

## **Природные факторы техногенного риска (опыт применения многомерной статистики)**

Е.Г. Петрова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия*

## **Natural factors of technological risk: experience of multi-dimensional statistic methods application**

E.G. Petrova

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia*

In this study we attempted to ascertain and codify the relationship between different types of technological disasters and natural processes. Two types of natural processes were identified, based on their impact pattern on the technosphere. Solar and geomagnetic disturbances generally affect technological risk through the failure of automatic machinery and the reduction of operator reliability. They increase the probability of transport accidents, fires, and catastrophic toxic emissions. Geological, climatic, hydrological, and other natural hazardous processes increase technological risk through direct mechanical impacts. Their occurrence in space and time depends on the character of the natural process and the specific regional environment. Two groups of disasters with similar temporal distributions and four groups of technological disasters with similar distributions within the federal regions were detected using factor analysis. Temporal changes in the number of technological disasters of different groups depend on the prevailing type of natural processes. The total number and proportion of technological disasters in federal regions results mainly from the concentration of industrial units and their type, as well as and the local natural and social environment.

Одним из важнейших аспектов проявления активизации различных природных процессов на Земле является их воздействие на человеческое общество и на техносферу, что, в частности, приводит в последние десятилетия к усилению техногенного риска. В связи с этим нам представляется чрезвычайно важным исследовать проблемы природной составляющей техносферной аварийности, играющей значительную роль наряду с такими очевидными ее факторами как чисто технические, экономические и социальные причины. Важно проследить механизмы взаимосвязи между природными процессами различного генезиса, географического распространения и периодов активизации и разными видами аварий. В докладе эти вопросы рассматриваются на примере России. Представлена попытка количественного анализа распределения широкого набора чрезвычайных ситуаций техногенного характера, как в пространстве, так и во времени.

По характеру воздействия на техносферу и общество все природные процессы можно разделить на два основных типа. К первому из них могут быть отнесены те процессы и

---

Петрова Е.Г. Природные факторы техногенного риска (опыт применения многомерной статистики). // Изменения природной среды на рубеже тысячелетий. Труды Международной электронной конференции. Тбилиси-Москва, 2006, с. 155-160. [www.cetm.narod.ru/pdf/petrova.pdf](http://www.cetm.narod.ru/pdf/petrova.pdf)

явления, которые обуславливают чисто механические повреждения и разрушения объектов техносферы или создают препятствия для их функционирования, вызывают гибель и ранения людей. Традиционно именно эти процессы и явления относят к категории природных опасностей. Они очень сильно различаются как по своим масштабам, так и по географическому распространению. Это различного рода геологические, геоморфологические, гидрологические, метеорологические, биологические и другие опасные природные процессы и явления (землетрясения, цунами, извержения вулканов, оползни, лавины, сели, наводнения, ураганы, сильные снегопады, морозы, засухи и др.). Часто подобные опасные процессы выступают «спусковым крючком» различных аварий. Так, ураганный ветер и сильные снегопады нередко влекут за собой нарушения различных систем жизнеобеспечения населения (электро-, тепло- и водоснабжения), а землетрясения и наводнения могут вызвать целую цепочку промышленных и коммунальных аварий.

Природные процессы второго типа обычно среди природных опасностей не рассматривают. К ним относятся солнечно-космические возмущения, магнитные бури, аномалии геофизических полей. Между тем, многие исследователи отмечали, что эти процессы могут оказывать существенное воздействие на функционирование объектов техносферы, вызывая сбои различных электронных и автоматических систем, а также на характер протекания химических процессов, приводящих к самовозгоранию. Кроме того, они могут влиять и на психологическое состояние и самочувствие людей (в том числе, операторов различного оборудования, водителей транспортных средств, пилотов и др.). И в первом случае (непосредственное воздействие на сами объекты техносферы), и во втором (опосредованное воздействие путем усиления действия «человеческого фактора») все эти явления могут стать причиной аварий. Так, С.М. Мягков, К. Вернер, Р. Райтер, В.П. Десятов и др. отмечали резкое увеличение числа автомобильных аварий на вторые сутки после вспышек на Солнце (Десятов и др., 1972; Мягков, 1995). А.Б. Эпов установил корреляцию динамики числа авиакатастроф и пожаров на складах сырья и готовой продукции с динамикой солнечной активности (коэффициент корреляции 0,74) (Эпов, 1994). Исследования Института земного магнетизма РАН показали четкую связь сбоев железнодорожной автоматики с крупными возмущениями геомагнитного поля (Канониди и др., 2002).

Мы проанализировали изменение во времени за последние 10 лет количества техногенных чрезвычайных ситуаций (ТЧС) различных видов для России в целом, а также географическое их распределение по всем субъектам Российской Федерации, используя методы многомерной статистики.

При обработке данных была использована R-модификация факторного анализа, основанная на методе главных компонент. Факторный анализ ориентирован на выявление минимального числа гипотетических, непосредственно не измеряемых переменных (факторов), необходимого для описания корреляционных взаимосвязей между всеми количественными признаками (в данном случае, количеством ТЧС разных видов). По результатам этого анализа можно выбрать параметры (из числа предложенных компьютером) с наибольшей дисперсией величин, а также выявить группы параметров, значения которых коррелируют друг с другом, и тем самым сократить число параметров при последующем анализе (Девис, 1977).

Сначала был проведен факторный анализ, количественными признаками в котором выступили данные о числе ТЧС 11 различных видов, а также всех ТЧС и всех чрезвычайных ситуаций природного характера (ПЧС) за период с 1992 г. по 2001 г. по России в целом. Это позволило проанализировать количественные изменения рассматриваемых событий во времени (за исследуемый десятилетний период). В результате анализа выяснилось, что все эти, казалось бы, не связанные друг с другом, разнородные события распределены во времени не обособлено и не случайным образом. Они сгруппировались в две группы, в каждой из которых значения переменных коррелируют между собой (рис. 1). Это дает основания предположить, что события, объединившиеся в одну группу, имеют

сходный характер изменения во времени и в значительной степени подвержены неким общим закономерностям. Соответствующие коэффициенты корреляции приведены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между количественными изменениями ЧС различных видов во времени.

	ТЧС	ПЧС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТЧС	1,00	0,11	0,68	-0,29	0,45	0,49	0,33	0,90	0,86	0,14	-0,01	-0,29	-0,26
ПЧС		1,00	-0,67	0,83	0,27	-0,10	0,80	-0,27	0,12	0,92	0,73	0,76	0,69
С			1,00	-0,83	0,03	0,39	-0,28	0,76	0,37	-0,46	-0,56	-0,65	-0,61
2				1,00	0,29	-0,35	0,55	-0,46	-0,04	0,70	0,73	0,66	0,43
3					1,00	0,51	0,55	0,05	0,23	0,45	0,54	-0,19	-0,28
4						1,00	0,12	0,27	0,22	0,21	0,19	-0,48	-0,16
5							1,00	0,08	0,40	0,85	0,56	0,57	0,47
6								1,00	0,86	-0,08	-0,26	-0,27	-0,22
7									1,00	0,25	0,14	0,04	0,13
8										1,00	0,72	0,61	0,52
9											1,00	0,47	0,41
10												1,00	0,75
11													1,00

Цифрами в табл.1 обозначены: 1 – железнодорожные, 2 – водные, 3 – авиационные, 4 – автомобильные аварии (ДТП); 5 – аварии на трубопроводах; 6 – пожары; 7 – аварии с выбросом или угрозой выброса химически опасных веществ (ХВ); 8 – аварии с выбросом или угрозой выброса радиоактивных веществ (РВ); 9 – внезапные обрушения зданий, сооружений и пород; нарушение 10 – электроснабжения, 11 – тепло- и водоснабжения.

Цветом выделены значимые корреляции (красным цветом - для ЧС, относящихся к первой группе, зеленым – ко второй).

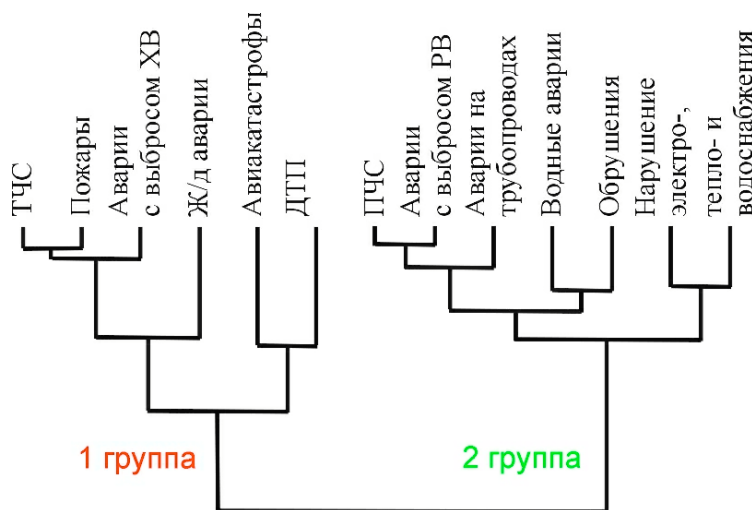


Рис.1. Группы ЧС со сходным характером изменения во времени.

Оказалось, что все те виды аварий, увеличение числа которых С.М. Мягковым, А.Б. Эповым и другими исследователями связывалось с усилением солнечной активности или

аномалиями геофизических полей, в результате нашего анализа попали в одну группу. Это - авиакатастрофы, автомобильные и железнодорожные аварии, пожары. С ними объединились и аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ. Это позволяет сделать вывод о том, что изменение во времени именно этих видов аварий (ТЧС) может быть связано с активизацией природных процессов, отнесенных нами ко второму типу. Конечно, это не говорит о том, что солнечно-космические возмущения и аномалии геофизических полей являются единственной причиной всех аварий перечисленных видов. Однако активизация этих природных процессов может усиливать вероятность их возникновения, что объясняется - как уже отмечалось выше – не только непосредственным воздействием на электронные системы, автоматику, химические процессы, но и косвенным – посредством воздействия на персонал.

Между тем, попавшие во вторую группу аварии других видов обнаруживают довольно тесную корреляционную связь не только друг с другом, но и с общим числом природных ЧС. Это может косвенно свидетельствовать о том, что их возникновение может с большей степенью вероятности усиливаться активизацией природных процессов первого типа, оказывающих в основном механическое воздействие на техносферу и общество. Здесь речь также не идет о причинно-следственной связи, а только об общестатистическом увеличении числа одних событий при увеличении числа других.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между распределением ТЧС различных видов по субъектам РФ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P
A	1,00	0,25	0,24	0,18	0,20	0,22	0,06	0,12	0,43	0,3	0,2	0,07	0,18	0,5	0,4
B		1,00	0,42	-0,06	0,49	0,45	0,24	0,47	0,37	0,18	0,30	0,28	0,36	0,28	0,43
C			1,00	-0,04	0,45	0,48	0,26	0,32	0,4	0,4	0,13	0,18	0,29	0,32	0,29
D				1,00	0,08	0,16	0,01	-0,04	-0,02	-0,07	0,21	0,04	-0,08	0,08	-0,05
E					1,00	0,77	0,22	0,82	0,44	0,29	0,7	0,62	0,51	0,1	0,54
F						1,00	0,24	0,77	0,42	0,19	0,5	0,5	0,45	0,25	0,48
G							1,00	0,15	0,08	0,23	0,14	0,14	0,29	0,53	0,64
H								1,00	0,45	0,16	0,61	0,66	0,51	0,12	0,56
I									1,00	0,18	0,2	0,32	0,4	-0,01	0,18
J										1,00	0,25	0,25	0,19	0,29	0,25
K											1,00	0,5	0,26	0,0	0,3
L												1,00	0,43	0,02	0,53
M													1,00	0,17	0,46
N														1,00	0,4
P															1,0

Буквами в табл.2 обозначены: транспортные аварии А – авиационные, В – железнодорожные, С – автомобильные, D – водные; пожары и взрывы Е – в зданиях и сооружениях, F – на транспорте, G – под землей и на складах ГСМ; аварии с выбросом (угрозой выброса) H – ХВ, I – РВ; J – аварии на трубопроводах; нарушение K – теплоснабжения, L – электроснабжения, M – водоснабжения; N – аварии на очистных сооружениях; P – внезапные обрушения зданий, сооружений и пород.

Цветом выделены значимые корреляции.

Затем мы провели факторный анализ, используя в качестве количественных признаков данные о числе ТЧС 15 различных видов по всем 89 субъектам РФ за 1992-1997 гг. Выбор именно этого временного интервала был обусловлен тем, что мы располагали сопоставимыми статистическими данными по регионам только за этот период. В данном случае в качестве исходных параметров для анализа были взяты суммарные значения количества ТЧС каждого вида по каждому субъекту в целом за весь рассматриваемый период. Это позволило проанализировать региональные различия в распределении ТЧС по субъектам РФ. Оказалось, что и в своем пространственном распределении некоторые виды

ТЧС обнаруживают корреляционную связь друг с другом. Соответствующие коэффициенты корреляции приведены в табл. 2.

В результате факторного анализа рассматриваемые виды ТЧС сгруппировались в 4 группы (рис.2).

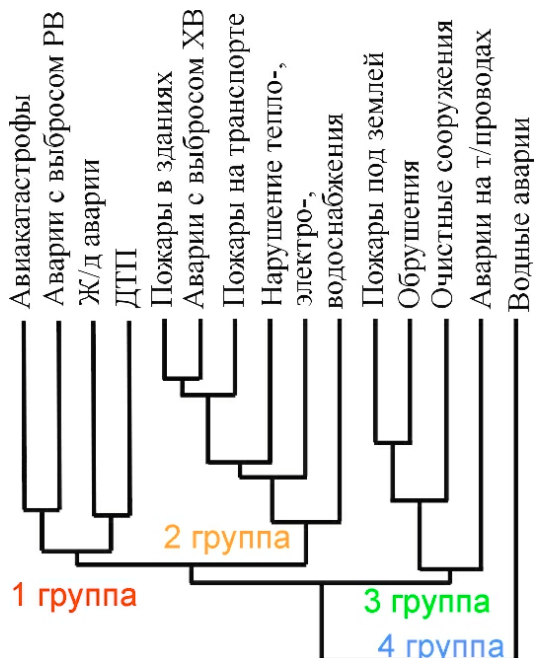


Рис.2. Группы ТЧС со сходным характером распределения по субъектам РФ.

Сравнивая рис.1 и 2, можно заметить, что некоторые виды ТЧС группируются друг с другом примерно одинаково в обеих выборках. Вероятно, это может говорить о том, что не только их изменение во времени, но и распределение по субъектам РФ связано с действием схожих факторов. Так, в одну группу попадают железнодорожные, автомобильные аварии и авиакатастрофы (1 группа). Другой пример - внезапные обрушения и аварии на трубопроводах (во второй выборке с ними объединились пожары и взрывы под землей, а также аварии на очистных сооружениях, которые в первом анализе не рассматривались) (3 группа). Как указывалось выше, в первом случае (1 группа), очевидно, преобладает влияние гелиогеомагнитных факторов и геофизических полей, а во втором (3 группа) – природных воздействий механического характера. В то же время, пожары в зданиях и на транспорте и аварии с выбросом ХВ образовали общую группу с авариями в системах тепло-, электро- и водоснабжения (2 группа), а водные аварии обособились в отдельную группу (4 группа). Такая перегруппировка различных видов аварий при переходе на региональный уровень, очевидно, объясняется дополнительным действием уже других факторов экономического и социального характера, помимо природных. Так, совпадение в пространстве некоторых промышленных и коммунальных аварий, несомненно, связано с повышенной концентрацией соответствующих объектов в промышленных районах с высокой плотностью населения. А водные аварии привязаны в первую очередь к водным объектам, что и сказывается на их географическом распределении.

Проведенное исследование подтверждает выводы А.Б. Эпова и других авторов о неслучайном характере изменения во времени и распределения в пространстве таких казалось бы случайных событий как техногенные аварии. Немаловажную роль в этом

механизме играют и природные факторы. Причем не только такие явные как природные процессы и явления, отнесенные нами к первому типу, которые оказывают непосредственное механическое воздействие на техносферу, чем создают прямые предпосылки для возникновения техногенных аварий. Велико значение здесь и природных процессов второго типа, отличающихся глобальным распространением и циклическим характером изменения во времени. Все эти вопросы заслуживают дальнейшего глубокого изучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Девис Д. Статистика и анализ геологических данных. – М.: Мир, 1977, 568 с.
- Десятов В.П., Осипов А.И., Суздальская О.В. Солнечная активность и статистика смертности. //Солнце, электричество, жизнь. Материалы чтений памяти А.Л. Чижевского. - М., 1972, с.90-92
- Канониди Х.К., Ораевский В.Н., Белов А.В., Гайдаш С.П., Лобков В.Л. Сбои в работе железнодорожной автоматики во время геомагнитных бурь // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Научно-практическая конференция. Сборник материалов. – М.: Центр «Антистихия», 2002, с.41-42.
- Мягков С.М. География природного риска. – М.:МГУ, 1995, 224с.
- Эпов А.Б. Закономерности возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций и их связь с природными процессами // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М., 1994. Вып.12, с.14-20.