

**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.

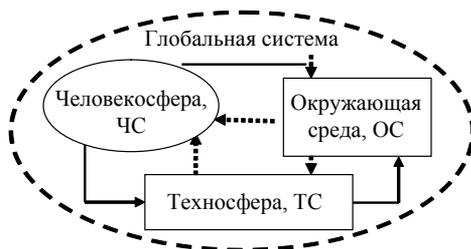


Рис. 1. Модель глобальной системы

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.

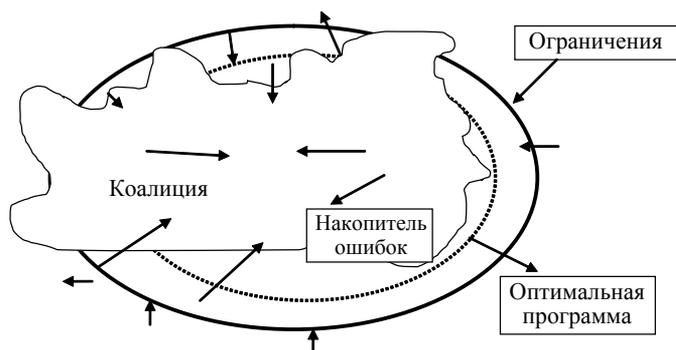


Рис. 2. Схематическое изображение структуры системы «Человекосфера»

Вышеприведенная структура модели ЧС основана на известном в кибернетике положении, согласно которому человеческую сферу можно рассматривать как некоторое аналоговое устройство. С другой стороны, человекосфера, обладая такими качествами как самоорганизация и эмерджентность  $S \neq \sum_1^m y_i$ , 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.