальное упрощение объектов и технических средств. Естественная эволюция познания приведет к созданию принципиально новых технологий, материалов и источников энергии. Тогда все случившиеся аварии следует

---

<sup>1</sup> © Мусихина Е.А., Хохрин Е.В.

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

рассматривать как направленные воздействия для быстрой переосмысления наших сложившихся стереотипов.

Однако современная государственная и региональная экологическая деятельность проводится таким образом, что на решение задач экологической безопасности выделяется недостаточное количество средств, несмотря на необходимость эффективной природоохранной деятельности. Кроме того, существует проблема экологического воспитания населения, которая пока носит эпизодический характер. Важнейшая сторона воспитания – это развитие острого восприятия природы и тонкого с ней общения. Притупление внимания к природе – это остановка развития человека, поскольку разучившись наблюдать, человек теряет способность обобщать. Понимание мира через законы диалектики помогает воспитать нового человека, а это очень тонкая работа с индивидуальным анализом и очень тонким подходом. Однако пути назад – к первобытной природе нет, поскольку природа беспощадно жестока и неизбежно уничтожит все, не подчиняющееся ее законам. Изучение законов природы и общества, его экономики приведет к осмыслению знания и как следствие к правильному выбору. Неумение человека взвесить реальную ценность своих дел и сопоставить ее с вредной оборотной стороной, которой неизбежно обладает каждое действие, каждое мероприятие приводит к неверному пути принятия решения. Существующая определенная непреложность развития предполагает мудрость своевременно осознать высшую для настоящего момента ступень и вовремя остановиться, подождать или изменить свой путь развития. Любые пути развития территорий должны рассматриваться на основе

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

сценарного моделювання, дозволяючого спрогнозувати еколого-економічну ситуацію до прийняття управлінського рішення будь-якого рівня.

Прогнозування еколого-економічного розвитку урбанізованих територій повинно здійснюватися на основі системного аналізу, центральним моментом якого є побудова єдиної моделі розвитку територій, що відображає найважливіші фактори та взаємозв'язки реальної системи [1]. Технологічний підхід до побудови моделей міських систем ґрунтується на представленні моделей ресурсного типу. При такому підході стан міської економічної системи описується змінними. Зовнішні впливи та управлінські рішення, що визначають динаміку моделюваної системи є константами. Основною цільовою задачею при цьому буде встановлення балансу використання ресурсів в системі [2].

За думкою фахівців, що працюють в області системного аналізу, існує надто багато об'єктів-систем, але мало власних методів дослідження, інструментарія, розробленого в межах системного підходу, а не запозиченого разом з конкретними застосуваннями з більш старих областей науки. Основне протиріччя теорії систем полягає в тому, що ключові поняття класичного системного аналізу орієнтовані на вивчення систем в статичному стані. При спостереженні за динамічною системою легко переконатися, що чіткість та ясність основних системних понять зникає. Тому ключовим поняттям теорії відкритих систем повинна стати організація, що характеризує головні відносини, що формують систему як ціле і визначають її сутність. Система здійснює процеси

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

самовоспроизводства своих компонентов, составляющих ее организацию, осуществляя, таким образом, свою самоидентичность. Природная система, как и урбанизированная является динамической, самоорганизующейся, нестабильной и плохо прогнозируемой и требует совершенно отличного от классического системного анализа инструментария для исследования процессов жизнедеятельности и эволюционирования открытых сложных систем [3, 4]

Однако задача получения точных моделей и оптимальных решений при изучении и прогнозировании открытых самоорганизующихся систем крайне сложна. Погоня за все более точной моделью приведет к иерархии все более сложных и громоздких математических построений, реальная ценность которых вряд ли будет ценнее обыкновенных выводов, полученных эмпирическим путем. Кроме того, существует проблема измерения: надежные методы измерения переменных при анализе и прогнозе состояний природной среды попросту отсутствуют. Таким образом, исследование природной системы методами «жесткого» моделирования не представляется возможным, поскольку она, как любая открытая самоорганизующаяся система, обладает свойствами трех «н»: нелинейности, нестабильности и непредсказуемости. Использование теории «мягкого» моделирования также не позволяет получить конкретных данных, поскольку является искусством получать относительно надежные выводы из анализа малонадежных моделей. В данном случае акцент ставится не на количественные, а на качественные показатели. Хотя безусловное достоинство такого моделирования – возможность охватить всю проблемную ситуацию,

определить «узкие места» и разработать комплекс мер по улучшению ситуации на основе системных представлений. Однако при исследовании сложных систем, в частности, природной среды с использованием структурно-функционального вида концептуальной модели возникают определенные трудности, связанные с формализацией и большим количеством переменных[3, 5].

Возможно, синергетика как наука об универсальных законах эволюции в природе и обществе, о неустойчивых состояниях, предшествующих катастрофе, о самоорганизации систем позволит выявить определенные закономерности в процессе коэволюции природных и урбанизированных систем и, соответственно, поможет определиться с прогнозом их поведения. Именно синергетика изучает взаимодействия элементов системы, приводящие к возникновению пространственно-временных структур в макроскопических масштабах, уделяя особое внимание их самоорганизации[6].

Синергетический подход к моделированию природных систем, имеющих много степеней свободы, даст возможность создать адекватную, работоспособную модель для изучения и прогнозирования состояния таких систем, как в естественном виде, так и в условиях антропогенной нагрузки. Изначально необходимо определиться с параметрами порядка – базовыми понятиями синергетики. В процессе развития природных систем выделяется несколько главных переменных, к которым подстраиваются все остальные. Такие главные переменные и будут называться параметрами порядка, что значительно упрощает процесс исследования системы. В таком случае, закономерности поведения очень сложных систем могут быть изучены при помощи относительно

простых моделей, включающих относительно небольшое число переменных, что позволит построить иерархию базовых моделей для исследования динамики природных систем.

Параметрами порядка при исследовании природной среды как системы можно считать почвы, воду и воздух. При комплексном исследовании почв территории таким параметром будет рельеф, при исследовании поверхностных водных источников – геометрия русел, при исследовании атмосферного воздуха – роза ветров[7].

Предполагая возведение новых урбопоселений или расширение границ сложившихся, предварительно следует провести геоэкологический анализ территорий. Рассчитав воздействия от различных антропогенных факторов и применив принцип аддитивности, произведем их суммирование по площадям наложения (по плотности воздействия), поскольку лишь после такого анализа можно принять грамотное и обоснованное решение о допустимости или наоборот недопустимости увеличения нагрузки на природную систему любого района. Подобные расчеты необходимы для адекватности оценки антропогенных воздействий на систему и прогнозирования ее состояний после такого воздействия, так как позволяют определить порог устойчивости системы, ту самую точку перехода количественных изменений в качественные (точку бифуркации). Необходимо помнить город это тоже система, образованная из построек и пространства между ними в их сочетаниях и соотношениях. Создание города как системы это сочетание умения и искусства одновременно. Город – это когда вертикали и горизонталы построек и пространства между ними являются в совокупности тем целым, чем не

является простая сумма, простое расположение домов и кварталов, это определенная цельность, единый организм, определенная самооценность [1, 7].

Действуя по схеме: 1) Реальная ситуация – 2) Когнитивная модель (формируемый некий мысленный образ объекта) – 3) Содержательная модель (описательные, объяснительные и прогностические) – 4) Концептуальная модель (логико-семантическая, структурно-функциональная и причинно-следственная модели) – 5) Формальная модель (математическая или компьютерная) – получим выход на результат.

Под когнитивным подходом, имеющим множество ракурсов, понимается решение традиционных проблем методами, включающими процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания.

Последующее построение содержательной модели позволяет получить новую информацию о поведении системы, выявить взаимосвязи и закономерности и будет являться, по сути, постановкой задачи.

Концептуальная модель позволит достичь определенного уровня абстрагирования на переходе от описательной модели к формальной, основывается на теоретических концепциях и конструктивных элементах данной предметной области знания.

Построение модели лишь первая часть процесса моделирования, вторая – это экспериментирование с моделью. Поскольку хорошая работоспособная модель своего рода инструмент, предназначенный для упорядочения и структурирования опытных данных и служащий для решения конкретных задач [1, 3]

Рассмотрим суть пространственно-временной модели [7, 8] оценки риска ущерба комплексной оценки природной среды территорий, состоящей из конкретных, тесно взаимосвязанных в пространстве и времени подсистем: почвенного покрова, водных ресурсов, атмосферного воздуха. Каждая из перечисленных подсистем иерархична (состоит из последовательно «вложенных» один в другой элементов), и фрактальна, а значит, обладает свойствами самоподобия в структурной организации пространственных элементов независимо от масштабного уровня в последовательном (ранжированном) ряду их размеров [4,6,7].

Учитывая иерархическую структурированность окружающей среды и адекватную ей структурированность времени, соответствующую различным уровням природной системы, перейдем к обоснованию концептуальной (теоретической) модели оценки состояния природной среды территории Иркутской области. Известно, что все фрактальные системы обладают свойством *нелинейности*. Это одно из фундаментальных свойств, характеризующих природные системы, формирование которых происходило в режиме самоорганизации. Фрактальное расширение области воздействия на окружающую среду предопределяет также нелинейный характер затухания степени локального воздействия (от отдельно взятого города) при распространении его на постепенно увеличивающийся размер окружающего пространства.

Интенсивность локального воздействия будет нелинейно уменьшаться с увеличением радиуса исследуемого пространства. Так, на локальных объектах степень воздействия чрезвычайно высока и носит дискретный (импульсный) характер. Далее, она сначала



## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014

резко, а затем постепенно, нелинейно снижается, плавно переходя к значению, близкому к нулевому, на уровне области. Аккумуляция же энергии (жизненной силы) окружающей среды, обусловленная свойствами времени, будет максимальной именно на уровне области в целом и минимальной на уровне локального объекта (города). Таким образом, плотность воздействия находится в обратной зависимости от размеров пространственных элементов системы с соответствующим ходом времени, а аккумуляция энергии – в прямой зависимости.

В качестве формальной модели для расчета риска ущерба антропогенного воздействия, наносимого почвам служит выражение:

$$Y = \frac{ПДК \cdot S_{нар}}{S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left( \frac{1}{Ck} \right)^{n-1}, \text{ где}$$

- ПДК - уровень предельно допустимой концентрации химического элемента – токсиканта;
- $S_{нар}$  – площадь загрязненных токсикантами земель;
- $S_{общ}$  – это площадь территории Иркутской области.
- $Ck$  – скейлинговый коэффициент – масштабный коэффициент подобия, принимаемый равным 2,95 (согласно расчетам);
- $T_{max}$  – время жизни компонента, принимаемое за 100 лет (время формирования 1 см плодородного слоя);
  - $n$  – количество уровней системы, для которых производится расчет, в данном случае от 1 до 3;
  - $K_{св}$  – коэффициент связи, принимаемый равным 3 (почвы, вода и воздух).

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

Осуществляя экспериментирование с моделью - подставляя в формулу принятые значения, а также данные по площадям и данные мониторинга окружающей среды исследуемого района, можно получить комплексную оценку ущерба, наносимого природной среде этого района, т.е. определить время, необходимое для восстановления почвенного покрова. Таким образом, время рассматривается как показатель дисконтирования затрат на восстановление природной среды, с возможностью расчета риска ущерба в виде условных временных единиц.

Прогнозирование состояний урбанизированных территории под антропогенной нагрузкой крайне сложно, особенно на длительном временном интервале, поскольку все фрактальные системы обладают свойствами нелинейности, нестабильности и непредсказуемости. Синергетический подход к моделированию урбанизированных территорий позволяет создать адекватную, работоспособную пространственно-временную модель для исследования и прогнозирования состояния таких сложных систем. Определение областей риска позволит вычислить площади, требующие восстановительного воздействия, для вывода системы из хаотического состояния иногда даже с помощью малых, но точных и своевременных мер.

### **Библиографический список:**

1. Мусихина Е.А., Хохрин Е.В., Сунатори О.М. Развитие урбанизированных территорий сценарное моделирование. – Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co, Германия, 2012. – 95 с.

2. Постановление коллегии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 02 апреля 2008 г.

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (11) 2014**

3. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: учебное пособие для вузов/ Ю.М. Плотинский. - М.: Логос, 2001. – 296 с.

4. Пригожин И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой/ И. Пригожин, И. Стенгерс. - М.: Едиториал УРСС, 2003. – 312 с.

5. Мусихина Е.А. Методика комплексной оценки экологической емкости территорий // Вестник МГОУ. 2008. №3. Серия «Естественные науки». С.18-25.

6. Кроновер Р.Н. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории/ Р.Н. Кроновер. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.

7. Мусихина Е.А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. – М.: Издательство «Академия Естествознания», 2009. – 137 с.

8. Musikhina E.A., Hohrin E.V, Sunatori O.M. Scientific Substantiation of the Theory of Town Development // European Journal of Natural History, №3. London, 2012. P. 41-42.

**Abstract.** studying of laws of the nature and society allows the person to weigh real value of the affairs and to compare with it to a harmful back which each action inevitably possesses, each action the Existing certain unalterability of development assumes wisdom to realize in due time the maximum for the present moment a step and in time to stop, wait or change the way of development. Any ways of development of territories should be considered on the basis of сценарного the modelling, allowing to predict a еколого-economic situation before acceptance of the administrative decision of any level. Синергетический the approach to modelling the natural systems having of many degrees of freedom, will enable to create adequate, efficient model for studying and forecasting of a condition of such systems, both in a natural kind, and in conditions of anthropogenous loading

**Keywords:** modelling, synergetic the approach, the organization, parameters of the order, evolution, self-identity.

*Стаття надійшла до редакції у листопаді 2013р.*