

## ПОИСК НОВЫХ ПОДХОДОВ В ИССЛЕДОВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ

Рассматриваются различные подходы в анализе безопасности техногенных, природных и экологических рисков на примере Байкальского региона. Обозначены предпосылки для разработки нового системного подхода к анализу безопасности функционирования глобальной системы: человекосфера–окружающая среда–техносфера в свете современных реалий. В качестве объекта исследования предлагается новая модель системы «Человекосфера» и взаимодействия ее частей.

**Ключевые слова:** человекосфера, окружающая среда, техносфера, глобальная система, анализ безопасности, аналоговая модель, накопитель ошибок, коалиция, обратные и прямые связи, фазовый портрет системы, компромисс подсистем.

E.Yu. Sarafanova

## SEARCH FOR NEW APPROACHES TO STUDYING SAFETY MATTERS OF COMPLEX SELF-ORGANIZING SYSTEMS

The article deals with various approaches to analyzing safety matters of technogenic, natural, and ecological risks by the example of Baikal region. The author points out prerequisites for working out a new systemic approach to the analysis of safe functioning of the global system: the human sphere–the environment–the technosphere in the context of the contemporary reality. A new model of «Human sphere» system and interaction of its parts is suggested as the object of the research.

**Keywords:** human sphere, environment, technosphere, global system, safety analysis, analogue model, error store base, coalition, reverse and direct contacts, system phase portrait, compromise of subsystems.

**Актуальность проблемы.** Постоянное увеличение потребления энергии и энергоносителей, появление новых технологий и материалов, и воздействие других техногенных факторов на протяжении нескольких десятилетий привели в настоящее время к резкому ухудшению качества среды обитания человека и других природных сообществ. Общеизвестный факт — что современный уровень негативного воздействия человеческой деятельности приблизился к своему критическому значению [1; 3]. Пожалуй, трудно сейчас найти территорию, населенную людьми, для которой эта тема не являлась бы актуальной. Байкальский регион не является в этом плане исключением и задача долговременного устойчивого развития стоит сейчас перед каждым ее субъектом. Особенность сегодняшнего времени состоит в том, что при оценке безопасности территории необходимо учитывать помимо ее региональных особенностей изменение системных свойств окружающей среды, в нашем случае — мировой кризис.

Современные тенденции развития общества в условиях мирового кризиса еще раз ярко показали, что для обеспечения безопасности сложных систем необходимо учитывать изменение системных свойств окружающего мира. Сейчас нельзя рассматривать какую-либо сложную сис-

тему (страну, регион) в отрыве от окружающей ее реальности, какие бы формы она не приобретала.

В силу эмерджентности сложных систем, возможно появление новых, неожиданных свойств, которые могут привести к тому, что система начинает себя вести «парадоксальным» образом. Касается это как всей сложной системы, так и ее подсистем. Все это существенно осложняет анализ функционирования сложных систем. Поэтому на современном этапе анализ проблемы безопасности сложных систем может быть основан только на междисциплинарном подходе, опирающемся на математику, естественнонаучные дисциплины и достижения гуманитарных наук.

Байкальский регион можно с уверенностью отнести к уникальному объекту в плане исследования методами системного анализа. С чем это связано? С одной стороны, озеро Байкал, расположенное на территории региона относится к уникальным охраняемым природным объектам. Последнее затрудняет или делает невозможным развитие техносферы на его побережье.

С другой стороны, ряд экологически опасных объектов на территории Байкальского региона, в первую очередь, непосредственно на побережье Байкала (ОАО «Байкальский ЦБК» (хлор, серная кислота, едкий натр), ОАО «Парус» (аммиак), Култукское предприятие по обеспечению нефтепродуктами и др.), образуют область повышенного риска для озера Байкал и обуславливают возникновение ЧС техногенного характера.

И наконец, существование свойственных региону опасных природных рисков и ухудшение показателей состояния социально-трудовой сферы на фоне мирового кризиса завершают полный спектр проблем и противоречий, препятствующих гармоничному развитию региона.

Все вышесказанное позволяет говорить об актуальной на сегодняшний день задаче — разработке новых стратегий и действий по урегулированию сложившихся противоречий для гармоничного развития всех составляющих жизнедеятельности региона. Задача является междисциплинарной и сложной, поэтому требует применения системных методов для получения продуманной основы для принятия взвешенных и среднесрочных прогнозов. Здесь необходимо отметить, что эта задача является многоцелевой и ее цели находятся в противоречии. Доминирующей целью в данном случае следует считать повышение системности.

*Подходы к анализу безопасности глобальной системы.* До недавнего времени задача безопасности населения и окружающей среды сводилась к инженерной задаче создания новых безопасных технологий. То есть практиковался подход в проблеме безопасности, ориентированный на источник безопасности. В рамках этого подхода для ОАО «Байкальский ЦБК» задача экологической безопасности была сведена к проблеме перепрофилирования производства с целью уменьшения вредного воздействия.

После ряда крупных техногенных аварий, не прекращающихся и в наше время, произошло смещение ориентации систем безопасности в сторону человека и окружающей среды, подвергающихся воздействию [2; 3]. Здесь безопасность рассматривается не как свойство промышленного объекта, а как защищенность человека и окружающей среды. Основные положения такой концепции безопасности полностью были отражены в материалах «Байкальской декларации» о сохранении биоразнообразия [2]. С точки зрения такого подхода ОАО «Байкальский ЦБК» необходи-

мо полностью закрыть. Реализация решения о закрытия привела к росту социальной напряженности в г. Байкальск.

Как показала практика оба подхода, примененные по отношению к ОАО «Байкальский ЦБК» не принесли ожидаемых результатов. Внедрение механизмов экологической политики в практику хозяйствующих субъектов в соответствии с «Байкальской декларацией» о сохранении биоразнообразия так и остались бумажными реалиями [2].

Оба случая проведения мер безопасности показали отсутствие применения системного подхода и продуманного управления сложившейся ситуацией. В результате оказались противопоставленными интересы жителей г. Байкальска и персонала ОАО «Байкальский ЦБК» и экологические интересы населения Байкальского региона в плане экологической безопасности.

По мнению автора концепция анализа безопасности сложной системы должна опираться на оба сложившихся подхода, объединенных целью достижения устойчивого и гармоничного функционирования населения, экосистемы и техносферы. Причем интересы человека и окружающей среды в анализе безопасности должны доминировать и задавать ограничения для всей процедуры анализа безопасности. Но каким образом? Как показала опыт решения проблем, связанных с негативной деятельностью ОАО «Байкальский ЦБК», способ решения во многом зависит от заявленной глобальной цели и ее последовательной реализации посредством решения совокупности локальных целей.

В настоящей работе предлагается рассматривать безопасность глобальной системы (ГС): человекосфера — окружающая среда — техносфера. Примерная схема ГС изображена на рис. 1.

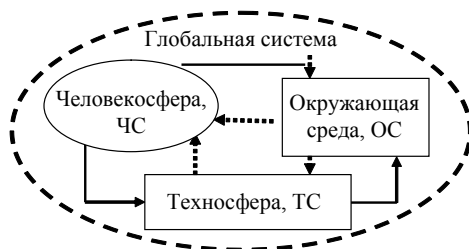


Рис. 1. Модель глобальной системы

Здесь сплошными линиями обозначены прямые связи, а пунктирными — различные типы обратной связи. В рамках предполагаемого подхода безопасность рассматривается как защищенность от негативного воздействия человекосферы, которая имеет доминирующую роль. Каждая часть ГС из-за наличия положительных обратных связей рассматривается одновременно как источник опасности, и как объект негативного воздействия. Все части ГС находятся в тесном взаимодействии друг с другом. Глобальная цель ГС состоит в гармоничном развитии системы в общем при наличии адаптирующихся подсистем, имеющих динамические весовые коэффициенты важности. Учитываются как внутренние, так и внешние воздействующие факторы стохастической природы.

Описательные и математические модели окружающей среды и техносферы достаточно полно и подробно рассмотрены в большом количестве литературы. В настоящем докладе особое внимание уделяется структуре модели человекосферы. Структуру модели системы человекосфера (ЧС) можно представить как совокупность следующих составляющих:

1. Коалиция (союз) мыслящих, эмоциональных структурных единиц.
- 2 Цепочки причинно-следственных связей, количество которых определяется с помощью некоторого уравнения.
3. Накопитель ошибок (программа самоуничтожения).
4. Оптимальная программа развития (параметры порядка, интегральные критерии и др.), подчинение глобальной цели.
5. Программа ограничений (запретов).

Как видно из рис. 2 накопление ошибок происходит внутри коалиции при нарушении ею системы ограничений. Оптимальная программа находится внутри системы ограничений. Программа самоуничтожения в виде накопителя ошибок не позволяет плохоуправляемой части разрушить всю систему.

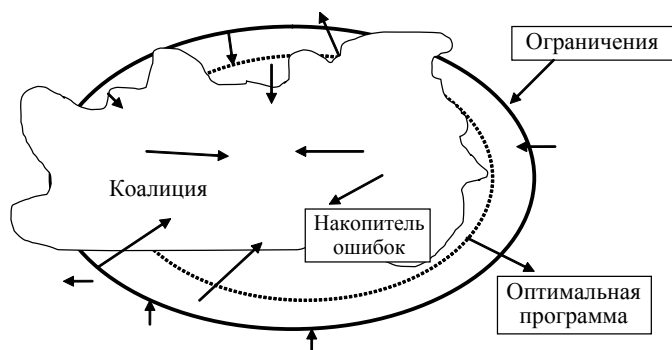


Рис. 2. Схематичное изображение структуры системы «Человекофера»

Вышеприведенная структура модели ЧС основана на известном в кибернетике положении, согласно которому человеческую сферу можно рассматривать как некоторое аналоговое устройство. С другой стороны, человекофера, обладая такими качествами как самоорганизация и эмерджентность  $S \neq \sum_{i=1}^m y_i$ , всегда допускает вероятность неправильной интерпретации поступающей на вход информации, источником которой является окружающая среда. В результате возможно развитие информативного конфликта между частями ГС, величину которого можно оценить по формуле Винера–Шеннона [1; 3; 4]:

$$I = -\sum p_i \log_2 p_i.$$

Качественный анализ глобальной системы можно осуществить с помощью построения ее фазового портрета на основании математической модели системы в форме системы дифференциальных уравнений [там же]:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, \dots, x_n).$$

Таким образом, опыт различных управленческих решений показал необходимость системного, целостного подхода к решению любых проблем Байкальского региона, связанных с управлением сложных систем или процессов, а также необходимость ликвидации безграмотности в теории управления сложными системами в руководящих органах, принимающих решения.

#### Список использованной литературы

1. Быков А.А. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы / А.А. Быков, Н.В. Мурзин. — СПб.: Наука, 1997. — 245 с.

2. Декларация целей, задач и основных принципов стратегии сохранения биоразнообразия экосистемы озера Байкал. — Иркутск, 1999.

3. Саркисян С.А. Прогнозирование развития больших систем / С.А. Саркисян, Л.В. Голованов. — М.: Статистика, 1975. — 192 с.

4. Сарафанова Е.Ю. Разработка новых подходов в анализе безопасности системы «Техносфера-Экосистема» / Е.Ю. Сарафанова, Е.И. Скур'ят; ИСЭМ СО РАН. Препринт. — Иркутск, 2001. — Ч. 1: Сравнительный анализ. Постановка стохастической задачи. — 61 с.

### Bibliography (transliterated)

1. Bykov A.A. Problemy analiza bezopasnosti cheloveka, obshchestva i prirody / A.A. Bykov, N.V. Murzin. — SPb.: Nauka, 1997. — 245 s.

2. Deklaratsiya tselei, zadach i osnovnykh printsipov strategii sokhraneniya bioraznoobraziya ekosistemy ozera Baikal. — Irkutsk, 1999.

3. Sarkisyan S.A. Prognozirovanie razvitiya bol'shikh sistem / S.A. Sarkisyan, L.V. Golovanov. — M.: Statistika, 1975. — 192 s.

4. Sarafanova E.Yu. Razrabotka novykh podkhodov v analize bezopasnosti sistemy «Tekhnosfera-Ekosistema» / E.Yu. Sarafanova, E.I. Skur'yat; ISEM SO RAN. Preprint. — Irkutsk, 2001. — Ch. 1: Sravnitel'nyi analiz. Postanovka stokhasticheskoi zadachi. — 61 s.

### Информация об авторе

*Сарафанова Елена Юрьевна* — кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информатики и методики обучения информатике, Восточно-Сибирская государственная академия образования, г. Иркутск, e-mail: sarafanova\_elena@mail.ru.

### Author

*Sarafanova Elena Yuriyevna* — PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Chair of Computing and Computing Teaching Technique, East Siberian State Academy of Education, Irkutsk, e-mail: sarafanova\_elena@mail.ru.