

Радиационные катастрофы – угроза национальной безопасности

Вячеслав Клячин

Среди техногенных источников чрезвычайных ситуаций наибольшую опасность по тяжести поражения, масштабам и долговременности действия поражающих факторов представляют **радиационные катастрофы**.

Если говорить о понятии «катастрофа», то в научной литературе на глубинную сущность катастрофы впервые указал Ж.Кювье¹.

Главный отличительный критерий катастрофы, определяющий ее сущность, – она всегда необратима, отрицает старый тип организации (соотношения целого и его частей) и способ (технологию) функционирования целостности. Это позволяет определить ее отличия от аварии и других техногенных «инцидентов».

В самом общем случае, говоря о понятии «катастрофа», следует отметить, что учеными двояко интерпретируется этот термин – как естественно-научный и как социальный.

В естественных науках катастрофами называют «скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий»². Это определение носит внеценностный характер.

Применительно к анализу социальных явлений понятие «катастрофа» дополняется антропологическими составляющими, такими, например, как смерть, потери, ущерб, заболевания, страдания и т.д. Социальная катастрофа представляет собой внезапное бедствие, имеющее малую вероятность возникновения и объективно обладающее катастрофическими последствиями, при которых ущерб невозможно каким-либо образом возместить (смерть, неизлечимое заболевание, разрушение системы).

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

Ключевые слова: катастрофа, радиация, радиационная безопасность, АЭС.

Несмотря на предпринимаемые государством меры на превентивных этапах предотвращения аварий и катастроф, а также по локализации и ликвидации их последствий, на сегодняшний день так и остается неотрегулированной сфера деятельности органов исполнительной власти в условиях катастроф. Этот период характеризуется максимальными разрушениями и потерями, а с другой стороны, максимальной парализацией всех задействованных в ликвидации сил и средств.

Масштабы и характер разрушений, а также непредсказуемость сценариев развития событий дают основания полагать, что к катастрофам, в отличие от других чрезвычайных событий, подготовиться невозможно³. В то же время последствия катастроф, грозящие нормальному функционированию и развитию не только отдельных государств и регионов мира, но всей цивилизации, заставляют человечество искать пути решения как проблемы самой катастрофы, так и заблаговременной подготовки. Одним из таких направлений является определение системы рисков. Вместе с тем, как показали события Чернобыля и Фукусимы, это далеко не исчерпывающий способ.

Представляет практический интерес рассмотрение методик исследований скачкообразных изменений состояния систем, основанных на логически связанной совокупности

теоретических и эмпирических положений из области математики, естественных наук и опыта разработок сложных систем.

Применение широко используемых в зарубежной и отечественной литературе моделей теории катастроф позволяет исследовать качественные особенности катастрофического поведения социальных систем, когда при наступлении определенных условий система теряет свою устойчивость и скачком переходит в новое состояние⁴.

В.И. Арнольд, изучая теорию катастроф, сделал вывод: «Катастрофа – это скачкообразные изменения в системе (процессе, явлении), возникающие в виде внезапного ответа системы на изменение внешних условий».

Для лиц, принимающих управленческие решения (ЛПР) в условиях катастроф, остро необходима информация о прогнозировании развития обстановки. Следует указать, что на сегодняшний день в науке нет каких-либо универсальных формальных правил надежного прогнозирования скачкообразных изменений состояния систем. Однако в ряде случаев использование модели теории катастроф позволяет прогнозировать такие изменения. Математически катастрофа описывается *теориями особенностей и бифуркаций**.

С помощью бифуркационных кривых демонстрируется неоднозначное состояние системы в состоянии скач-

* 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.

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

ка (бимодальность). Этим можно объяснить трудность оценки обстановки и выработки прогноза ее развития, когда, по сути, нет ее однозначного определения и трактовки⁵. Это отчасти затрудняет практическое применение теории катастроф. Поэтому, к примеру, в биологии, психологии, социальных науках как исходные ее предпосылки, так и выводы имеют скорее эвристическое значение.

Из теории катастроф также следует, что осуществление скачка сопро-

вождается гистерезисом (от греч. *hysteresis* – «запаздывание») (см. кривая 1 на рис. 1). В механике данное явление еще называют люфтом (нем. *luft* – «зазор между сопряженными поверхностями частей машин»). То есть при изменении входного параметра происходит своеобразное запаздывание самого скачкообразного перехода системы в новое состояние (на рис. 1, из состояния *P* в состояние *Q* и наоборот – показано стрелками). Величи-

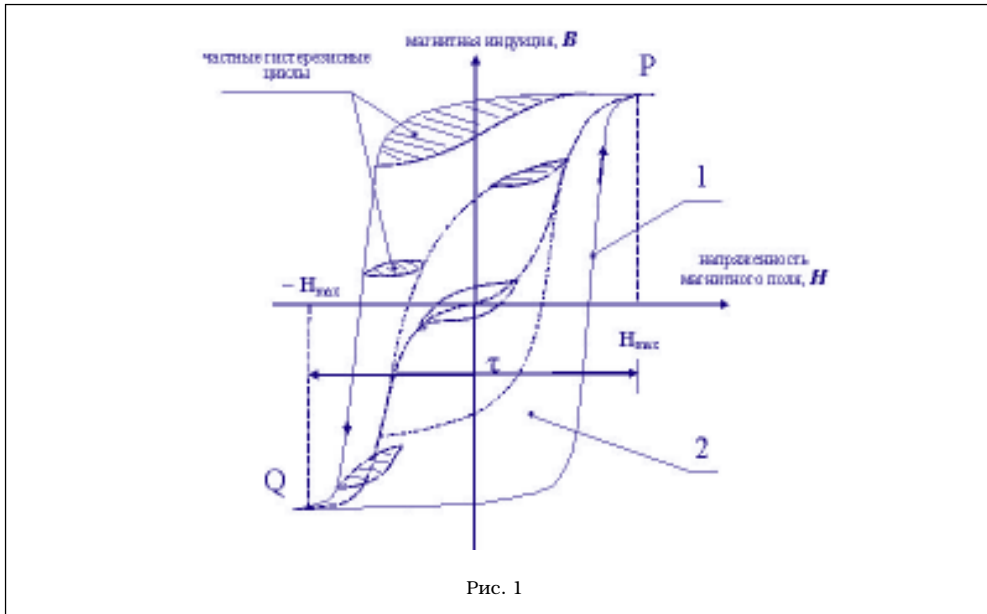


Рис. 1

на данного запаздывания описывается соответствующими бифуркационными кривым параметрами, которые отражают внутренние свойства самой системы и характеристики катастрофы. Практическая трактовка этого явления заключается в проявлении в условиях катастроф запаздывания в принятии решения ЛПР. Другими словами, происходит своеобразный ступор в сознании.

Как было отмечено выше, предсказать развитие событий в условиях катастроф невозможно. В данном случае следует говорить об *управлении в условиях неопределенности*.

В отличие от ситуационного типа управления, когда прогноз развития ситуации возможен и существует, управление в условиях неопределенности практически не исследовано.

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

В условиях неопределенности отсутствует какая-либо возможность правильно или даже с каким-то приближением (вероятностно) оценить обстановку. Это вытекает прежде всего из того постулата теории катастроф, что любой системе в условиях катастрофы ввиду ее бимодальности свойственна неоднозначность состояния.

Сущность решения проблемы состояния неопределенности, характеризующее условия катастроф, заключается в определении для конкретных параметров и времени состояния системы, математически описываемое областью неопределенности, ограниченной бифуркационными кривыми.

Основываясь на научных принципах метода аналогии, в качестве возможного варианта решения проблемы могут быть рассмотрены методики описания внутренней области 2 петли гистерезиса (рис. 1), опосредованно характеризующей область бифуркаций, применяемые в теории ферромагнетизма⁶, или минимизации влияния люфтов, применяемые в теоретической механике. Вместе с тем данные методики носят частный характер и не позволяют описать

внутреннюю область петли гистерезиса в целом.

Подобным недостатком обладают и применяемые методики учений и тренировок, проводимых в условиях, приближенных к катастрофам (хотя смоделировать условия радиационных катастроф проблематично, да и небезопасно). Это опять же следует из того постулата, что предугадать сценарий развития событий в условиях катастрофы невозможно. Поэтому на любых подобных учениях, приближенных к условиям катастроф, будут отрабатываться лишь отдельные частные сценарии и как следствие – на практике любая нарабатанная для данного случая методика редко становится востребованной.

Возникновение и развитие радиационных аварий и катастроф является сложной проблемой для государства и общества в целом. Требуется проведение глубоких фундаментальных исследований в области теории катастроф с тем, чтобы найти пути решения проблем по прогнозированию развития обстановки. Это позволит определить комплекс мер, необходимых для оптимизации поведения системы в условиях неопределенности и минимизировать масштабы потерь.

Главным отличительным признаком радиационной катастрофы является необратимое разрушение активной части реактора или хранилища радиоактивных материалов, сопровождающееся радиоактивным выбросом.

В зависимости от того, имеется или нет эмиссия или распространение радионуклидов в окружающей

среде, радиационные катастрофы разделяются на две группы.

К первой группе можно отнести Чернобыльскую радиационную катастрофу (1986 г., Украина).

Произошло внезапное (в течение нескольких секунд) усиление реакции ядерного расщепления, в результате которого процесс стал неуправляемым. Активная часть реактора была полностью разрушена, и огромные количества радиоактивных материалов были выброшены в окружающую среду.

При катастрофе на о. Три-Майл-Айленд (1979 г., Пенсильвания, США) система заградительных структур выполнила свою функцию и лишь ограниченное количество радиоактивного материала было выброшено в окружающую среду, несмотря на частичное разрушение активной зоны реактора. Это стало возможным лишь потому, что там произошла так называемая термическая катастрофа без неуправляемой реакции, и возникла она в результате аварии охладительной системы активной зоны реактора, которая длилась несколько часов.

Радиационные катастрофы как источник угрозы национальной безопасности государства имеют следующие отличительные особенности:

- относятся к разряду глобальных проблем, поскольку могут создавать реальную угрозу безопасности соседних государств и целых регионов;

- обладают громадным разрушительным действием на сферу экономики, влекут огромные материальные расходы на восстановление разрушенного хозяйства и компенсацию причиненного ущерба. Их разрушающий и поражающий потенциал ныне сопоставим с угрозой военных конфликтов, диверсионных актов и военных действий;

- имеют комплексный характер, затрагивают жизненно важные интересы личности,

общества и государства. Они влияют на состояние внутренней и внешней безопасности страны, способны подорвать политическую стабильность и общественную безопасность, в том числе и военную, экономическую и экологическую. В ряде случаев они представляют исключительную (чрезвычайную) опасность для природной и социальной сферы: приводят к массовой гибели людей и заражению окружающей среды. Возможны также необратимые генетические последствия среди населения, которые проявятся только у будущих поколений;

- характеризуются высоким динамизмом развития и реализации угрозы национальной безопасности, внезапностью и неожиданностью возникновения, быстрым развитием событий. Это требует своевременного реагирования органов исполнительной власти, администрации объектов и правоохранительных органов на возникающую чрезвычайную ситуацию, принятия адекватных мер по ее локализации и ликвидации тяжких политических, экономических, экологических и иных последствий;

- в условиях переходного периода они стали объектом устремлений различных экстремистских сил, своеобразной козырной картой экстремистско-террористических организаций и движений, незаконных вооруженных формирований и преступных группировок для оказания открытого насильственного воздействия на органы государственной власти и управления. Используя насилие и устрашение, преступные элементы пытаются принудить государственные органы к совершению отдельных действий в пользу террористов, раздувают ненависть и массовый психоз, антиобщественные выступления и массовые беспорядки⁷.

Среди радиационно- и ядерно-опасных объектов как внутри страны, так и за рубежом наиболее распространены и в то же время наиболее уязвимыми в аварийном отношении являются атомные электрические станции (АЭС). Они имеют самые мощные и постоянно действующие реакторы. Сегодня из-за

физического и морального старения оборудования на российских АЭС, выработки его ресурсов, наряду с учетом фактора «малых аварий» и роли персонала в возникновении аварийных ситуаций, на АЭС требуются самые неотложные меры по снижению риска человеческого фактора (именно человеческий фактор явился определяющим в причинах и последствиях катастроф на АЭС в Три-Майл-Айленде и Чернобыле⁸ и повышению надежности оборудования на основе его модернизации или замены на более совершенное.

Все это послужило причиной того, что в большинстве случаев аварии, сопровождающиеся выбросами радиоактивных веществ и формированием радиационных полей, классифицируют применительно к АЭС.

Международным агентством по атомной энергетике (МАГАТЭ) разработана международная шкала событий на АЭС (*INES – International Nuclear Event Scale*)^{9,8}.

Первоначально шкала разрабатывалась для применения только на АЭС. Однако вскоре МАГАТЭ рекомендовало распространить ее применение и для других ядерных установок, в том числе на объекты гражданской атомной промышленности. Она связана только с аспектами ядерной и радиационной безопасности событий. В России шкала была адаптирована и стала применяться с 1991 г.

К 2006 г. *INES* была адаптирована для оценки любого события, связанного с перевозкой, хранением, использованием радиоактивных материалов и источников излучений, включая их использование в промышленных и медицинских целях.

До принятия адаптированной шкалы *INES* в СССР (России) исполь-

зовалась трехуровневая шкала оценки масштабов радиационных аварий на АЭС.

В соответствии со шкалой *INES* аварии на АЭС подразделяются по характеру и масштабам последствий, а некоторые – по причинам, их вызвавшим.

Градация аварий на АЭС осуществляется по восьми уровням¹⁰.

Данной классификации нарушений в работе АЭС придерживаются при расследовании и учете аварий и происшествий, выявлении причин и обстоятельств их возникновения, оценке с точки зрения безопасности, а также при разработке мер по устранению последствий нарушений, предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций.

На апрель 2011 г. только две аварии оценены по максимальному, 7-му уровню (Чернобыль и авария на АЭС «Фукусима-1») и одна по 6-му (авария на ПО «Маяк»).

Анализ крупнейших радиационных аварий и катастроф современности показывает¹¹, что чаще всего они происходят на АЭС (табл.).

Серьезные радиационные аварии, к примеру на объектах атомного флота (атомоходах, АПЛ и др.), случаются реже. В Сборник радиационно-химических аварий и неисправностей вооружения и средств РХБЗ в ВМФ¹², содержащий описание 87 различных радиационных аварий и происшествий, произошедших на ВМФ России, включены только две крупные аварии на АПЛ: 3 июля 1961 г. в Северной Атлантике – на АПЛ К-19 и 24 мая 1968 г. – на АПЛ К-27 в Баренцевом море.

За все время эксплуатации АПЛ в СССР, как это отмечено в докладе объединения «Белуна» (1996 г.)¹³, произошло 10 аварий с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ): при строительстве АПЛ в г. Новгород в

**Распределение крупнейших радиационных катастроф
по типам объектов**

Тип объекта	Общее количество катастроф	
	всего	из них – катастрофы, оцененные по шкале <i>INES</i> с уровнем выше 4
АЭС	9	4
Промышленный (исследовательский) реактор	3	1
Предприятия ядерного топливного цикла	3	2
Объекты хранения радиоактивных отходов	2	1
Атомные боезаряды	2	
Атомная подводная лодка (АПЛ)	2	
Установка с радиоактивными веществами	1	

1970 г. (К-320 класса «Чарли-1»), две – при перезарядке ядерного реактора (К-11 и К-431), одна – при ремонте атомной установки на заводе (К-140), одна – при выполнении модернизационных работ (К-222), четыре аварии – при работе с ЯЭУ на мощности при нахождении АПЛ в море и одна – при выводе ЯЭУ из действия (расхолаживании) (К-314).

Несмотря на значительные материальные и людские потери, ни одна из указанных аварий на флоте не сравнима с масштабами разрушений и последствий катастроф на АЭС. Здесь, в отличие от АЭС, на масштабности потерь в первую очередь сказываются меньшие мощности эксплуатируемых реакторов и меньшие габариты ЯЭУ, возможность быстрой локализации аварии путем затопления реактора в морской воде.

Случившиеся на сегодняшний день катастрофы на АЭС оцениваются самыми высокими уровнями по международной шкале *INES* – как сопровождающиеся огромными мас-

штабами разрушений и человеческих жертв. Происходит резкое падение экономического потенциала страны, деградируют и выпадают из активного оборота на многие годы большие территории, подвергшиеся радиоактивному загрязнению, и др.

Так, на ликвидацию последствий Чернобыльской катастрофы с 1986 по 1991 гг. было выделено свыше 20 млрд руб.; ее последствия затронули судьбы более 4 млн чел. в 14 областях Украины, Белоруссии и России.

По состоянию только на июль 1995 г. в Российский государственный медико-дозиметрический реестр включены 370 тыс. ликвидаторов (граждан России), 536 тыс. эвакуированных и лиц, проживающих в зоне жесткого контроля. Смертность среди ликвидаторов составила 1134 чел. В ликвидации последствий аварии участвовало более 13 тыс. гражданских специалистов и около 600 тыс. военнослужащих Минобороны, МВД и гражданской обороны, 40 тыс. из них стали инвалидами, многие ушли из жизни.

Последствия любых других чрезвычайных ситуаций не обладают та-

ким, как радиационные, долговременным негативным воздействием на окружающую среду, на сферу обитания всего живого на планете. Ситуация усугубляется тем, что человечество до сих пор не нашло способа эффективной минимизации уровня радиации после радиационных аварий и катастроф. Нет, к примеру, таких долговременных последствий даже после чрезвычайных ситуаций химического или биологического

характера; применение современных эффективных нейтрализующих средств и методик позволяет относительно быстро нормализовать обстановку. Когда мы имеем дело с радиацией, где период полураспада многих радионуклидов как продуктов деления ядерного топлива или образовавшихся в результате ядерного взрыва составляет до нескольких тысяч лет, то речь идет о длительных периодах.

Пункт 5 Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.¹⁴ чрезвычайные ситуации, связанные с радиационно и ядерно-опасными объектами и ядерными материалами и радиоактивными веществами, определяет как представляющие серьезную угрозу национальной безопасности, социально-экономическому развитию страны.

Остается много нерешенных проблем по защите национальных интересов от радиационных катастроф на АЭС как наименее защищенных стратегически важных промышленных объектов страны.

Чернобыль как никогда показал, что обеспечение защищенности природы, общества и человека от ядерных и радиационных катастроф требует проведения большого объема работ по заблаговременной оценке надежности систем безопасности радиационно- и ядерно-опасных объектов, прогнозированию рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, накоплению и формированию значительных ресурсов¹⁵.

Несмотря на принятые после Чернобыльской катастрофы меры по повышению безопасности радиационно- и ядерно-опасных объектов, вероятность возникновения на них аварий существенно не уменьшилась, а в ряде случаев даже повысилась.

События 2011 г. в Японии на АЭС «Фукусима-1» ярко продемонстрировали недостаточную отработанность и плохую применимость каких-либо методик по локализации и ликвидации последствий крупных аварий и катастроф, особенно когда это коснулось организации деятельности в условиях радиационных катастроф.

По данным Европейского комитета по радиационному риску (ECRR), число жертв онкологических заболеваний в результате радиоактивных выбросов с «Фукусима-1» может достигнуть почти полумиллиона человек. Подрыв одной из самых мощных экономик мира остается ощутимым до сих пор.

Это заставляет по-новому взглянуть на проблемы исследования характера радиационных аварий и катастроф, прогнозирования, оценки и предотвращения их возникновения.

Примечания

- ¹ Кювье Ж.Л. Рассуждения о переворотах на поверхности земного шара / пер. с франц. Д.Е. Жуковского / ред. и вступ. ст. акад. А.А. Борисяка. М.; Л.: Биомедгиз, 1937.
- ² Арнольд В.И. Теория катастроф. М., 1990. С. 8.
- ³ Смил В. Глобальные катастрофы и тренды: Следующие 50 лет. М.: АСТ ПРЕСС КНИГА, 2012. С. 361; Хано Й. Японская катастрофа. Авария на Фукусиме и ее последствия / пер. с нем. СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
- ⁴ Арнольд В.И. Теория катастроф. Изд. 5-е. М.: Едиториал УРСС, 2009.
- ⁵ Анфилатов В.С. и др. Системный анализ в управлении: Уч. пос. / под ред. А.А.Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2003. С. 236–240.
- ⁶ Вонсовский С.В. Магнетизм. М., 1971; Преображенский А.А. Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1965. С. 25.
- ⁷ Клячин В.М. Политический экстремизм как угроза безопасности объектов атомной энергетики и промышленности // Противодействие терроризму. 2013. № 2. С. 36–41.
- ⁸ Владимиров А.В., Измалков В.И., Измалков А.В. Оценка риска управления техногенной безопасностью. М.: ФИД «Деловой экспресс», 2002. С. 38.
- ⁹ Вощин Е.Г. О международной ядерной шкале событий на АЭС. М.: Атомная энергия, 1991. Т. 71. Вып. 1.
- ¹⁰ INES Руководство для пользователей международной шкалы ядерных и радиологических событий. Вена: МАГАТЭ, 2010.
- ¹¹ URL: <http://Catastrofe.ru/techo/radio/52-topradiation.html>
- ¹² Сборник радиационно-химических аварий и неисправностей вооружения и средств РХБЗ в МВФ. Утв. начальником радиационной, химической и биологической защиты ВМФ. 15 марта 2005 г. МО РФ ВМФ.
- ¹³ «Северный флот. Потенциальный риск радиоактивного загрязнения региона». Доклад объединения «Белуна». Изд.: a.s. Joh. Nordahl trykkeri. 1996. № 2.
- ¹⁴ Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Утв. Президентом Российской Федерации 4 марта 2012 г. Пр-539 // Кодекс. 2012.
- ¹⁵ СЗ РФ. 2004. № 2. Ст. 121.