

Неопределенность – фактор обеспечения безопасности в условиях катастроф

Вячеслав Клячин

Ситуации, с которыми приходится сталкиваться ученому в исследовательской деятельности, связаны с тем, насколько широко и полно он обладает данными о предмете и объекте своих научных изысканий. Бывает, что исходные сведения представлены в достаточном объеме и исследователю необходимо только проанализировать имеющуюся информацию и сделать соответствующие выводы. При недостаточной или неполной информации из-за случайного характера развития событий методы их анализа базируются на теории вероятностей и математической статистике. Случайные события (процессы) описываются статистически обоснованными законами распределения вероятности их наступления или математическими ожиданиями, дисперсиями. Здесь говорят о системе рисков.

В тех случаях, когда недостаточность информации об исследуемом объекте, его свойствах или состоянии ведут к тому, что вероятность (как возможность) события и (или) его последствия оценить невозможно, говорят о неопределенности.

В словаре Ожегова [1] приводятся следующие значения этого термина:

- точно неустановленный,
- не вполне отчетливый,
- уклончивый.

Синонимами категории «неопределенность» являются стихийность, аморфность, анархия, хаос, которые находятся в противоположных отношениях с понятиями «порядок», «норма», «предсказуемость».

КЛЯЧИН Вячеслав Матвеевич – кандидат технических наук. *E-mail:* Klyachinv@mail.ru

Ключевые слова: неопределенность, радиационная катастрофа, теория катастроф, нечеткая логика, безопасность, принятие решений в условиях неопределенности.

По своей сути неопределенность присуща в различной степени и форме любым наблюдениям. Источники неопределенности могут быть в собираемых данных, используемых методиках и моделях в связи со сделанными допущениями, в отсутствии достоверных научных данных, в непредсказуемости ответных реакций со стороны индивидуумов и т.д. В самом общем виде различают три аспекта неполноты информации: неточность, неопределенность, нечеткость.

После открытия В.Гейзенбергом принципа неопределенности в квантовой физике (1927 г.) понятие «неопределенность» оказалось в центре внимания ученых. Признание правила универсальности неопределенности в научном познании постепенно стало всеобщим.

Понятие неопределенности используется при описании неполноты информации в современной теории управления [2], в математической логике, в приложениях искусственного интеллекта – для обозначения степени истинности утверждения [3].

В тех случаях, когда классические средства теории вероятности не могут описать реально происходящие события, применимы положения теории размытых множеств – математической теории, разработанной для моделирования неоднозначности, неточности или нечеткости человеческого мышления. Для неопределенных или нечетких событий отсутствуют законы распределений. Задаются лишь диапазоны значений описывающих данные события характеристик (параметров, признаков) и некоторые гипотетические степени принадлежности данным диапазонам [4].

В настоящее время теория размытых множеств получила достаточное развитие, положительно зарекомендовав себя как инструмент решения задач классификации, управления и принятия решений. Аппарат теории размытых множеств позволяет при выборе систем управления отказываться от сложных и дорогих вариантов, основанных на решении дифференциальных уравнений.

Эффективность размытой логики заключается в разбиении размытой информации на составные элементы и предоставлении возможности проведения вычислений, оперирующих обычными словами естественного языка. При этом процессы управления описываются с использованием субъективных и привычных для человека качественных оценок типа «мало – много», «горячо – холодно», «хорошо – плохо» и т.д. и привязкой этих оценок к строгому математическому аппарату [5].

Это отчасти положительно выделяет данную теорию в сфере прикладных исследований размытых систем как единственную математически оперирующую со смысловым содержанием слов, что является новым средством связи человека с информационными системами.

Наряду с этим за прошедшие годы были созданы различные системы искусственного интеллекта, такие как экспертные системы, нечеткие системы, системы поддержки принятия решений, искусственные нейронные системы и т.п. При этом под системой поддержки принятия решений понимаются интерактивные автоматизированные системы, помогающие лицу, принимающему решения (ЛПР), использовать данные и

модели для решения слабоструктурированных проблем [6].

Компьютерные системы поддержки принятия решений представляют человеку информацию для окончательного выбора. В условиях неопределенности ЛПР должно выбирать действия, совместные с его ощущениями и представлениями. Далее эти субъективные ощущения о встречающихся неопределенностях включаются в формальный анализ задачи [7].

Окончательное принятие решений все же остается за человеком. Человек, постоянно сталкиваясь с размытой, неточной информацией, эволюционно выработал механизм подготовки выводов очень высокого уровня в соответствии со здравым смыслом.

Можно привести высказывание академика Нью-Йоркской академии наук А.Г. Мадеры: «...предсказание человеческого поведения на основе применения физических законов обречено на неудачу в принципе, поскольку, даже если бы и удалось вывести такие уравнения, их невозможно было бы решить как в силу огромного числа задействованных в них частиц, так и присущей им хаотичности решений, когда малейшее изменение в параметрах приводит к совершенно другому поведению системы» [8].

«Наука не может предсказать будущее человека, даже если это будущее есть» [9].

Поэтому решение задач неопределенности остается важной и сложной научной проблемой, связанной прежде всего с выработкой методики предсказания событий. Несмотря на значительные успехи теоретических исследований последних лет, практическая их реализация остается еще далеко в области желаемого – предсказывать с помощью теоретических выкладок пока еще не научи-

лись. Именно поэтому любое, даже незначительное продвижение теоретической мысли по решению практических задач предсказания считается крупным научным достижением.

Примером может послужить недавнее вручение Нобелевской премии по экономике за 2013 г. американским ученым-практикам Роберту Шиллеру, Юджину Фаму и Питеру Хансену за предсказание алгоритма изменения цен акций на рынке.

Как говорилось в сообщении Нобелевского комитета, «способа предсказать, сколько будут стоить акции и облигации в ближайшие дни или недели, нет, но вполне возможно предвидеть, как цены будут изменяться в долгосрочном периоде: от трех до пяти лет». Вместе с тем, как считает главный научный сотрудник Института экономики РАН Борис Хейфец, «...научные труды этих ученых – серьезный и теоретический, и практический вклад в современную экономическую науку» [10].

Большой практический и теоретический интерес представляет управление в условиях критических ситуаций. Любая экономическая деятельность, к примеру, сопряжена с рисками или критическими ситуациями, с неопределенностью. В ряде случаев требуется применение особых методов управления.

В данном случае для условий неопределенности процесс управления можно разбить на несколько стадий:

– анализ – осуществляется размытая оценка состояния объекта управления и внешней среды с учетом множества различных факторов, часто не поддающихся количественному описанию;

– планирование – устанавливаются основные цели, качественное определение желаемого состояния объекта управления в будущем, а также главное направление его развития, директивы, общие принципы,

модель выбора деятельности объекта в конкретных ситуациях;

– реализация решений – в соответствии с принятыми частными решениями осуществляется выбор конкретных управленческих решений из имеющегося набора альтернатив;

– контроль выполнения решения – производится качественное обобщенное сравнение целей и фактических результатов, а именно: в течение всего процесса управления ЛПР оперирует с плохо формализуемыми, сложными задачами, чаще всего не имеющими однозначного точного решения, описанными качественными, неоднозначными характеристиками, т.е. отсутствие способа идентификации объекта исследования в условиях неопределенности делает невозможным формализацию самого процесса управления.

Условия неопределенности определяют свои подходы к построению соответствующей модели системы управления.

Для нее характерны следующие черты.

1. Наряду с подсистемой управления ЛПР (руководителя) присутствуют подсистемы целенаправленных индивидуумов, осуществляющих управление на основе субъективных моделей. Это приводит к большому разнообразию поведения системы в целом.

2. Алгоритм управления системой управления вырабатывается самостоятельно и не всегда совпадает с требованиями общего внешнего алгоритма развития событий.

3. На этапе оценки ситуации в ряде случаев исходят не из фактической ситуации, а из той модели, которой пользуется ЛПР при управлении объектом.

4. В процессе принятия решения большую роль играют рассуждения ЛПР, порой не подпадающие формальной логике.

5. При выборе управляющего воздействия ЛПР может пользоваться нечеткими инструк-

циями, оперировать хаотичными понятиями, отношениями и высказываниями.

6. Отсутствие объективных критериев оценивания достижения целевого и текущего состояния объекта управления, а также необходимой информации для принятия конкретного решения [11].

Эти проблемы также называют проблемами с неуправляемыми и непредсказуемыми параметрами (свыше 90% параметров – неуправляемые) [12]. Они характеризуют новый, неизвестный набор возникающих ситуаций, эффективные решения по которым никогда не принимались. Наличие неуправляемых проблем объясняется технологиями или мировыми аномалиями, к которым, в частности, можно отнести катастрофы современности, а также процессами в науке.

Неопределенность может быть обусловлена синергетическими законами бытия, неспособностью общества целенаправленно организовать свой социальный и духовный мир. С определенными приближениями это можно трактовать как ситуацию, «когда уже поздно и когда уже ничего нельзя поправить».

М.Цаумзайль на примере сильного стрессового воздействия на людей разрушительных последствий землетрясения на острове Ява в Индонезии (2006 г.), показывая взаимосвязь двух понятий «катастрофа» и «неопределенность», останавливается лишь на социально-психологических аспектах этой проблемы [13].

Но это позволяет выдвинуть гипотезу о неопределенности как факторе обеспечения безопасности в условиях катастроф.

Действительно, при катастрофах события развиваются по непредсказуемому сценарию. Это ярко

продемонстрировали события фокусимской трагедии (2011 г.) в Японии.

В первые сутки этой крупнейшей радиационной катастрофы (особенно часы) все заявления официальных политиков, СМИ, данные Токийской энергетической компании *Токуо Electric Power Co. (TEPCO)*, которой принадлежит атомная электростанция, были настолько неконкретными и запутанными, что никак не отражали реальных событий [14].

Стоит отметить, что все методики по обеспечению безопасности стратегических объектов в настоящее время строятся на расчете системы рисков, т.е. вероятностных характеристиках совершения события. В то же время события крупнейших мировых промышленных катастроф современности продемонстрировали плохую применимость данных методик на практике [15].

Так, 26 апреля 1986 г. Министерства среднего машиностроения, энергетики и электрификации, здравоохранения, Гражданская оборона (ГО) СССР оказались фактически неготовыми к немедленным действиям по локализации крупномасштабной катастрофы на Чернобыльской АЭС. Система ГО СССР в то время была ориентирована на действия в условиях военной обстановки и, как показали события, не смогла среагировать на техногенную катастрофу в условиях мирного времени.

Следует указать, что многие комментарии этих событий списали все те ошибки, неумелые действия руководителей и спасателей на плохую подготовку к чрезвычайным событиям, на деморализацию и неспособность организации спасательных и восстановительных работ и др., а то и просто на «авось, разгильдяйство и головотяпство».

Парадоксально, но данный подход сохраняется и по сегодняшний день.

Как показали события «Фокусимы», произошедшие вслед за Чернобыльской трагедией ошибки, которые должны были быть учтены, все же опять повторились. И нельзя винить в неумелых действиях ликвидаторов аварий и катастроф, отдавших жизнь и здоровье. Они были хорошо подготовлены, экипированы и обучены действовать в экстремальных ситуациях, но люди просто не смогли правильно и рационально сориентироваться в условиях неопределенности.

Значительный накопленный фактический материал показывает, что практика давно уже требует разъяснения многих непонятных явлений; при катастрофах все происходит совершенно по другим законам и сценариям (хотя в то же время не следует полностью исключать и вероятностный характер развития отдельных событий, который предсказуем. – Авт.). Это заставляет исследователя по-иному взглянуть на процессы, происходящие во время катастрофы. Требуются принципиально новые подходы как к оценке событий катастроф, так и к разработке методик их предотвращения и действий, когда они уже произошли.

Подтверждение тезиса о тесной взаимосвязи понятий «катастрофа» и «неопределенность» есть в теории катастроф [16].

Первые сведения о теории катастроф появились в западной печати в 70-х годах прошлого столетия.

Основоположником ее является французский математик Р. Том. Его методы исследования скачкообразных переходов стали широко известны благодаря книге «Структурная устойчивость и морфогенез», где они были предложены в качестве математической основы для биологии. Те внезапные из-

менения, о которых идет речь, были названы Р. Томом катастрофами, для того чтобы выразить «ощущение резкой или драматической перемены».

С тех пор весь предмет получил известность как теория катастроф. Как математический инструментарий данная теория «...является мощным средством, способным пролить свет на решение самых разнообразных проблем, но требует осторожности и умелого обращения» (Т. Постон, И. Стюарт, 1980).

Несмотря на то что данная теория относится к точному научному знанию, т.е. позволяет вести строгие числовые расчеты, она с успехом может применяться для построения качественных моделей с тем, чтобы, к примеру, трактовать многие явления, происходящие во время техногенных катастроф.

Источниками теории катастроф являются теории особенностей и бифуркаций.

Теория особенностей предсказывает геометрию катастроф, т.е. перескоков из одного состояния равновесия в другое при изменении управляющих параметров. Предсказания теории полностью подтверждаются экспериментами в таких областях, как хлопки упругих конструкций, опрокидывание кораблей и др.

Слово «бифуркация» означает раздвоение и употребляется для всевозможных качественных перестроек или метаморфоз различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят.

С помощью бифуркационных кривых демонстрируется неоднозначное состояние системы в состоянии скачка (бимодальность). По сути, этим можно объяснить трудность оценки обстановки и выработки прогноза ее развития, когда нет ее однозначного определения и трактовки.

Это отчасти затрудняет практическое применение теории катастроф. В связи с чем, к примеру в биологии, психологии, социальных науках, как исходные ее предпосылки, так и выводы имеют скорее эвристическое значение.

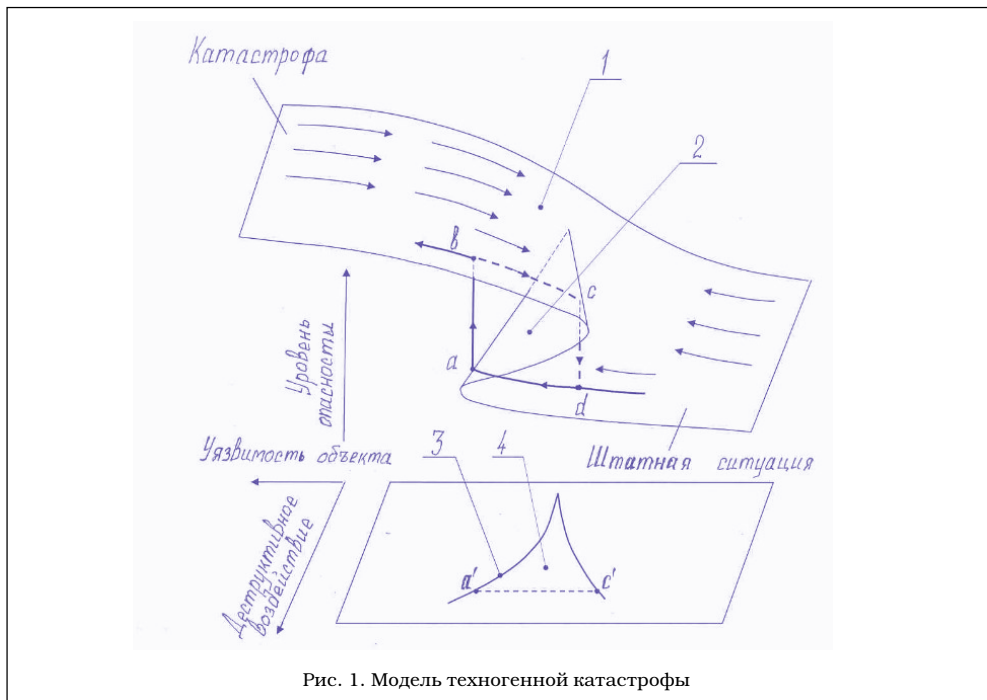


Рис. 1. Модель техногенной катастрофы

На рис. 1 показана модель техногенной катастрофы на радиационно-опасном объекте. На степень опасности объекта основное влияние оказывают уязвимость объекта и комплексное деструктивное воздействие (внутреннее и внешнее). При небольшом значении последнего состояние объекта как системы стремится к устойчивому положению, соответствующему надежному уровню обеспечения безопасности (малой уязвимости). При значительной величине деструктивного воздействия негативных факторов она скачком меняет свое состояние из нижнего положения листа (штатная ситуация) в верхнее (катастрофа), и обратно.

На данном примере наглядно демонстрируется динамическое изменение системы в соответствии со «сборкой Уитни» из теории катастроф.

При проецировании поверхности катастроф (поз. 1 на рис. 1) на плоскость получим область 4, ограниченную бифуркационной кривой 3. Каждой точке внутри данной области соответствуют три прообраза: в них проецируются три точки поверхности: верхняя – соответствует множеству состояний поверхности «катастрофа»; промежуточная – принадлежит площади данной поверхности в области сгиба (поз. 2); нижняя – соответствует множеству «штатная ситуация»). На кривую 3 проецируются две точки, за пределы области 4 – одна.

Здесь мы имеем три типа неопределенности.

1. При состоянии системы, соответствующему точкам, расположенным на бифуркационных кривых, когда происходит скачок с нижней части поверхности катастроф на верхнюю, и наоборот: при бифуркациях нельзя однозначно трактовать, в каком состоянии будет находиться система (в нашем примере – «штатная ситуация» или «катастрофа»).

2. При состоянии системы, соответствующему множеству промежуточных точек по

верхности катастроф в области ее сгиба 2 (сборка). Математически значения данных точек считаются недопустимыми. Несмотря на множество публикаций по теории катастроф, работ по исследованию указанной области практически нет.

Вместе с тем, как полагает автор, именно данное направление научных разработок позволило бы дать ключ к описанию состояний систем в условиях катастрофы. Решение этой большой загадки современности помогло бы специалистам, занимающимся катастрофами, найти пути решения проблем катастроф, минимизации того громадного ущерба, которые они приносят человечеству на протяжении всего его существования.

3. При состоянии системы, соответствующему непредсказуемому расположению крайних точек отрезка $a's'$ на бифуркационной кривой 3. Отрезок прямой $a's'$ в данном примере характеризует «запаздывание» системы в состоянии «штатная ситуация». Действительно, конфигурация самих бифуркационных кривых и длина отрезка $a's'$ постоянно меняются в зависимости от размеров и формы «сборки» (область сгиба 2 – определяется непредсказуемыми параметрами суммарного деструктивного воздействия). Отсюда – непредсказуемо меняются и расположения точек a' , s' .

Во внешней и внутренней среде любой системы постоянно возникают такие обстоятельства и события, предсказать которые, как и их суммарное воздействие, не представляется возможным. В этой связи предсказать очередную бифуркацию также становится невозможным [17], как, впрочем, и саму катастрофу. Соответственно, и подготовиться к ней невозможно [18].

Радиационная катастрофа на «Фокусиме» была инициирована комплексным внешним воздействием цунами и землетрясения. Несмотря на принимаемые спасателями меры при локализации аварии на АЭС «Фо-

кусима-1», предугадать и предотвратить взрывы первого (12 марта), второго (14 марта) и третьего (15 марта) реакторных блоков не удалось.

Другой пример. Официальной причиной катастрофы в Чернобыле считается, что из-за ошибок персонала произошел сбой в работе реактора, который привел к его разрушению и выбросу радиоактивных веществ в атмосферу. В то же время не исключались версии ядерного взрыва, сейсмического, диверсионного, террористического характера и др.

Как и для любой системы, описываемой в соответствии с положениями теории катастроф «сборкой Уитни», мы наблюдаем гистерезис (a , b , c , d) – происходит «перескакивание» с одной поверхности на другую и обратно в зависимости от предыстории. Длина отрезков (a , d) и (b , c) определяет ширину петли гистерезиса и характеризует, соответственно, величину «запаздывания» происходящих процессов.

Рассмотрение гистерезиса для нашего случая представляется важным, так как это в дальнейшем это может определить подходы к оценке тех явлений и событий, которые происходят во время самого кульминационного и неисследованного периода катастрофы.

Применительно к радиационной катастрофе начальным участком гистерезиса (соответствует точке d) можно предположить начало проявлений необратимых процессов расплавления активной зоны реактора (это является отличительным признаком радиационной катастрофы от любой другой аварии на атомных энергетических установках). В ферромагнетизме это соответствует пер-

вым проявлениям изменения доменной структуры.

Параметры петли гистерезиса характеризуют признаки самой катастрофы. По аналогии с петлей гистерезиса в ферромагнетизме, где ширина петли (соответствует длине кривой ad) определяется свойствами конкретного образца, прежде всего величиной коэрцитивной силы, необходимой для его перемагничивания [18]; в случае исследования радиационной катастрофы – ширина петли гистерезиса («запаздывание») позволяет сделать качественную оценку параметров самого радиационно-опасного объекта («запаса его прочности»).

Как представляется, это соответствует промежутку времени от начала расплавления активной зоны реактора до его взрыва и выброса в атмосферу облака радиоактивных остатков (стадия «скачка» – прямая a b), т.е. времени, в течение которого что-то еще можно предпринять. Это дает последний шанс, чтобы не допустить радиационную катастрофу.

Так, при аварии, произошедшей на АЭС в Тримайл-Айленде (штат Пенсильвания, США, 1979 г.), когда, несмотря на частичное разрушение активной зоны реактора, система заградительных структур успела заработать и лишь ограниченное количество радиоактивного материала было выброшено в окружающую среду, катастрофы мирового масштаба удалось избежать.

Чернобыльская трагедия (1986 г.) является проявлением другого крайнего случая – безгистерезисного, когда выброс в атмосферу произошел практически сразу же после начала расплавления активной части реактора четвертого энергоблока АЭС.

Пример «Фокусимы» показывает, что, несмотря на достаточный промежуток времени между расплавлением активной зоны и взрывом в реакторном помещении, меры по спасению АЭС оказались недостаточными.

Недостатком моделирования с использованием положений теории катастроф (это должно стать одним из направлений дальнейших исследований) является то, что не во всех случаях с помощью классической петли гистерезиса (при равенстве отрезков a и b ; рис. 1) можно пояснить обратный процесс перехода системы, в нашем примере – из состояния катастрофы в штатное. В этой связи, по-видимому, неслучайно в подавляющем числе примеров современные исследователи останавливаются только на рассмотрении случаев скачкообразных переходов из состояния покоя в состояние катастрофы, но не наоборот.

Так, Т.Постон и И.Стюарт приводят результаты наблюдения и анализа динамики нарушений в тюрьме Гартри в течение 1972 г. Отмечается, что при высоком уровне разобщенности в тюрьме система скачком меняет свое положение из состояния «тихо» в «беспорядки». При этом не рассмотрен обратный процесс восстановления порядка в тюрьме. Хотя это, как правило, осуществляется также скачком – путем мощного силового подавления волнений силами тюремной администрации [19].

При радиационной катастрофе, к примеру, период восстановления зоны разрушенного реактора может составлять многие десятилетия из-за длительного периода полураспада многих радиоактивных элементов и больших масштабов разрушений. Огромные территории трех государств СНГ – Украины, Белоруссии и России, а также ряда стран Европы пострадали от радиоактивного загрязнения после чернобыльской аварии. Нанесен большой экономиче-

ский ущерб, выведены из оборота значительные пространства сельскохозяйственных земель. Последствия катастрофы будут еще долго сказываться на здоровье живущих и будущих поколений людей.

Период ликвидации последствий катастрофы также сопровождается проявлением многих неопределенностей.

Так, до сих пор нет однозначного ответа – что же все-таки явилось причиной аварии на Чернобыльской АЭС, оправданы ли многочисленные жертвы ликвидаторов аварии, прежде всего участвовавших в сооружении «саркофага», что явилось причиной самоубийства одного из руководителей ликвидационных работ академика В.А.Легасова через два года после аварии (1988 г.) и т.д.

Наблюдались «метания» и у многих политиков. Только через 22 дня после трагедии, 18 мая, М.С.Горбачев выступит с официальной версией причины катастрофы.

Таким образом, обратный процесс ликвидации последствий катастрофы носит затяжной и далеко не скачкообразный характер. Тогда как сама катастрофа может произойти мгновенно.

В условиях неопределенности отсутствует какая-либо возможность правильно или даже с каким-то приближением оценить обстановку. Неопределенность катастрофы дает полное основание полагать, что информация о состоянии внутри системы, подверженной катастрофическому воздействию, окажется заведомо неверной. В этой связи приобретает свою специфику и функция предоставления информации о ходе развития катастрофы [20]. С учетом непредсказуемости событий информирование населения в этом случае должно носить взвешенный и выверенный характер, чтобы не вызвать

панику и недоверие к правительству о неэффективности принимаемых им мер. Данные положения должны найти соответствующее отражение в

законодательстве всех уровней: от международных конвенций до внутренних инструкций.

Таким образом, на примере приведенной модели техногенной катастрофы на радиационно-опасном объекте показана применимость гипотезы о неопределенности как факторе обеспечения безопасности в условиях катастроф, выявлена взаимообусловленность этих двух философских категорий. Для полного доказательства гипотезы потребуется построение более строгой математической модели на основе теории катастроф.

В целом поведение систем в условиях катастроф является большой теоретической и практической проблемой современных исследований. Трудность ее решения обусловлена прежде всего решением научных задач, сопряженных с неопределенностью. Существующий уровень теоретических разработок в данной области опирается на достижения молодых, быстро развивающихся и хорошо заявивших о себе научных теорий: нечеткой логики, катастроф, синергетики и др. На сегодняшний день это позволяет определить дальнейшие направления движения научной мысли. Но мы еще очень далеки от какой-либо существенной практической реализации.

Для науки давно обозначившая себя социально востребованная ниша о предвидении по-прежнему остается незаполненной. По-видимому, этим объясняется популярность услуг всевозможных «предсказателей» и «ясновидящих», а также объяснение многих неопределенностей с помощью религиозных учений.

Примечания

1. Ожегов С.И. Словарь русского языка. М.: Русский язык, 1986. С. 349.
2. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука, 1986.
4. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. P. 338–353; Косман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
5. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993.
6. Демидова Л.А., Краковский В.В., Пылькин А.Н. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. С. 17.
7. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности) / пер. с англ. М.: Наука, 1977.
8. Мадера А.Г. Риски и шансы: Неопределенность, прогнозирование и оценка. М.: КРАСАНД, 2014. С. 101, 106.
9. Хокинг С. Все ли предопределено? // Черные дыры и молодые вселенные. М.: Амфора, 2009.
10. Цит. по: Фомченков Т. Сравнили цены. Вручена Нобелевская премия по экономике за 2013 год // РГ. 2013. 15 октября.
11. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: М.: Финансы и статистика, 2003. С. 152.
12. Шербакова О.И. Управленческие решения. М.: ИИТ, 2009.

13. Неопределенность как вызов. Меди. Антропология. Эстетика / под ред. К.Вульфа, В.Савчука. СПб.: РХГА, 2013. С. 81–120.
14. Новикова А.А. Природная катастрофа в Японии и ее последствия (Фокусима-2011). Спец. информация РАН ИНИОН. Центр науч.-инф. обслед. глобал. и регионал. пробл. Отделение Азии и Африки. М., 2013; Хано Й. Японская катастрофа. Авария на Фокусиме и ее последствия / пер с нем. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. С. 30, 32, 41, 66, 70, 77, 101, 107, 113, 166, 178, 187, 189.
15. Порфирьев Б.Н. Организация и управление в чрезвычайных ситуациях: (Проблемы предотвращения и сокращения масштабов последствий техногенных и природных катастроф). М.: Знание, 1989 С. 14–16.
16. Арнольд В.И. Теория катастроф. Изд. 5-е. М.: Едиториал УРСС, 2009.
17. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложения / пер. с англ. М.: Мир, 1980. С. 525–527.
18. Смил В. Глобальные катастрофы и тренды: Следующие 50 лет. М.: АСТ-ПРЕСС, 2012. С. 361.
19. Вонсовский С.В. Магнетизм. М., 1971.
20. Клячин В.М. Теоретические подходы к вопросу информирования населения об обстановке в зоне радиационных аварий и катастроф // Евразийский юридический журнал. 2013. Вып. 5 (60). С. 130–134.

**Подписка на 2014 г.
на журнал «Обозреватель–Observer»
в каталоге «Газеты и журналы»
агентства «РОСПЕЧАТЬ»:**

47653 — на полугодие
36789 — на год