

УДК 551.2 + 316.4 + 502.31

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ КАТАСТРОФЫ. ВЗАИМОСВЯЗЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ

*Фереферов К.А.<sup>1</sup>, Долгая А.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Камчатский государственный технический университет*

<sup>2</sup>*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

*Научный руководитель д.ф.-м.н. Викулин А.В.*

В работе приводится описание созданной авторами базы данных геологических (природных) катастроф и социальных явлений, содержащей сведения о 2395 событиях. Все события классифицируются по баллу *J*. Рассмотрено программное приложение, созданное авторами для работы с базой данной. В результате анализа списка событий выявлены свойства цикличности, группированности и взаимодействия катастроф, построен график их повторяемости. Введено понятие единого геосоциального процесса.

*Ключевые слова: база данных, природные катастрофы, социальные явления, геосоциальный процесс*

### ВВЕДЕНИЕ

Все в Природе взаимосвязано – эта общеизвестная истина своими корнями исходит из принципа Аристотеля-Лейбница-Маха о неразрывном единстве физического и духовного мира. Достижения последних лет убедительно доказывают, что наша планета является в буквальном смысле слова живым организмом, в котором все процессы взаимосвязаны, и такая взаимосвязь и геофизически [7] и социально [9] обоснована.

Проведенный авторами и другими исследователями анализ с использованием большого по объему материала показал [4]: все биологические кризисы на планете в течение последних 600 млн лет, обособление человека в самостоятельный род, все основные этапы становления *Homo sapiens* и формирования социума, возникновение и исчезновение цивилизаций, империй и государств и предварялись и сопровождались природными катастрофами: импактами, климатическими аномалиями и аномалиями геомагнитного поля, наводнениями и засухами, землетрясениями, извержениями вулканов и др.

Все эти данные позволяют ставить задачу исследования природных катастроф и социальных явлений, в совокупности, как взаимосвязанных событий, отражающих единый геосоциальный процесс.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для анализа и формализованного представления данных о природных катастрофах и социальных явлениях, которые в дальнейшем будем называть катастрофами, необходимо уметь классифицировать их единым образом. В качестве таких единых характеристик могут выступить социально значимые параметры в виде материальных потерь  $Q$  (\$) и количестве человеческих жизней  $P$ . Такого типа логарифмическая шкала ( $J$ ) была предложена для классификации землетрясений [11]. Эта шкала авторами была модифицирована в соответствии с выявленными демографическими особенностями развития человечества и изменением со временем курса валюты и использована для классификации всех катастроф, и природных, и социальных [3] (табл. 1).

Таблица 1. Шкала классификации природных катастроф и социальных явлений по материальным  $Q$  (\$) потерям и количеству человеческих жизней  $P$  в течение пяти исторических эпох, начиная с Древнего мира

Интервал (годы)	Баллы, $J$					
	$J = III$		$J = II$		$J = I$	
	$P$ , чел.	$Q$ , \$	$P$ , чел.	$Q$ , \$	$P$ , чел.	$Q$ , \$
1995-2014 (до 2025?)	15 тыс. – 1.5 млн.	1.4 млрд. – 150 млрд.	1.5 млн. – 150 млн.	140 млрд. – 15 трилл.	150 млн. – 15 млрд.	15 трилл. – $1.5 \cdot 10^{13}$
1871-1994	3001 – 300 тыс.	14 млн. – 1.4млрд.	301 тыс. – 30 млн.	1.4 млрд. – 150млрд.	31 млн. – 3 млрд.	151млрд. – 15 трилл.
1531-1870	601 – 60 тыс.	400 тыс. – 45 млн.	61 тыс. – 6 млн.	46 млн. – 5 млрд.	6.1 млн. – 600 млн.	5.1 млрд. – 500 млрд.
531-1530	301 – 30 тыс.	40 тыс. – 4.5 млн.	31 тыс. – 3 млн.	4.6 млн. – 500 млн.	3.1 млн. – 300 млн.	501 млн. – 50 млрд.
2000 г. до н.э. – 530 г. н.э.	151 – 15 тыс.	13 тыс. – 2 млн.	16 тыс. – 1.5 млн.	2.1 млн. – 170 млн.	1.6 млн. – 150 млн.	171 млн. – 18 млрд.

**Примечание:** классификация событий в течение периода 1871-1994 гг. в точности соответствует шкале [11]. Более слабые события (балл  $J = IV$  и выше) в работе не рассматривались.

Авторами составлен список сильных  $J \leq III$  природных катастроф и значимых социальных явлений, включающий  $N=2395$  событий: 1086 природных и 1079 социальных – произошедших на планете в течение последних 36 веков истории человечества [3–6]. События классифицируются по видам: природные – землетрясения (1), извержения вулканов (2), ураганы, наводнения (3), засухи, пожары природные (4) и климатические аномалии (5); социальные – войны, битвы (6), революции, восстания (7), геноцид, резня (8), эпидемии, пандемии (9) и пожары социальные, по вине человека (10) и другие события (11), которые не удается классифицировать по видам (1)-(10). Статистика катастроф по видам приведена в табл. 2.

Таблица 2. Числа  $N_I$ ,  $N_{II}$ ,  $N_{III}$  и  $N_{\Sigma}$ , содержащихся в базе данных природных ( $n = 1, 2, \dots, 5$ ) и социальных ( $n = 6, 7, \dots, 10$ ) катастроф баллов  $J = I, II$  и  $III$  и всех, в совокупности, соответственно

Классификация, $n$	$N_I$	$N_{II}$	$N_{III}$	$N_{\Sigma}$
1. Землетрясения	16	110	407	533
2. Извержения вулканов	1	5	47	53
3. Ураганы, наводнения	12	53	283	348
4. Засухи, пожары природные	8	30	56	94
5. Климатические аномалии	3	19	36	58
(1÷5)	40	217	829	1086
6. Войны, битвы	27	154	522	703
7. Революции, восстания,	2	19	38	59
8. Геноцид	4	16	11	31
9. Эпидемии, пандемии	13	77	179	169
10. Пожары социальные	3	10	104	117
(6÷10)	49	276	764	1079
(1÷10)	89	493	1593	2165
11. Другие события	18	44	68	130
$N_{\Sigma}$ (1÷11)	107	537	1751	2395

При составлении списка катастроф авторами было проанализировано около 300 источников [например, 1; 8], в которых описаны различные природные и социальные события, имевшие катастрофические последствия для населения. Необходимо отметить, что в источниках могут содержаться разные данные об одном и том же событии. В этом случае в базу данных заносились максимальные оценки из имеющихся. С учетом значительных интервалов материальных и человеческих потерь, заложенных при составлении шкалы классификации по баллу  $J$  (табл.1), такой подход, как пред-

ставляется, не может привести к изменению величин баллов и статистики в табл. 2.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обеспечения удобства хранения данных и автоматизации проведения расчетов при исследовании характеристик составленного списка событий было решено разработать базу данных катастрофических событий и приложения для работы с ней. Для реализации базы данных выбрана СУБД MS Access, так как работа со списком катастроф производится сотрудником локально. Приложение для работы с базой данных разрабатывается в среде программирования Borland Delphi 7.

Главное окно приложения представлено на рисунке 1.

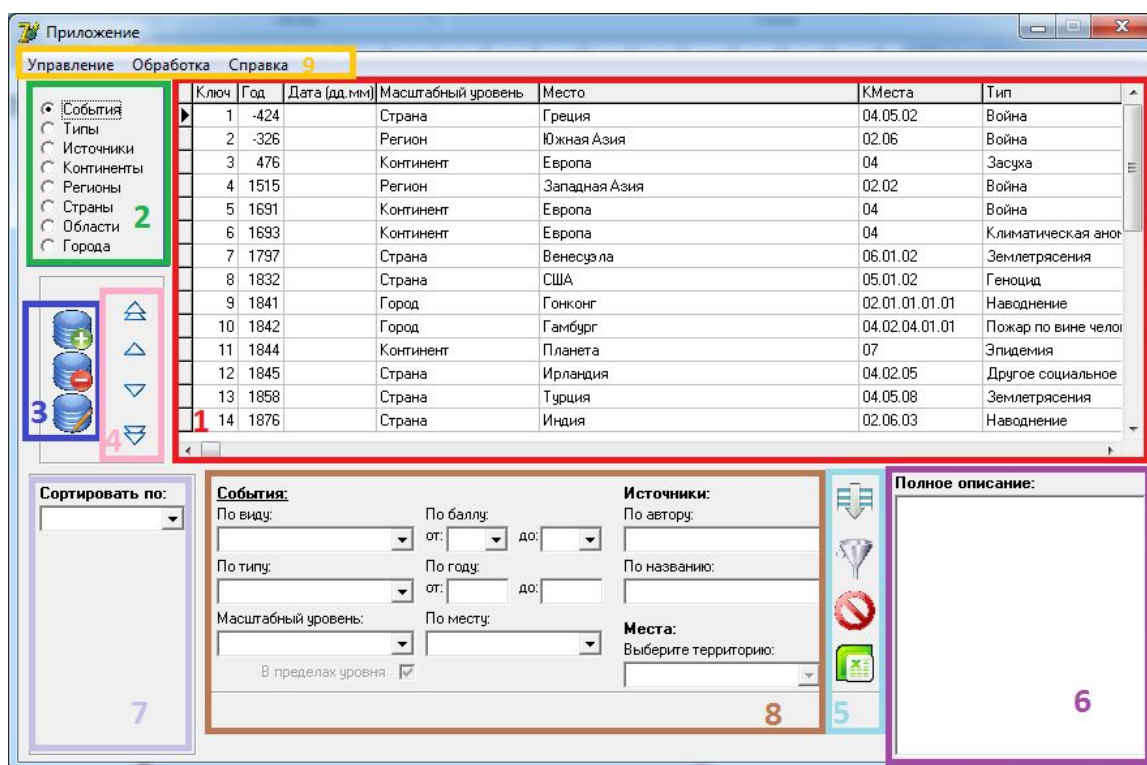


Рис. 1. Главная форма приложения

Здесь выделенные разными цветами области выполняют определенные функции:

- красный цвет (1) – область отображения выбранной пользователем таблицы;
- зеленый цвет (2) – область выбора таблицы;

- синий цвет (3) – область управления записями, кнопки отвечают за добавление, удаление и редактирование записей соответственно;
- розовый цвет (4) – область навигации по записям таблицы, отображаемой в красной области;
- голубой цвет (5) – область работы с записями. Кнопки отвечают за сортировку, фильтрацию, отмену фильтрации и вывод отчета в MS Excel для последующей работы с отфильтрованной информацией;
- лиловый цвет (6) – область вывода полной информации о катастрофе, запись по которой выделена в красной области в таблице «События»;
- сиреневый цвет (7) и коричневый цвет (8) – область работы с сортировкой и фильтрами соответственно;
- оранжевый цвет (9) – меню приложения.

Разработанная информационно-вычислительная система выполняет следующие функции:

1. просмотр содержимого базы данных;
2. добавление, редактирование и удаление записей в таблицах базы данных;
3. сортировка и фильтрация записей по различным критериям;
4. экспорт выборок из списка событий в MS Excel.

В перспективе будут реализованы программные модули, позволяющие:

1. строить графики повторяемости;
2. проводить спектральный и спектрально-корреляционный анализ временных рядов катастрофических событий;
3. работать со справочной системой приложения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

*График повторяемости катастроф.* По данным табл. 2 методом наименьших квадратов был построен график повторяемости катастроф (рис. 2). Данные за период конец XIX в. – XX в., за последние сто лет, по-

видимому, можно считать достаточно представительными, так как практически все достаточно сильные с  $J = I, II$  и  $III$  катастрофы за этот интервал времени содержатся без пропусков.

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что угол наклона графика повторяемости катастроф, определенный в интервале баллов  $III \geq J \geq I$ , равен  $\frac{\Delta \lg N}{\Delta J} = -0.6$ .

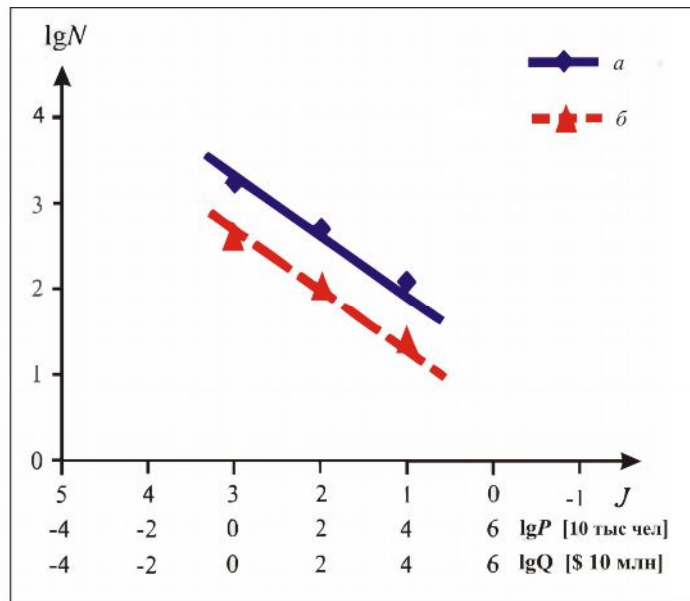


Рис. 2. Графики повторяемости природных и социальных катастроф, построенные по данным за последние 36 веков (а) и за 1871-1994 гг. (б).  $J$  – балл катастрофы.

Геологические (природные) и социальные катастрофы в списке представлены примерно поровну (табл. 2), т.е. обе эти совокупности могут рассматриваться как одинаково и значимые, и представительные с позиций «живой» и «неживой» природы процессы, описываемые логарифмическим законом распределения с углом «наклона», равным  $-0.6$ .

*Цикличность катастроф.* Из данных, представленных на рис. 3, видно, что минимумы чисел катастроф на обеих кривых имеют тенденцию следовать через определенные интервалы времени: для природных катастроф – через  $230 \pm 40$  лет (рис. 3а), для социальных явлений – через  $330 \pm 90$  лет (рис. 3б). Для всех событий (и природных, и социальных) в среднем – через  $280 \pm 60$  лет. При этом в интервале III-II до н.э. – XX вв. 10 из 12 ми-

нимумов обоих распределений, только природных (рис. 3а) и только социальных (рис. 3б), приходится на одни и те же века.

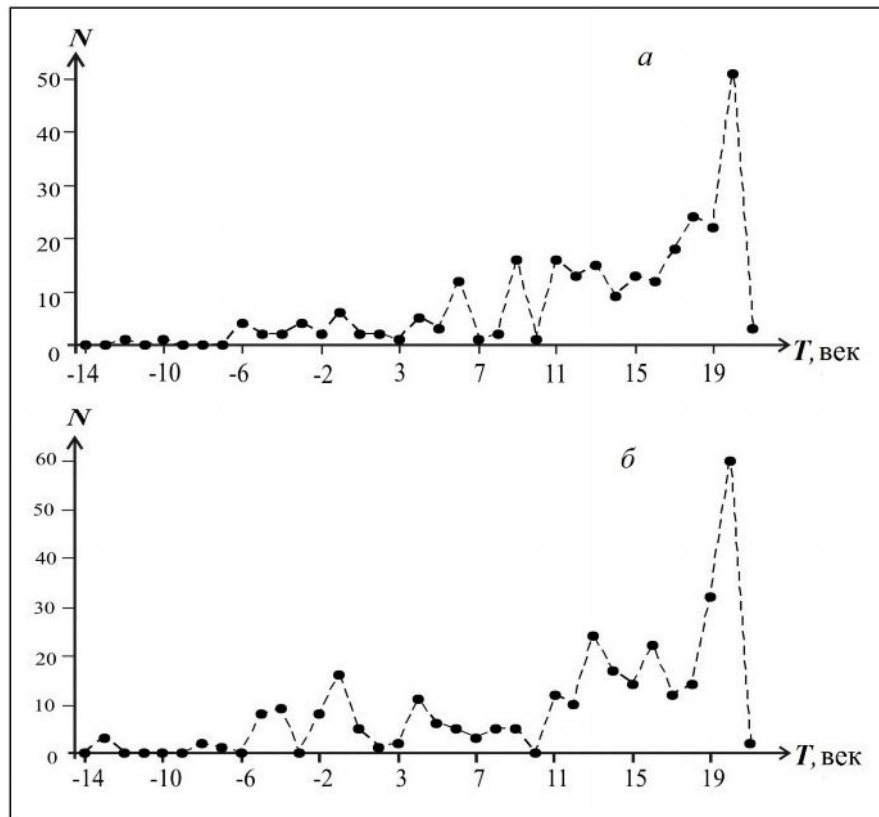


Рис. 3. Числа  $N$  природных (а) и социальных (б) значимых (баллы  $J=I+II$ ) катастроф с усреднением по векам  $T$ ; отрицательные числа – века до нашей эры.

Распределение чисел событий (природных + социальных катастроф) по десятилетиям, начиная с середины XIX в., представлено на рис. 3. Видно, что имеет место четкое чередование минимумов чисел событий с периодом 30-40 лет, в среднем,  $33 \pm 3$  года.

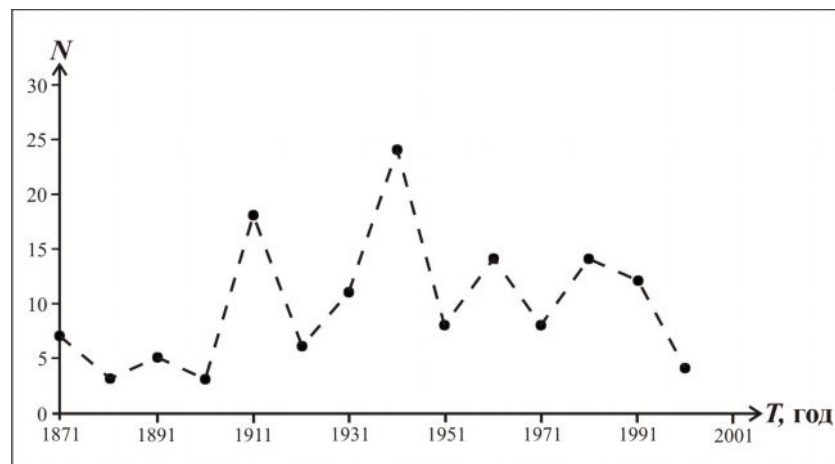


Рис. 4. Распределение чисел природных и социальных событий с баллами  $J=I+II$  по десятилетиям в интервале 1871-2010 гг.

Полученный результат подтверждает сформулированный ранее [1; 13] и на большем материале подтвержденный авторами [Викулин и др., 2015] фундаментальный вывод о цикличности и природных, и социальных катастроф в отдельности, и всех катастроф в совокупности.

*Группируемость катастроф.* Исследовались статистики ближайших временных интервалов между сильными ( $J = I + II$ ) событиями в наибольших по представительности выборках для землетрясений (515 до н.э. – 2011 гг.,  $N = 126$ ), войн (538 до н.э. – 2003 гг.,  $N = 177$ ) и всех событий в совокупности (492 до н.э. – 2014 гг.,  $N = 622$ ). Полученные данные позволили предположить, что катастрофы имеют тенденцию группироваться на малых временных интервалах.

Для проверки этого предположения статистики временных интервалов между ближайшими природными (землетрясения) и социальными (войны) сильными ( $J = I+II$ ) катастрофами моделировались экспоненциальным распределением Вейбулла–Гнеденко:

$$f(x) = 1 - e^{-(x/\lambda)^k}, \quad x \geq 0, k > 0;$$

$$f(x) = 0, \quad x < 0.$$

Здесь  $\lambda$  и  $k$  – параметры масштаба и формы, соответственно [2].

Выборки землетрясений и войн, каждая в отдельности, и всех событий в совокупности с достоверностью не хуже  $\alpha = 0.19$  оказалось возможным описать распределениями Вейбулла–Гнеденко с параметрами формы  $k < 1$ , что может считаться доказательством эффекта группирования на малых интервалах времени и природных, и социальных, каждая в отдельности, и всех катастроф в совокупности.

*Взаимодействие между природными и социальными катастрофами.*

Степенное распределение Парето:

$$f(x) = 1 - \left(\frac{a}{x}\right)^k, \quad x \geq a, k > 0,$$

$$f(x) = 0, \quad x < a,$$



где  $a$  и  $k$  являются параметрами масштаба и формы, соответственно, как и распределение Вейбулла-Гнеденко, относится к классу распределений с тяжелыми хвостами [10].

Степенной характер определяет распределение Парето как более чувствительное, по сравнению с распределением Вейбулла-Гнеденко, распределение по отношению к тяжелой «длиннохвостовой» части. Поэтому можно ожидать, что распределения, соответствующие «более короткопериодным» ( $230 \pm 40$  лет) природным (землетрясения) и «более длиннопериодным» ( $330 \pm 90$  лет) социальным (войны) катастрофам, будут по разному описываться распределением Парето.

Описанные ранее выборки землетрясений, войн и всех событий в совокупности моделировались распределением Парето. Оказалось, что все три выборки соответствуют распределению Парето с разной достоверностью  $\alpha$ . Проверка значений достоверности  $\alpha$  на устойчивость путем «деформации» выборок за счет небольшого изменения (уменьшения) в них чисел событий показала следующее. Значения  $\alpha$  для выборок «войны» и «все события» изменяются в достаточно малых пределах  $\alpha = 0.04-0.17$  и  $\alpha = 0.99-0.999$ , соответственно, являясь «устойчивыми» к «малым деформациям» исходных выборок. В то же время выборки «землетрясения», скорее, являются неустойчивыми, поскольку построить соответствующие распределения Парето не всегда представляется возможным вследствие значения параметра формы  $k < 0$ .

Все события в списке в совокупности можно рассматривать как систему, состоящую из двух подсистем – природных и социальных катастроф. Наличие у такой системы в целом и каждой из подсистем в отдельности тождественных свойств – одинаковые наклоны графиков повторяемости катастроф, близкие периоды цикличности и группирование на малых временных интервалах – с одной стороны, характеризует обе подсистемы как независимые. С другой – невозможность моделирования всей системы в совокупности и каждой из ее подсистем в отдельности распределением

Парето позволяет предположить наличие у системы таких свойств, которые не могут быть выражены через свойства каждой из подсистем. Такое свойство в теории системного анализа называется эмерджентностью [12].

Для разрешения противоречия для системы в целом анализировалась статистика таких групп катастроф, в каждой из которых содержатся происшедшие в течение одного года катастрофы из обеих подсистем – и природные, и социальные.

Проведенный анализ показал, что эффект группирования совокупности всех катастроф (геологических и социальных) никак не может быть объяснен эффектами группирования только геологических и только социальных катастроф: подсистема ничего не может «знать» о свойствах другой независимой от нее подсистемы. Свойство эмерджентности в данном случае отражает специфический эффект взаимодействия природных и социальных катастроф между собой. Свойство независимости подсистем, их аддитивность относительно распределения Вейбулла–Гнеденко в данном случае следует понимать в смысле их статистической независимости.

## ВЫВОДЫ

В рамках представлений об эмерджентности выявленный авторами эффект «притяжения» между геологическими (природными) и социальными катастрофами позволяет ввести концепцию единого протекающего на Земле геосоциального процесса, для изучения и моделирования которого может быть использована составленная авторами база данных, включающая список взвешенных по величине катастроф, применяемые при анализе методики и выявленные с их помощью закономерности распределения катастроф: логарифмический закон их распределения, цикличность, группированность на малых временах и взаимодействие.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Блох Ю.И.* Природные катастрофы и революции в религиях // Природа. 2011. № 6. С. 60-73.
2. Вероятность и математическая статистика / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. 910 с.
3. *Викулин А.В., Викулина М.А., Долгая А.А.* Геосоциальный процесс // Система «Планета Земля»: 200 лет Священному союзу. М.: ЛЕНАНД, 2015. С. 507-521.
4. *Викулин А.В., Викулина М.А., Семенец Н.В.* Концепция катастрофизма в геологии и социуме // Система «Планета Земля». М.: ЛЕНАНД, 2014. С. 242–276.
5. *Викулин А.В., Вольфсон И.Ф., Грачев Л.А., Долгая А.А.* Геология, медицина и социум // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2015. №1. Вып. 25. С. 231-245.
6. *Викулин А.В., Семенец Н.В., Викулина М.А.* Геодинамика – социум и биосфера глазами катастроф // BIOSCOSMOLOGY – NEO-ARISTOTELISM, 2012. V.2. N 3. P.165-181.
7. *Гольдин С.В.* Физика «живой» Земли // Проблемы геофизики XXI века: В 2 кн. Кн. 1. / Ред. А.В. Николаев. М.: Наука, 2003. С. 17–36.
8. *Леви К.Г., Задонина Н.В., Язев С.А.* Радиуглеродная хронология природных и социальных феноменов северного полушария. В 3-х т. Т. 1. Иркутск: ИрГУ, 2010. 715 с.
9. *Леви К.Г., Язев С.А., Задонина Н.В., и др.* Современная геодинамика и гелиогеодинамика. Учебное пособие. Иркутск: ИрГУ, 2002. 182 с.
10. *Писаренко В.Ф., Родкин М.В.* Распределения с тяжелыми хвостами: Приложения к анализу катастроф. М.: ГЕОС, 2007. 242 с. (Вычислительная сейсмология. Вып. 38).
11. *Родкин М.В., Шебалин Н.В.* Проблемы измерения катастроф // Изв. РАН. Сер. геогр. 1993. № 5. С. 106–116.
12. *Тарасенко Ф.П.* Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем): Учебник. Томск: Изд-во ТГУ, 2004. 186 с.
13. *Трифонов В.Г., Караханян А.С.* Динамика Земли и развитие общества. М.: ОГИ, 2008. 436 с.

GEOLOGICAL AND SOCIAL DISASTERS. INTERRELATION  
AND REGULARITIES*Fereferov K.A., Dolgaya A.A.*

The paper describes the database of geological (natural) disasters and social phenomena created by authors, which contains information about the 2395 events. All events are classified according to *J*. Software application created by the authors to work with this database is discussed. The analysis of the list of events revealed properties of cyclicity, clusterability and interactions between disasters. The recurrence graph of catastrophes was plotted. The concept of a unified geosocial process was introduced.

*Keywords: database, natural disasters, social phenomena, geosocial process.*