

# **ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Ю.Д. Моторыгин, доктор технических наук, профессор;**

**И.О. Литовченко.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**Н.М. Гречуха, доктор экономических наук, профессор.**

**Палата судебных экспертов им. Ю.Г. Корухова**

Проведен анализ чрезвычайных ситуаций. Показано, что в настоящее время отсутствуют единые теория и модели, описывающие процесс управления и принятия решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Используемые сейчас детерминированные модели развития чрезвычайных ситуаций включают огромное число приближений, усреднений и допущений, а в итоге с помощью систем дифференциальных уравнений позволяют лишь приближенно рассчитать процесс распространения опасных производственных факторов. Вероятностные методы могли бы стать основой разработки эффективной технологии управления и принятия решения при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Предложено, что для анализа связей между развитием процессов распространения опасных факторов и физическими особенностями окружающей среды можно использовать стохастические модели.

*Ключевые слова:* оптимизация принятия решений, математическое моделирование, перколяционные модели, цепи Маркова

## **PROCESS OF MANAGEMENT AND DECISION-MAKING OF STOCHASTIC METHODS IN THE CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATIONS**

**Yu.D. Motorygin; I.O. Litovchenko.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.**

**N.M. Grechukha. Chamber of forensic experts named Yu.G. Korukhova**

In work the analysis of emergency situations is carried out. It is shown that now there is no single theory and models describing management process and decision makings on liquidation of emergency situations. The determined models of development of emergency situations used now include huge number of approximations, averagings and assumptions, and as a result by means of systems of the differential equations allow to calculate only approximately process of distribution of dangerous production factors. Probabilistic methods could become a basis of development of effective technology of management and decision making in case of liquidation of emergency situations. It is offered that for the analysis of communications between development of processes of distribution of dangerous factors and physical features of the environment it is possible to use stochastic models.

*Keywords:* decision making optimization, mathematical modeling, perkoilyatsionny models, finite Markov chains

Аварии на крупных промышленных объектах по своим негативным последствиям становятся сравнимы с природными катастрофами, а в ряде случаев они являются причинами их возникновения. Возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) в промышленности часто обусловлено не природными причинами, а техногенными и человеческими факторами. К таким факторам относятся:

– интенсификация технологических параметров (повышение температуры, давления, содержания опасных веществ, энергонасыщенность отдельных узлов производства), связанная с ростом мощности единичных объектов производства;

– комплексная переработка сырья, ведущая к концентрации на одной и той же площадке различных производств и, соответственно, риска возникновения повышенной опасностей различной природы;

– ускоренная модернизация технологией, обостряющая противоречия между ростом научно-технического прогресса и возможностями обучения персонала.

Для принятия управленческих решений в ЧС необходимо учитывать целый ряд разнообразных факторов: от личностных оценок руководителя до уровня риска и технических особенностей объектов. Оценка эффективности принятия управленческих решений определяется конечным результатом, при этом если принятое решение окажется неэффективным, то и работа всех подразделений будет также неэффективна. Можно говорить о двух оценках эффективности решений: о теоретической (основанной на анализе ситуаций с помощью математической модели), на основе которой делается обоснованный выбор альтернативы для реализации; о фактической эффективности решения, определяемой по результатам его реализации. Оценка эффективности управленческих решений на стадии разработки и принятия осуществляется с использованием различных показателей адекватности математических моделей, норм и стандартов. При этом модель выступает как своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации [1] ЧС природного и техногенного характера подразделяются на ЧС локального, муниципального, межмуниципального, регионального, федерального характера (табл.).

Таблица. Классификация ЧС природного и техногенного характера в Российской Федерации

Характер ЧС	Территория	Количество пострадавших	Размер материального ущерба, млн руб.
Локальный	Объект	< 10	< 0,1
Муниципальный	Поселение, внутригородская территория города федерального значения	< 50	< 5
Межмуниципальный	Два и более поселений, внутригородские территории города федерального значения	< 50	< 5
Региональный	Субъект Российской Федерации	50–500	5–500
Межрегиональный	Два и более субъектов Российской Федерации	50–500	5–500
Федеральный	–	> 500	> 500

ЧС техногенного характера возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах промышленности, транспорта, магистральных трубопроводов; в результате пожаров и взрывов; загрязнения окружающей среды химическими, биологическими (бактериологическими) и радиоактивными веществами.

Опасное техногенное происшествие обычно связано с критическим нарушением работы технической системы, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде [2, 3].

Пожары и взрывы также часто могут быть и последствиями аварий. Кроме этого в результате аварий возникают обрушения зданий, вывод из строя энергосетей и энергоисточников, систем коммунального жизнеобеспечения, негативное психологическое состояние населения. Аварии могут вызвать загазованность атмосферы, разлив нефтепродуктов и других опасных загрязнителей. Причинами аварий часто становится человеческий фактор – нарушения, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов, а также стихийные бедствия.

Природные ЧС могут быть вызваны гидрометеорологическими опасными явлениями, связанными с сильными ветрами, наводнениями, аномальными температурами, природными пожарами, осадками, туманами и др. Другим источником возникновения природных ЧС могут быть геологические процессы – гидрогеологические и геоморфологические (лавины, сели, карст и др.) и эндогенные (землетрясения, извержения вулканов и др.).

В результате техногенных и природных ЧС могут возникнуть негативные изменения в окружающей среде, которые при определенном уровне относятся к ЧС экологического характера. Эти изменения могут касаться земель, недр, почв, поверхностных и подземных вод, лесов и иной растительности, животных и других организмов и их генетического фонда, атмосферного воздуха, озонового слоя атмосферы и околоземного космического пространства [4–8].

Возникновение и проявление ЧС имеет, как правило, комплексный характер. Порой трудно бывает отнести ту или иную ЧС к определенной классификационной группе. Например, инфекционные болезни и эпидемии могут быть вызваны применением бактериологического оружия при военных конфликтах. Ландшафтные пожары, относимые по природе происхождения к природным ЧС, чаще всего, вызваны неосторожностью людей. Часто одна разновидность ЧС может быть как причиной, так и следствием другой ЧС. Таким образом, приводимые классификации (за исключением классификации ЧС по степени их негативного проявления) не имеют в своей основе четких классификационных критериев и относятся скорее к систематизациям.

Природную среду (природу) закон определяет как совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов. При этом природный объект – это естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства; природно-антропогенный объект – это природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение [5–7].

Окружающая среда является более широким понятием и охватывает совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов, представляющих собой объекты, созданные человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающие свойствами природных объектов. Окружающая среда включает в себя природную среду, а также элементы культурной или социально-экономической среды, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство [2, 5, 6]. Таким образом, окружающая среда в настоящее время понимается не только как биосферное, но и ноносферное явление.

Проведенный выше анализ возникновения и развития ЧС на промышленных объектах показывает, что можно выделить три основные стадии, показанные на рис. 1. На первой стадии (I) происходит концентрация (сосредоточение) опасных факторов. При этом создается обстановка повышенного риска возникновения ЧС. Если ведется постоянный мониторинг и на этой стадии принять соответствующие меры, то ЧС можно предотвратить. В противном случае наступает вторая стадия (II), возникновение ЧС. Процесс развития ЧС может дальше развиваться резким скачком (функция 1) или медленно нарастать (функция 2). Если на данном этапе не произвести локализацию и принять меры к ликвидации ЧС, то наступает третья стадия (III) – катастрофа.

Процесс возникновения и развития ЧС можно описать логистической (сигмоидной) функцией. В статистике логистическая функция – модель, которая используется для предсказания вероятности возникновения события «подгоном» данных к логистической кривой. При этом используют дополнительные переменные, которые могут быть или числовыми или категориальными. Другие названия для логистической регрессии, используемые в различных прикладных областях, включают логистическую модель и классификатор максимальной энтропии.

Логистическая функция или логистическая кривая – самая общая сигмоидальная (S-образная) кривая. Она моделирует кривую роста вероятности некоего события по мере изменения управляющих параметров. В настоящем исследовании логистическая функция использована для моделирования вероятности развития ЧС. Управляющими параметрами являются факторы риска, которые могут принимать положительные и отрицательные значения. Отрицательные значения факторов риска способствуют снижению вероятности возникновения ЧС, положительные – увеличивают эту вероятность.

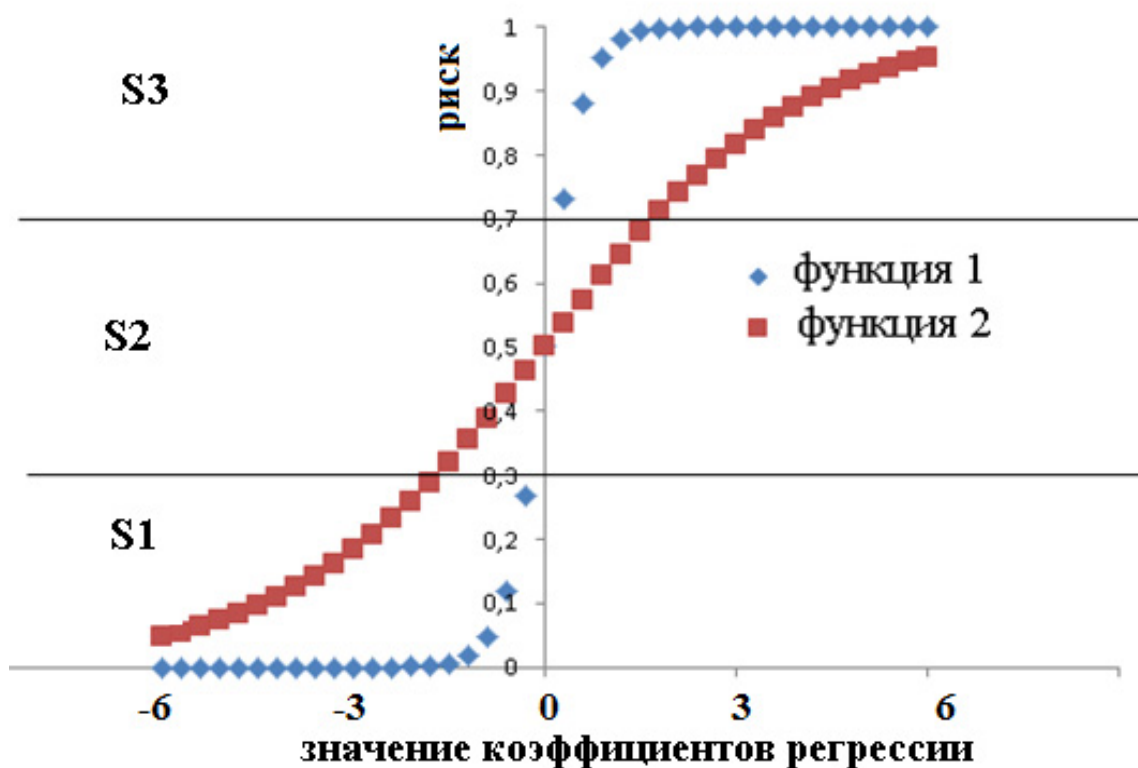


Рис. 1. Моделирование процесса возникновения и развития ЧС

Простейшая логистическая функция может быть описана формулой:

$$f(r) = \frac{1}{1 + e^{-r}}$$

Переменная  $r$  отражает подверженность некоторому набору факторов риска, в то время как  $f(r)$  представляет вероятность конкретного исхода, при заданном наборе рисков. Переменная  $r$  является мерой полного вклада всех факторов риска, используемых в модели, и известна как *logit*.

$$r = k_0 + k_1 r_1 + k_2 r_2 + \dots + k_n r_n,$$

где  $k_0$  называют «точкой пересечения»;  $k_1, k_2 \dots k_n$  – некоторые коэффициенты, требующие подбора (обычно, методом наибольшего правдоподобия), факторов риска  $r_1, r_2, \dots r_n$  – соответственно. Ясно, что при  $r=0$  риск становится равным 0,5 и в этой точке наблюдается перегиб функции. С позиций теории перколяции эту точку можно считать порогом перколяции. Каждый из коэффициентов регрессии описывает размер вклада соответствующего фактора риска (рис. 2).

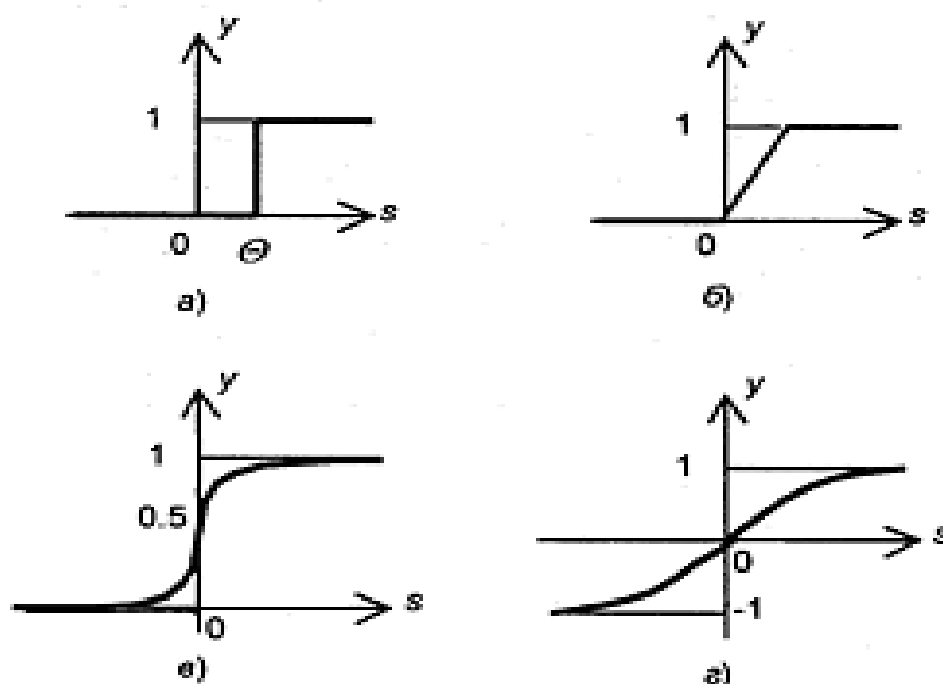


Рис. 2. Моделирование процесса возникновения и развития ЧС в зависимости от коэффициентов регрессии

Положительный коэффициент регрессии означает, что данный фактор увеличивает общий риск (то есть повышает вероятность анализируемого исхода), в то время как отрицательный коэффициент означает, что этот фактор уменьшает риск; большой коэффициент регрессии означает, что данный фактор существенно влияет на совокупный риск, в то время как почти нулевой коэффициент регрессии означает, что этот фактор имеет небольшое влияние на вероятность результата. Логистическая регрессия – удобный способ описать влияние одного или нескольких факторов риска на результат (рис. 3).

Необходимо оценивать способности системы продолжать нормальное функционирование в условиях постоянно действующих деструктивных влияний и противостоять им, адаптировать алгоритмы функционирования к новым условиям и организовывать функциональное восстановление или обеспечить функционирование при постепенном процессе восстановления.

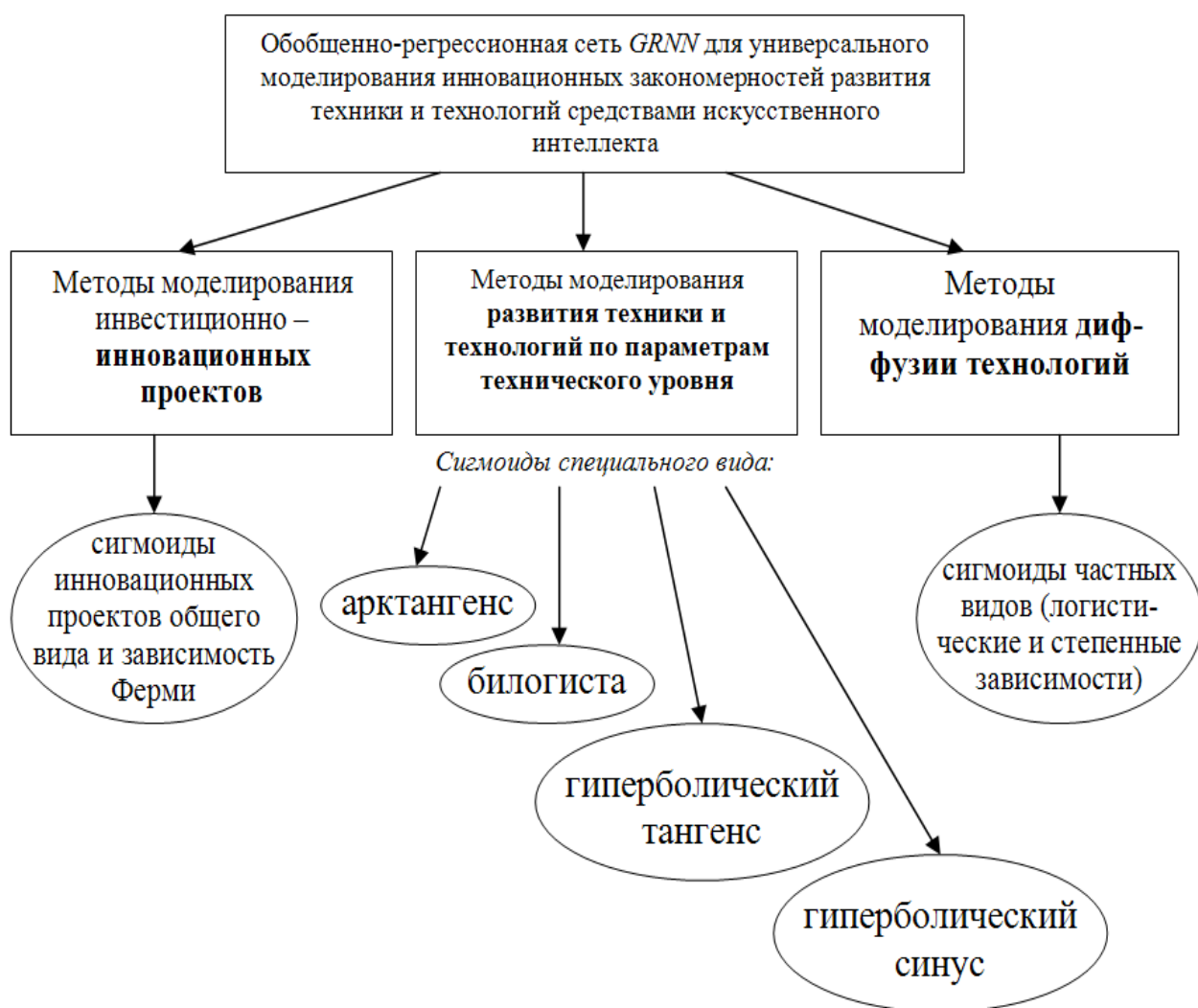


Рис. 3. Методы моделирование процесса возникновения и развития ЧС с помощью сигмоидальной зависимости

При использовании перколяционных моделей для управления и принятия решения в условиях ЧС следует рассмотреть влияние окружающей среды на процессы развития ЧС. Проведенный анализ показывает, что на развитие ЧС оказывают влияние следующие факторы:

- размерность покрывающих решеток степень связности узлов;
- фазовые переходы.

Существующие математические модели такого поведения сетевых структур (распространение разливов нефти, горение лесных массивов и т.п.) при деструктивном воздействии приводятся к перколяционной задаче [4–8]. Как правило, в рамках этой задачи рассматривается решетка из  $N$  проводящих элементов, после чего рассчитывается проводимость всей решетки при удалении отдельных ее элементов. Порог проводимости рассматривается как аналог порога живучести.

### Литература

1. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 // Рос. газ. 2007. 26 мая. № 111.
2. Галишев М.А., Моторыгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59–64.

3. Мирясов Е.Ю., Аманбаев М.Т., Моторыгин Ю.Д. Перколяционная модель описания процессов развития чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2013. № 3. С. 74–81.

4. Бельшина Ю.Н., Мирясов Е.Ю., Павлова А.С. Вероятностный анализ природного и техногенного рисков // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1. № 1 (5). С. 89–91.

5. Мирясов Е.Ю. Системный анализ перколяционных моделей развития чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2014.

6. Маршал В. Основные опасности химических производств: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 672 с.

7. Галишев М.А., Бельшина Ю.Н., Шарапов С.В. Использование системного подхода при экспертной идентификации нефтяных загрязнений в объектах окружающей среды // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008. № 4 (8). С. 29–35.

8. Моторыгин Ю.Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2011.

### References

1. About classification of emergency situations of natural and technogenic nature: The order of the Government of the Russian Federation of 21.05.2007. No. 304 // The Russian newspaper. 2007. 26.05. No. 111.

2. Galishev M.A., Motorygin Yu.D. Stochastic methods of decision making for reduction of probability of emergence of emergency situations // Risk Management Problems in a Technosphere. 2013. No. 4 (28). Page 59–64.

3. Miryasov E.Yu., Amanbayev M.T., Motorygin Yu.D. Perkolyatsionnaya model of the description of developments of emergency situations // Scientific and analytical magazine «Bulletin of the St. Petersburg University of the Public Fire Service of Emercom of Russia». 2013. No. 3. P. 74–81.

4. Belshina Yu.N., Miryasov E.Yu., Pavlova A.S. The probabilistic analysis of natural and technogenic is risk // Fire safety: problems and prospects. 2014. Т. 1. No. 1 (5). P. 89–91.

5. Miryasov E.Yu. The system analysis the perkolyatsionnykh of models of development of emergency situations on industrial facilities // the thesis. Candidate of Technical Sciences: 05.13.01 / St. Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia. St. Petersburg, 2014.

6. Marshal B. Main dangers of chemical productions: the lane with english. M.: World, 1989. 672 p.

7. Galishev M.A., Belshina Yu.N., Sharapov S.V. Use of system approach in case of expert identification of oil pollution in environment objects // Risk management problems in a technosphere. 2008. No. 4 (8). P. 29–35.

8. Motorygin Yu.D. System analysis of models of the description of processes of origin and development of the fire. Thesis of the Doctor of Engineering: 05.13.01 / St. Petersburg university of the public fire service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. St. Petersburg, 2011.