



Столыпинский  
вестник

Научная статья

Original article

УДК 502.504

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

FORECASTING DUST STORMS TAKEN INTO ACCOUNT OF ECOLOGICAL  
FACTORS

**Цховребов Эдуард Станиславович**, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), Москва, Россия (121352, Россия, г. Москва, ул. Давыдовская, 7), тел. 8 (495) 198 03 80, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9481-3832>; [rebrovstanislav@rambler.ru](mailto:rebrovstanislav@rambler.ru)

**Eduard S. Tshovrebov**, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher; Moscow, Russia; [rebrovstanislav@rambler.ru](mailto:rebrovstanislav@rambler.ru) (7, Davydkovskaya Str., Moscow, 121352, Russia), tel. 8 (495) 198 03 80, ORCID: [http://orcid.org / 0000-0002-9481-3832](http://orcid.org/0000-0002-9481-3832); [rebrovstanislav@rambler.ru](mailto:rebrovstanislav@rambler.ru)

### Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы прогнозирования возникновения одной из наиболее опасных чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера: пыльных бурь. Целью исследования является выработка подходов к прогнозированию опасных событий, явлений, факторов,

ведущих к образованию чрезвычайных ситуаций подобного рода и их неблагоприятных последствий для равновесного состояния природной среды, безопасности жизнедеятельности населения, устойчивого функционирования объектов. Применяемые для реализации цели исследования графоаналитические методы анализа дерева опасных событий и явлений реализуются в системе с теорией ситуационного управления и нечеткой логики. Результаты исследования носят многоплановый характер: они могут быть распространены на иные предметные области исследований в целях развития системы прогнозирования и предупреждения опасных событий, аварийных ситуаций, природно-техногенных катастроф.

### **Abstract**

The article discusses current problems of predicting the occurrence of one of the most dangerous emergency situations of a natural-technogenic nature: dust storms. The purpose of the study is to develop approaches to predicting dangerous events, phenomena, factors leading to the formation of emergencies of this kind and their adverse consequences for the equilibrium state of the natural environment, the safety of the population, and the sustainable functioning of facilities. The graphic-analytical methods used to analyze the tree of dangerous events and phenomena used to achieve the research goal are implemented in a system with the theory of situational control and fuzzy logic. The results of the study are multifaceted: they can be extended to other subject areas of research in order to develop a system for forecasting and preventing dangerous events, emergencies, and natural and man-made disasters.

**Ключевые слова:** *экологическая безопасность, чрезвычайная ситуация, мониторинг, прогнозирование, пыльные бури, вероятность.*

**Keywords:** *environmental safety, emergency, monitoring, forecasting, dust storms, probability.*

## Введение

По информации Центра мониторинга засух, а также центров гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды ежегодно возникающие на территории нашей страны пыльные бури оказывают крайне неблагоприятное воздействие на безопасность, комфортность и благоприятность жизнедеятельности населения, равновесное состояние экологических систем, устойчивость функционирования объектов жизнеобеспечения, предприятий промышленности, энергетики, транспорта, связи, других отраслей и секторов экономики, в первую очередь, животноводства и растениеводства.

Распространение пыльных бурь, ведущее к деградации почв, уничтожению флоры и фауны, опустыниванию территорий является неравномерным в зависимости от климатических условий, природных явлений, а также условий хозяйствования. Наиболее подверженными пыльным (песчаным) бурям являются Южный, Северо-Кавказский, Приволжский федеральные округа, юго-запад Сибири, южная часть Урала.

Чрезвычайно актуальной научной проблемой служит поиск методов повышения уровня обоснованности, точности, достоверности прогнозирования возникновения пыльных бурь, их неблагоприятных экологических и иных последствий.

При решении вопросов предотвращения чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных пыльными бурями и имеющих смешанный природно-техногенный формат, использование традиционных методов прогнозирования и анализа возможных неблагоприятных последствий ЧС не всегда представляется эффективным.

Одна их основных причин – недооценка или невозможность в силу ряда причин полноценного учета факторов, динамически изменяющихся в процессе протекания опасных событий во времени и в пространстве.

В целях оптимизации, повышения эффективности процессов предупреждения ЧС предлагается подход, учитывающий комплекс факторов, условий, ограничений, подлежащих внешнему регуляционному и

управляющему воздействию на стадии трансформации опасных событий между собой в целях предотвращения итогового неблагоприятного события - чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера.

Данный подход использован автором при прогнозировании возникновения чрезвычайной ситуации: пыльных бурь с экологически опасными последствиями для жизнедеятельности населения, природной среды и устойчивости функционирования объектов экономики.

### **Материалы и методы исследования**

Материалами для проведения исследования послужили опубликованные результаты научных работ отечественных и зарубежных авторов в области мониторинга, прогнозирования, предупреждения ЧС природного и техногенного характера [1-3], обеспечения экологической безопасности [4], мониторинга, системного анализа процессов опустынивания, деградации земель и образования пыльных бурь [5-9].

Графоаналитические методы анализа дерева опасных событий и явлений реализуются в системе с теорией ситуационного управления и нечеткой логики, системным анализом собранных информационных данных.

### **Результаты исследований**

На основе системного анализа методов прогнозирования природных ЧС сделан вывод о том, что аналитические способы оценки прогнозов ЧС предлагается использовать на стадии образования предпосылок, факторов условий зарождения чрезвычайных ситуаций, их развития в природных и техногенных системах, наступления неблагоприятных последствий. Метод анализирует каждое неблагоприятное событие как опасность для внешних, внутренних систем: жизнеобеспечения, транспортных, энергетических, природных, прочих.

Пример трехуровневой иерархической системы образования пыльной бури (на основе установленных критериев отнесения события к ЧС) представлен в таблице, в численном выражении событий (для аналитической оценки) - на рисунке.

Таблица

Трехуровневая иерархическая система трансформации событий, ведущих к наступлению чрезвычайной ситуации – пыльной бури

Сильная пыльная (песчаная) буря								
Очень сильный ветер, ураганный ветер, шквал, смерч			Уничтожение растительного, плодородного слоя. Эродированность грунтов. Дефляция почв			Засуха почвенная		
Вулканическое извержение	Сильная жара	Комплекс неблагоприятных явлений	Мелиорация, сокращение площадей водных объектов	Рост площадей пастбищ брошенных пахотных земель	Лесные пожары, ландшафтные (природные) пожары	Засуха атмосферно-ферменная	Сильная жара	Низкие уровни воды (низкая межень)

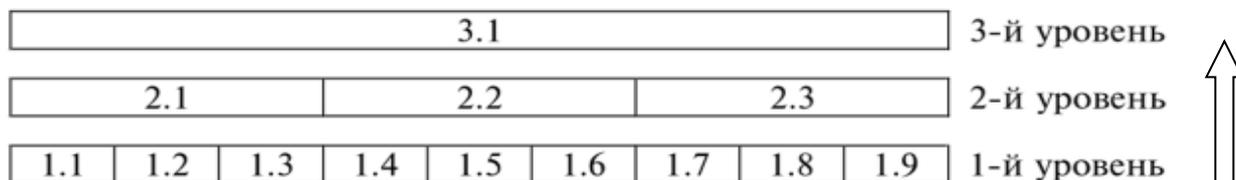


Рисунок - Трехуровневая иерархическая система в численном выражении событий (для аналитической оценки)

Основываясь на теории нечеткой логики и методах мягких вычислений, элементы каждого из уровней представленной системы могут находиться:

а) в спокойном, равновесном, устойчивом (для природного объекта), штатном, безопасном (для объекта жизнеобеспечения, технологического процесса, производственно-хозяйственной операции), рабочем (технические средства) состоянии, определяемым численным значением (0);

б) в аварийном состоянии, либо в случае идентификации события на этом уровне, квалифицируемого по соответствующим установленным критериям в качестве чрезвычайной ситуации и определяемым численным значением (1).

Состояние 3.1: пыльная буря (рисунок) возникает в случае, когда число связанных с этим элементов на нижестоящем уровне достигает критического значения, определяющего возникновение чрезвычайной ситуации. Предположим нахождение 2.1 в чрезвычайно опасном состоянии (1), если в таком состоянии находятся связанные с ним элементы: 1.2 и 1.3, 1.1 и 1.3, 1.1 и 1.2. Критическое число зависит от вида логической связи между элементами: «или», «и».

Обозначим  $P$  как вероятность опасного события на элементе 1-го уровня. Тогда вероятность такого события на элементах 2-го уровня при наличии трех критических элементов равна  $P^3$ , а на первом -  $P^9$ . Возникновение пыльной бури происходит, если присутствуют три соответствующих этому опасному событию элемента 1.1. – 1.3. В случае  $P < 1$  вероятность опасных процессов на элементах верхних уровней уменьшается, что характеризует стабильную экологическую систему и предотвращение аварийных, чрезвычайных ситуаций, их негативных последствий для жизнедеятельности населения, природной среды.

При  $T = 1$  вероятность наступления угрозы на элементах второго уровня оценивается:  $P(2, y) = 1 - (1 - P)^3$ , при  $y = 1, 2, \dots$ , третьего как  $P(3) = 1 - (1 - P)^9$ . Возникновение проблемных ситуаций (природных явлений, аварийных отключений, превышений предельных допустимых уровней безопасного воздействия) на нижних уровнях обуславливает высокое значение вероятности опасности в системе в целом. Аналогично делается оценка этих параметров и при  $T=2$ .

Таким образом, в рамках предлагаемого метода, можно осуществлять системный анализ, прогнозирование трансформаций различных явлений, событий процессов, приводящих к образованию пыльных бурь.

### Заключение

На основании предложенного подхода реализуется оценка вероятности неблагоприятных событий в природных и техногенных системах с образованием негативных последствий для окружающей среды..

Возникновение обратных связей приводит к тому, что вероятности проявления негативных процессов зависят не только от пространственных или внутренних технико-технологических, экологических и иных характеристик, но и от промежутка времени в рамках жизненного цикла событий, процессов, явлений, так как опасность имеет свойство накапливаться, трансформироваться и переходить на новый уровень, создавая угрозу возникновения чрезвычайной ситуации.

Предложенный автором подход обладает свойством динамичности: на его базе возможно формирование методов оценки трансформационных процессов, приводящих к возникновению как других природных, так и техногенных чрезвычайных ситуаций в целях предупреждения таких ситуаций в источниках их образования.

### Литература

1. Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О. Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 1 (67). С. 4-7.
2. Сосунов И.В., Олтян И.Ю., Верескун А.В., Крапухин В.В. Управление риском чрезвычайных ситуаций как составная часть обеспечения безопасности жизнедеятельности // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 1 (43). С. 4-9.
3. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Риск пыльных бурь. Зима. Весна. Лето. Осень // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / под ред. С.К. Шойгу. Москва: Дизайн, 2005. 269 с.

4. Цховребов Э.С. Новый подход к оценке параметров устойчивого развития в формате предотвращенной экологической опасности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2023. № 3. С. 50-68.
5. Иванова А.Р., Скриптунова Е.Н., Комасько Н.И., Завьялова А.А. Влияние пыльных и песчаных бурь на работу авиационного транспорта и оценка условий их возникновения на аэродромах европейской части России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 4 (378). С. 78-95.
6. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З. Биоценотические принципы и методы экологической реставрации пустынных пастбищных экосистем Средней Азии // Аридные экосистемы, 2012. Т. 18. № 3 (52). С. 5-21.
7. Шматков Н.Н., Тугова К. Покинутые сельскохозяйственные земли // Леспротинформ. 2018. № 3. С. 23-27.
8. Петров К.М. Динамика процессов опустынивания Северо-Западного Прикаспия: физико-географические и социально-экономические аспекты. Атлас-монография [Электронный ресурс] / сост. К.М. Петров, В.А. Бананова, В.Г. Лазарева, А.С. Унагаев. 2016. 91 с.
9. Кулик К.Н. Геоинформационный анализ динамики опустынивания на территории Астраханской области / К.Н. Кулик, А.С. Рулев, В.Г. Юферев // Аридные экосистемы, 2015. Т. 21. № 3 (64). С. 23-32.

### References

1. Akimov V.A., Oltyan I.Yu., Ivanova E.O. Methodology for ranking emergency situations of natural, man-made and biological-social nature according to the degree of their catastrophicity // Civil Safety Technologies. 2021. Т. 18. No. 1 (67). Pp. 4-7.
2. Sosunov I.V., Oltyan I.Yu., Vereskun A.V., Krapukhin V.V. Emergency risk management as an integral part of ensuring life safety // Civil Security Technologies. 2015. Т. 12. No. 1 (43). Pp. 4-9.

3. Zoidze E.K., Khomyakova T.V. Risk of dust storms. Winter. Spring. Summer. Autumn // Atlas of natural and man-made hazards and risks of emergency situations in the Russian Federation / ed. S.K. Shoigu. Moscow: Design, 2005. 269 p.
4. Tskhovrebov E.S. A new approach to assessing the parameters of sustainable development in the format of prevented environmental hazards // News of the Tula State University. Geosciences. 2023. No. 3. Pp. 50-68.
5. Ivanova A.R., Skriptunova E.N., Komasko N.I., Zavyalova A.A. The influence of dust and sand storms on the operation of aviation transport and assessment of the conditions for their occurrence at airfields in the European part of Russia. Hydrometeorological Research and Forecasts. 2020. No. 4 (378). Pp. 78-95.
6. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. Biocenotic principles and methods of ecological restoration of desert pasture ecosystems in Central Asia // Arid ecosystems, 2012. Vol. 18. No. 3 (52). Pp. 5-21.
7. Shmatkov N.N., Tugova K. Abandoned agricultural lands // Lesprominform. 2018. No. 3. Pp. 23-27.
8. Petrov K.M. Dynamics of desertification processes in the North-Western Caspian region: physico-geographical and socio-economic aspects. Atlas-monograph [Electronic resource] / comp. K.M. Petrov, V.A. Bananova, V.G. Lazareva, A.S. Unagaev. 2016. 91 p.
9. Kulik K.N. Geoinformation analysis of the dynamics of desertification in the Astrakhan region / K.N. Kulik, A.S. Rulev, V.G. Yuferev // Arid ecosystems, 2015. T. 21. No. 3 (64). Pp. 23-32.

© Цховребов Э.С., 2024 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №2/2024.

**Для цитирования:** Цховребов Э.С. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» № 2/2024