

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 504.4

doi: 10.26907/2542-064X.2024.3.513-524

ВЛИЯНИЕ ВОЛНОВЫХ ЦИКЛОВ НА СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАЗВИТИИ ТИПОВ И ПОДТИПОВ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА ГЛОБАЛЬНОМ УРОВНЕ

Р.В. Кнауб

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, 634050, Россия*

Аннотация

В статье рассматривается влияние волновых циклов на структурные изменения в развитии природных катастроф за период с 1900 по 2023 г. в глобальном контексте. Дополнительно подтверждено, что в период с 1900 по 2023 г. количество природных катастроф достигало своего максимума в широтном поясе 30° с. ш. – 30° ю. ш. нашей планеты. Установлено, что во время волновых циклов, сопровождающихся ростом и снижением количества природных катастроф, происходят изменения в структуре проявляющихся типов и подтипов природных катастроф. Так, в период общего роста количества природных катастроф, вызванных изменениями, связанными с солнечной активностью, происходит увеличение количества климатических, гидрологических и биологических катастроф, и наоборот, сокращается число геофизических и метеорологических катастроф. В период общего сокращения количества природных катастроф с 2001 по 2023 г. происходит сокращение климатических, геофизических и биологических катастроф, растет количество гидрологических катастроф, и только число метеорологических катастроф остаётся неизменным.

Ключевые слова: волновые циклы, структурные изменения, природные катастрофы, страны мира, глобальный масштаб.

Введение

Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникшие в виде спонтанного ответа системы на плавные изменения внешних условий [1]. Если катастрофа сопровождается жертвами и экономическим ущербом, она приобретает статус чрезвычайной ситуации (ЧС). Большое количество природных катастроф, сопровождающееся ростом числа пострадавших и погибших, а также материальным ущербом, вызывает беспокойство мирового сообщества и побуждает его задуматься о мерах обеспечения безопасности населения.

Вопросами безопасности в сфере природных катастроф занимались следующие отечественные специалисты: С.М. Мягков [2], С.К. Шойгу и др. [3], И.И. Мазур и О.П. Иванов [4], Е.А. Макарова [5], С.Е. Байда [6], В.А. Акимов и др. [7], И.Ю. Олтян [8], А.В. Игнатьева и Р.В. Кнауб [9] и многие др. Интерес к данной теме есть и у иностранных специалистов: Е. Bryant [10], В. Nelson [11], Н. Wu et al. [12], М. Karn, М. Sharma [13], Y. Liu et al. [14], Т. Conradi et al. [15].

Рисунок 1 наглядно демонстрирует увеличение количества потерь из-за природных катастроф на нашей планете в период с 1900 по 2023 г.

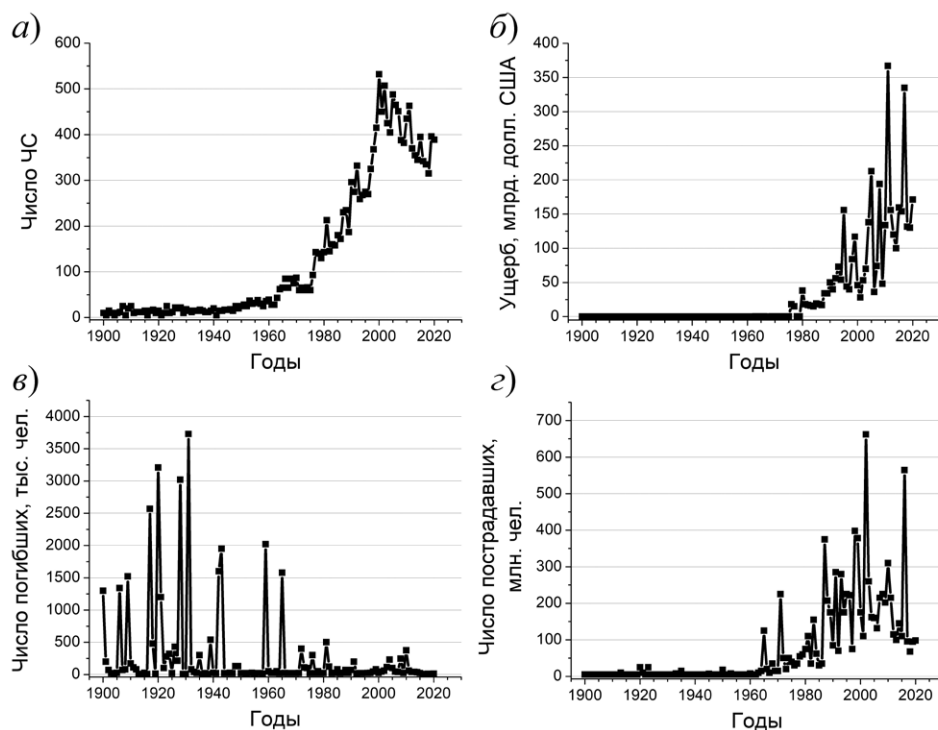


Рис. 1. Количественные характеристики проявления ЧС природного характера в мире за период с 1900 по 2020 г.: а) число ЧС; б) ущерб, млрд долларов США; в) число погибших, тыс. человек; г) число пострадавших, млн человек. Составлено автором по [20, 21]

По мнению многих авторов [16, 17, 18, 19], именно активность солнца является основным источником циклической динамики природных катастроф в глобальном масштабе. А.А. Григорьев и К.Я. Кондратьев в работе 1999 г. привели статистические данные о природных катастрофах по годам и континентам, свидетельствующие о том, что наиболее часто стихийные бедствия происходят в южных странах [20]. Н.В. Петров в своих работах [21, 22] утверждает, что максимум природных катастроф происходит в широтном поясе 30° с. ш. – 30° ю. ш. нашей планеты. Таким образом, между ростом солнечной активности и ростом природных катастроф наблюдается положительная корреляция, что обусловлено нижеперечисленными факторами.

В околоземном пространстве динамика природных катастроф связана со стационарными типами лучей – галактическими космическими лучами, частицами альбеда и радиационным поясом Земли. Солнечные космические лучи относятся к нестационарным. В течение XX в. отмечалось сокращение потока космических галактических лучей в околоземном пространстве [23, 24]. Одновременно сокращалась грозовая активность на Земле [25].

При этом на протяжении всего XX в. повышалась солнечная активность, что явилось, по нашему мнению, основной причиной системного роста природных катастроф на Земле в этот период. Начиная с XXI в. рост солнечной активности замедлился, благодаря чему количество природных катастроф на Земле сократилось.

Цикличность, повторяемость природных явлений отмечается людьми с давних пор. Природные циклы, не зависящие от человека, не связанные с его деятельностью, пронизывают все природные процессы [26]. Одни из этих циклов легко обозримы (суточные, месячные циклы, смена времен года). Другие носят среднесрочный характер, например изменение солнечной активности. Выделяют и более длинные циклы солнечной активности – 22 года и 80–90 лет.

Циклические и волновые процессы и их закономерности можно обнаружить как в окружающей среде, так и практически во всех сферах жизнедеятельности человека. Так, С.Е. Байда [27] выделяет следующие циклы: 1) социально-экономические и событийные циклы развития катастроф; 2) циклы, связанные с природными катастрофами: гелиогеофизические и космические циклы (цикл фаз Луны, колебания (сдвиг) земной оси, солнечная активность, астрономический цикл взаимоположения планет-гигантов).

В связи с вышеизложенным возникает вопрос о том, приводит ли увеличение или уменьшение числа природных катастроф во время циклических волн их роста или снижения к изменению в структуре проявляющихся типов и подтипов природных катастроф.

Таким образом, целью работы является дополнение, доказательство или опровержение следующих утверждений:

1) максимум природных катастроф происходит в диапазоне широт 30° с. ш. – 30° ю. ш. нашей планеты – дополнение данных авторов [20];

2) волновые циклы природных катастроф приводят к изменению в структуре проявляющихся типов и подтипов природных катастроф.

1. Структурные изменения в развитии природных катастроф на глобальном уровне

На основе статистических данных о катастрофах, представленных в базе данных CRED [28, 29], широко используемой многими авторами, в работе обобщены материалы, посвященные последствиям катастроф различного генезиса по всей Земле за период с 1900 по 2023 г., а также представлена база данных природных катастроф за этот период.

Обработка статистических данных по природным катастрофам проведена в разрезе стран мира. На рис. 2 представлены страны, территории которых полностью или частично расположены в тропиках и, соответственно, в районе экватора. На основе такого распределения, проведено сопоставление данных по странам, расположенным в широтном поясе 30° с. ш. – 30° ю. ш. нашей планеты, с данными по остальным странам планеты.

При обсуждении имеющихся данных сразу же необходимо разделить рост числа природных катастроф и рост последствий от этих катастроф. Рост последствий от природных катастроф зависит не только и не столько от числа катастроф, сколько от численности населения на территории и инфраструктуры территории, которая подверглась воздействию катастроф. Сами по себе природные явления, называемые природными катастрофами, для планеты не опасны, так как обусловлены в основном природными факторами. А вот структурные диспропорции в балансе природных катастроф могут вызвать увеличение количества пострадавших и ущерб от них.

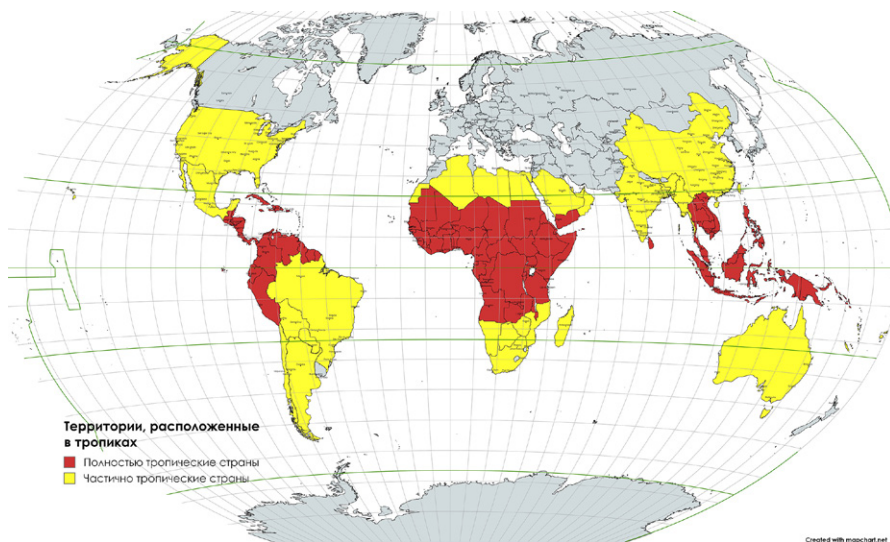


Рис. 2. Территории, расположенные в широтном поясе 30° с. ш. – 30° ю. ш. нашей планеты (построено автором с помощью программы MapChart [30])

Рассмотрены структурные изменения в динамике природных катастроф в течение трех периодов: с 1900 по 1963 г., когда динамика была незначительная; с 1964 по 2000 г., когда отмечался значительный системный рост природных катастроф; с 2001 по 2023 г., когда происходил спад динамики природных катастроф. Первый период продолжался 63 года, второй период максимального роста числа катастроф составил 36 лет, третий период снижения составляет на данный момент 22 года (рис. 3).

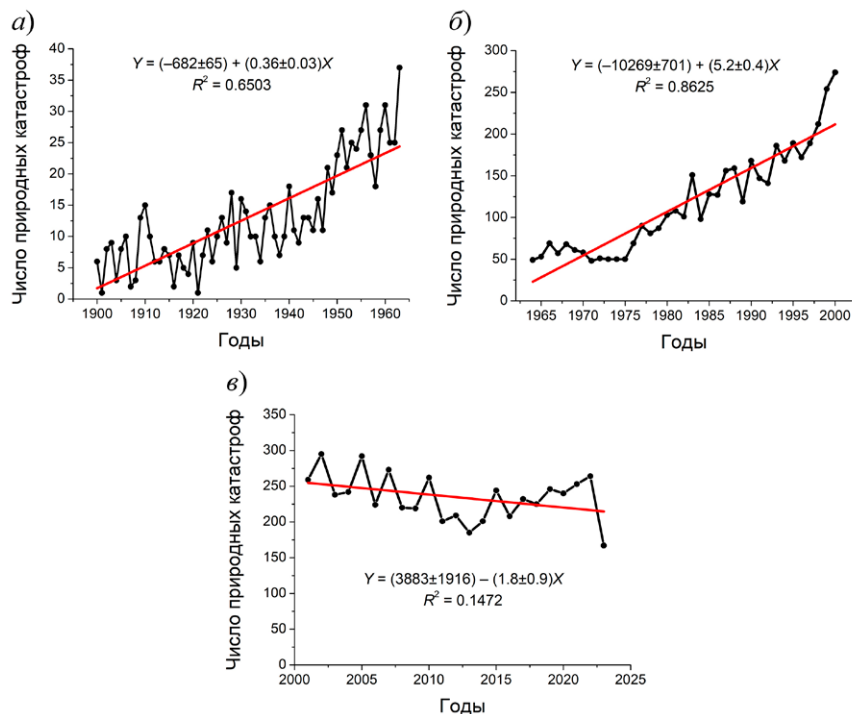


Рис. 3. Распределение природных катастроф в мире за период с 1900 по 1963 г. (а), за период с 1964 по 2000 г. (б) и за период с 2001 по 2023 г. (в)

Надежность аппроксимации и достоверность линии тренда определяются величиной коэффициента детерминации в диапазоне 0.89–1.0. Установлено, что, несмотря на положительный тренд роста числа природных катастроф в первом периоде, качество линии тренда составляет 0.6503, что менее 0.89, поэтому можно говорить об отсутствии его статистической достоверности. Для второго периода качество линии положительного тренда равно 0.8603, что подтверждает его достоверность. В третьем периоде наблюдается отрицательный тренд изменения числа природных катастроф, но качество линии тренда составляет 0.1472. Тем не менее, данные, представленные на рис.3, в, доказывают утверждение о том, что число природных катастроф с 2001 г. имеет тренд на снижение.

1.1. Дополнение количественных данных о проявления природных катастроф в широтном поясе 30° с. ш. – 30° ю. ш. планеты Земля

В табл. 1 представлено сравнение количественных параметров проявления ЧС природного характера в тропических и частично тропических странах по сравнению со странами остального мира за период с 1900 по 2023 г.

Табл. 1

Сравнение количественных параметров проявления ЧС природного характера в тропических и частично тропических странах по сравнению со странами остального мира за период с 1900 по 2023 г.

Регион	Количество ЧС, %	Число пострадавших, %	Число погибших, %	Ущерб, %
Страны мира в целом	100	100	100	100
Полностью тропические страны	39.1	37.1	15.9	8.3
Полностью тропические страны и частично тропические страны	65.6	70.1	94.4	68.6
Остальные страны мира	34.4	29.9	5.6	31.4

Анализ табл. 1 позволил сделать представленные ниже выводы.

1. За период с 1900 по 2023 г. количество ЧС природного характера в полностью тропических странах составило около 40 %, число пострадавших – около 40 %, число погибших – 15.9 %, а ущерб – всего 8.3 %. Столь низкую долю в экономическом ущербе тропических стран можно объяснить низким уровнем их социально-экономического развития, при этом значительное число пострадавших и погибших объясняется большой численностью населения в этих странах.

2. Полностью тропические страны вместе с частично тропическими странами в общем балансе природных катастроф составили 65.6 %, при этом число пострадавших составило 70.1 %, погибших – 94.4 %. Экономический ущерб составил 68.6 %. Необходимо отметить, что в число частично тропических стран входят такие экономически развитые страны с большим количеством населения, как Китай, США и Индия. Это в определенной степени объясняет высокий процент погибших и пострадавших в этих странах, а также существенный экономический ущерб, нанесенный природными катастрофами.

3. Для нас наиболее важной является доля числа природных катастроф в полностью и частично тропических странах в общем балансе природных ката-

строф всех стран мира, поскольку причины роста числа катастроф в этих странах связаны с волновыми циклами природных процессов на планете.

Таким образом, первое утверждение было дополнено новыми данными.

1.2. Структурные изменения типов и подтипов природных катастроф в результате роста или снижения их количества

Далее перейдем к доказательству второго утверждения о том, что системный рост количества природных катастроф приводит к изменению в структуре проявляющихся их типов и подтипов.

Для доказательства этого утверждения весь цикл развития природных катастроф с 1900 по 2023 г. разделен на три периода: с 1900 по 1963 г., с 1964 по 2000 г. и с 2001 по 2023 г. Средняя частота возникновения ЧС природного характера составила в первый период 13.3 случая в год, во второй период – 120.6, в третий период – 234.7 случая в год.

В табл. 2 представлены количественные характеристики проявления природных ЧС по типам за весь цикл развития с 1900 по 2023 г., разделенный на три периода.

Табл. 2

Количественные характеристики проявления природных ЧС по типам с 1900 по 2023 г.

Тип природной ЧС	Число ЧС			Доля ЧС, %		
	1900– 1963 гг.	1964– 2000 гг.	2001– 2023 гг.	1900– 1963 гг.	1964– 2000 гг.	2001– 2023 гг.
Климатические	46	555	572	5.5	12.8	10.6
Гидрологические	169	1771	2602	20.2	40.8	48.2
Геофизические	315	574	479	37.7	13.2	8.8
Метеорологические	303	1379	1718	36.2	31.7	31.8
Биологические	3	62	28	0.4	1.5	0.6

Из данных табл. 2 следует, что в период роста количества природных ЧС с 1964 по 2000 г. и в период снижения количества ЧС с 2001 по 2023 г. произошли структурные изменения в проявлении типов ЧС природного характера.

Так, количество климатических ЧС в относительных величинах в период роста увеличилось на 7.3 %, а в период снижения сократилось на 2.2 %. Доля гидрологических ЧС в период роста увеличилась на 20.6 %, а в период снижения выросла еще на 7.4 %. Точно такая же тенденция отмечалась для биологических ЧС. Так, в период роста общего числа природных ЧС количество биологических ЧС увеличилось с 0.4 до 1.5 %, но при этом в период сокращения количества ЧС снизилось только до 0.6 %.

Обратные тенденции проявлялись в случае геофизических и метеорологических ЧС. Так, в период роста числа природных ЧС количество геофизических ЧС сократилось на 24.5 %, а в период сокращения продолжило снижаться, и это снижение составило 4.4 %. Метеорологические ЧС в период роста количества природных ЧС сократились на 4.5 %, а в период снижения остались на уровне предыдущего периода.

По полученным данным можно сделать вывод, что в периоды системного роста количества природных катастроф и общего сокращения природных ЧС происходят структурные изменения в проявлении их типов.

За период с 1964 по 2000 г., то есть в период общего роста природных катастроф, произошли следующие структурные изменения: увеличилось количество климатических, гидрологических и биологических ЧС и сократилось число геофизических и метеорологических ЧС природного характера.

За период с 2001 по 2023 г., то есть за период общего сокращения природных ЧС, произошли следующие структурные изменения всех природных ЧС: продолжило увеличиваться количество гидрологических ЧС, количество метеорологических ЧС осталось на прежнем уровне, а число климатических, геофизических и биологических ЧС сократилось.

Если говорить об абсолютных величинах, то за период с 2001 по 2023 г. количество климатических, гидрологических и метеорологических катастроф продолжало увеличиваться, а количество геофизических и биологических катастроф сокращалось. Несмотря на то, что природные катастрофы отдельных типов в период с 2001 по 2023 г. возникали чаще, общее количество природных катастроф по сравнению с предыдущим периодом сократилось, так как общая сумма природных катастроф за этот период меньше, чем за период с 1964 по 2000 г.

Далее рассмотрены количественные характеристики проявления природных ЧС по подтипам за весь цикл развития с 1900 по 2023 г. (табл. 3, рис. 4).

Табл. 3

Количественные характеристики проявления природных ЧС по подтипам с 1900 по 2023 г.

Подтип природной ЧС	Число ЧС		
	1900–1963 гг.	1964–2000 гг.	2001–2023 гг.
Лесной пожар	36	392	359
Наводнения	127	1465	2290
Засухи	33	100	100
Землетрясения	275	449	367
Бури	288	1217	1296
Экстремальные температуры	7	25	12
Оползни	42	306	312
Заражения насекомыми	10	163	211
Вулканическая деятельность	3	62	27
Прорыв ледникового озера	14	162	422

Как видно из представленных данных, во всем цикле развития природных катастроф с 1900 по 2023 г. можно выделить три варианта структурных изменений:

а) ход катастроф совпадает с трендом общего течения ЧС за период с 1900 по 2024 г., то есть относительно плавное течение в первый период до 1963 г., затем значительный рост количества ЧС с 1964 по 2000 г. (год максимума), а далее постепенное сокращение количества ЧС;

б) рост количества некоторых природных ЧС во втором и третьем периоде, то есть с 1964 по 2000 г., а далее с 2001 по 2023 г.;

в) снижение количества отдельных видов природных ЧС во втором и третьем периоде, то есть с 1964 по 2000 г., а далее – с 2001 по 2023 г.

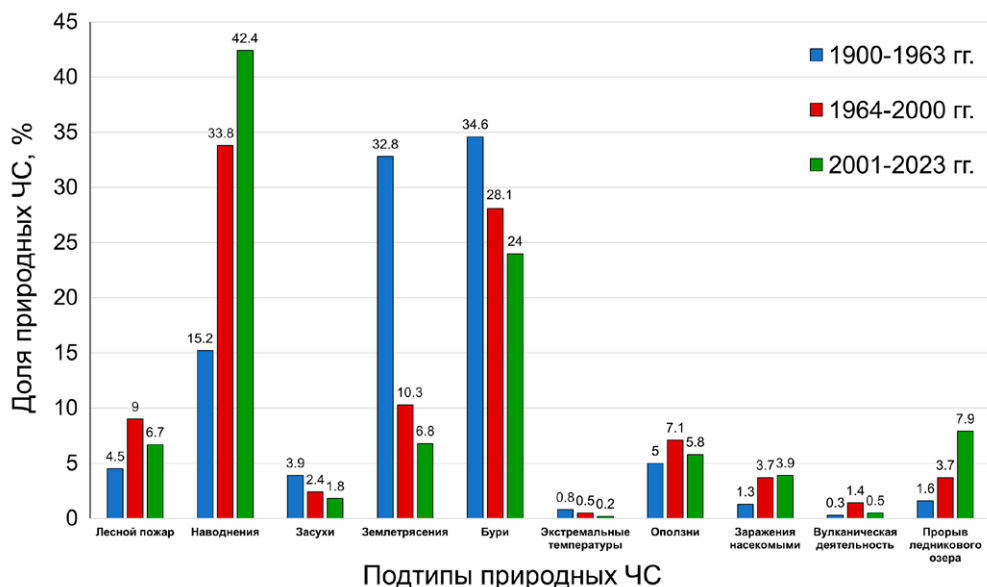


Рис. 4. Количественные характеристики проявления природных ЧС по подтипам за временной промежуток с 1900 по 2023 г., разделенный на три периода

В первый период происходили лесные пожары, оползни и вулканическая активность. Во втором периоде наблюдается рост числа лесных пожаров, наводнений, оползней, заражений насекомыми и прорывов ледниковых озера. В период с 2000 г. снижается доля таких природных ЧС, как засухи, землетрясения, бури и экстремальные температуры.

Таким образом, анализ представленных данных позволил доказать утверждение, что системный рост и снижение количества природных катастроф приводит к изменению в структуре их проявляющихся типов и подтипов.

Заключение

В ходе проведенного исследования установлено, что в течение второй половины XX в. происходил рост количества природных катастроф, а с 2001 г. XXI в. началось постепенное снижение их числа. При этом наблюдаются изменения в структуре проявляющихся типов и подтипов природных катастроф. Эти изменения обусловлены, в первую очередь, солнечной активностью.

Дальнейшие перспективы использования полученных данных связаны с подготовкой общества к реагированию на проявление определенных типов и подтипов катастроф в зависимости от их локализации.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Арнольд В.А. Теория катастроф. М.: Едиториал УРСС, 2004. 128 с.
2. Мягков С.М. География природного риска. М.: Изд-во МГУ, 1995. 223 с.
3. Шойгу С.К., Воробьев Ю.Л., Владимиров В.А. Катастрофы и государство. М.: Энергоатомиздат, 1997. 512 с.

4. Мазур И.И., Иванов О.П. Опасные природные процессы. Вводный курс. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. 702 с.
5. Макарова Е.А. Стихийные бедствия как вызов мировой экономической системе // Управление риском. 2012. № 3 (63). С. 53–62.
6. Байда С.Е. Природные, техногенные и биолого-социальные катастрофы: мониторинг и закономерности возникновения. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. 195 с.
7. Акимов В.А., Соколов Ю.И., Сосунов И.В. Глобальные и национальные приоритеты снижения риска бедствий и катастроф. М.: ФГБУ ВНИИ ГО ЧС (ФЦ), 2016. 396 с.
8. Олтян И.Ю., Ляховец Т.Л. Разработка терминологии и индикаторов прогресса в области реализации Сендайской рамочной программы по уменьшению риска бедствий на 2015–2030 годы // Технологии гражданской безопасности. 2016. Т. 13, № 1 (47). С. 22–26.
9. Игнатьева А.В., Кнауб Р.В. Природные условия развития чрезвычайных ситуаций на территории Сибирского федерального округа // Геосферные исследования. 2020. № 1. С. 66–77. <https://doi.org/10.17223/25421379/14/5>.
10. Bryant E. Natural Hazards. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 312 p.
11. Nelson B. Natural disasters: A calculated risk // Nature. 2013. V. 495, No 7440. P. 271–273. <https://doi.org/10.1038/nj7440-271a>.
12. Wu H., Huang M., Tang Q., Kirschbaum D.B., Ward P. Hydrometeorological hazards: Monitoring, forecasting, risk assessment, and socioeconomic responses // Adv. Meteorol. 2016. V. 2016. Art. 2367939. <https://doi.org/10.1155/2016/2367939>.
13. Karn M., Sharma M. Climate change, natural calamities and the triple burden of disease // Nat. Clim. Change. 2021. V. 11, No 10. P. 796–797. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01164-w>.
14. Liu Y., Zhang, T., Ding Y., Kang A., Lei X., Li J. Exploring the driving factors of compound flood severity in coastal cities: A comprehensive analytical approach // Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. [Preprint] 2024. <https://doi.org/10.5194/hess-2024-100>.
15. Conradi T., Eggli U., Kreft H., Schweiger A.H., Weigelt P., Higgins S.I. Reassessment of the risks of climate change for terrestrial ecosystems // Nat. Ecol. Evol. 2024. V. 8, No 5. P. 888–900. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02333-8>.
16. Чижевский А.Л. Солнце и мы. М.: Знание, 1963. 48 с.
17. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Эксмо, 2004. 928 с.
18. Солнечно-земные связи, погода и климат / Под ред. Б. Мак-Кормака, Т. Селиги. М.: Мир, 1982. 384 с.
19. Мельников В.П., Константиновская Л.В. Космопланетарная безопасность человечества (Космогонический аспект). М.: ООО «Буки Веди», 2014. 430 с.
20. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т. II. Экологические катастрофы. СПб., 2001. 688 с.
21. Петров Н.В. Основы электромагнитной природы Солнечной системы. Часть третья. Кометы и их роль в Солнечной системе // Ноосфера. Общество. Человек. 2017. № 4.
22. Петров Н.В. Трудные подвиги Солнца. СПб.: ИПК «Береста», 2018. 308 с.
23. Stozhkov Y.I. The role of cosmic ray in the atmospheric processes // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2003. V. 29, No 5. P. 913–923. <http://dx.doi.org/10.1088/0954-3899/29/5/312>.
24. Christian H.J., Blakeslee R.J., Boccippio D.J., Boeck W.L., Buechler D.E., Driscoll K.T., Goodman S.J., Hall J.M., Koshak W.J., Mach D.M., Stewart M.F. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector // J. Geophys. Res. 2003. V. 108, No D1. P. ACL 4-1–ACL 4-15. <https://doi.org/10.1029/2002JD002347>.

25. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика грозových облаков. Препринт 2. М.: ФИАН РФ, 2004. 39 с.
26. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. М.: Наука, 1999. 448 с.
27. Байда С.Е. Волновые циклы природных, техногенных и социальных катастроф // Технологии гражданской безопасности. 2019. Т. 16. № 4 (62). С. 30–36.
28. EM-DAT: The Emergency Events Database – Université catholique de Louvain (UCL) – CRED. URL: www.emdat.be.
29. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. URL: <http://www.cred.be>.
30. Сервис по созданию карт мира и отдельных регионов. URL: <https://www.mapchart.net/>.

Поступила в редакцию 24.03.2024

Принята к публикации 25.06.2024

Кнау́б Роман Викторович, кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой природопользования геолого-географического факультета

Национальный исследовательский Томский государственный университет
пр. Ленина, д. 36, г. Томск, 634050, Россия
E-mail: knaybrv@mail.ru

ISSN 2542-064X (Print)

ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2024, vol. 166, no. 3, pp. 513–524

REVIEW ARTICLE

doi: 10.26907/2542-064X.2024.3.513-524

**The Influence of Wave Cycles on Structural Changes
in the Global Development of Natural Disaster Types and Subtypes**

R. V. Knaub

National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050 Russia

E-mail: knaybrv@mail.ru

Received March 24, 2024; Accepted June 25, 2024

Abstract

This article examines the influence of wave cycles on major structural changes in the development of natural disasters worldwide from 1900 to 2023. During this period, natural disasters were most common in the latitudinal band between 30° N and 30° S. The results of the analysis show that structural changes in natural disaster types and subtypes coincide with wave cycles, which are characterized by fluctuations in the frequency of natural hazards. Hence, an overall increase in the number of natural disasters linked to solar activity is associated with a rise in the frequency of climatic, hydrological, and biological hazards, while the frequency of geophysical and meteorological hazards gets lower. Conversely, a decrease in the number of natural disasters, such as that from 2001 to 2023, is accompanied by a reduction in climatic, geophysical, and biological hazards, as well as an increase in the frequency of hydrological hazards, but no changes in the frequency of meteorological hazards.

Keywords: wave cycles, structural changes, natural disasters, countries of the world, global scale

Conflicts of Interest. The author declares no conflicts of interest.

Figure Captions

- Fig. 1. Quantitative characteristics of natural disasters that occurred worldwide from 1900 to 2020: a) number of natural disasters; b) damage cost, billion US dollars; c) deaths, thousands; d) injuries, millions. Compiled based on [20, 21].
- Fig. 2. Territories lying between 30° N and 30° S latitudes (the map was created using MapChart [30]).
- Fig. 3. Global distribution of natural disasters from 1900 to 1963 (a), from 1964 to 2000 (b), and from 2001 to 2023 (c).
- Fig. 4. Quantitative characteristics of natural disasters by subtypes from 1900 to 2023, divided into three periods.

References

1. Arnold V.A. *Teoriya katastrof* [Catastrophe Theory]. Moscow, Ed. URSS, 2004. 128 p. (In Russian)
2. Myagkov S.M. *Geografiya prirodnogo riska* [Geography of Natural Risk]. Moscow, Izd. MGU, 1995. 223 p. (In Russian)
3. Shoigu S.K., Vorob'ev Yu.L., Vladimirov V.A. *Katastrofy i gosudarstvo* [Disasters and the State]. Moscow, Energoatomizdat, 1997. 512 p. (In Russian)
4. Mazur I.I., Ivanov O.P. *Opasnye prirodnye protsessy. Vvodnyi kurs* [Dangerous Natural Processes. An Introductory Course]. Moscow, ZAO "Izd. "Ekonomika", 2004. 702 p. (In Russian)
5. Makarova E.A. Natural disasters as a challenge to the global economic system. *Upr. Riskom*, 2012, no. 3 (63), pp. 53–62. (In Russian)
6. Baida S.E. *Prirodnye, tekhnogennye i biologo-sotsial'nye katastrofy: monitoring i zakonomernosti vozniknoveniya* [Natural, Technological, and Biosocial Disasters: Monitoring and Patterns of Occurrence]. Moscow, FGBU VNII GOChS (FTs), 2013. 195 p. (In Russian)
7. Akimov V.A., Sokolov Yu.I., Sosunov I.V. *Global'nye i natsional'nye priority snizheniya riska bedstviy i katastrof* [Global and National Priorities for Disaster Risk Reduction]. Moscow, FGBU VNII GOChS (FTs), 2016. 396 p. (In Russian)
8. Oltyan I.Yu., Lyakhovets T.L. Development of terminology and indicators to implement the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. *Tekhnol. Grazhdanskoi Bezop.*, 2016, vol. 13, no. 1 (47), pp. 22–26. (In Russian)
9. Ignateva A.V., Knaub R.V. Natural conditions of development of emergency situations in the territory of the Siberian Federal District. *Geosphere Res.*, 2020, no. 1, pp. 66–77. <https://doi.org/10.17223/25421379/14/5>. (In Russian)
10. Bryant E. *Natural Hazards*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2006. 312 p.
11. Nelson B. Natural disasters: A calculated risk. *Nature*, 2013, vol. 495, no. 7440, pp. 271–273. <https://doi.org/10.1038/nj7440-271a>.
12. Wu H., Huang M., Tang Q., Kirschbaum D.B., Ward P. Hydrometeorological hazards: Monitoring, forecasting, risk assessment, and socioeconomic responses. *Adv. Meteorol.*, 2016, vol. 2016, art. 2367939. <https://doi.org/10.1155/2016/2367939>.
13. Karn M., Sharma M. Climate change, natural calamities and the triple burden of disease. *Nat. Clim. Change*, 2021, vol. 11, no. 10, pp. 796–797. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01164-w>.
14. Liu Y., Zhang, T., Ding Y., Kang A., Lei X., Li J. Exploring the driving factors of compound flood severity in coastal cities: A comprehensive analytical approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2024. Preprint. <https://doi.org/10.5194/hess-2024-100>.
15. Conradi T., Egli U., Kreft H., Schweiger A.H., Weigelt P., Higgins S.I. Reassessment of the risks of climate change for terrestrial ecosystems. *Nat. Ecol. Evol.*, 2024, vol. 8, no. 5, pp. 888–900. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02333-8>.
16. Chizhevsky A.L. *Solntse i my* [The Sun and Us]. Moscow, Znanie, 1963. 48 p. (In Russian)
17. Chizhevsky A.L. *Zemlya v ob'yatiyakh Solntsa* [The Earth in the Embrace of the Sun]. Moscow, Eksmo, 2004. 928 p. (In Russian)
18. McCormac B.M., Seliga T.A. (Eds.) *Solnechno-zemnye svyazi, pogoda i klimat* [Solar-Terrestrial Influences on Weather and Climate]. Moscow, Mir, 1982. 384 p. (In Russian)

19. Mel'nikov V.P., Konstantinovskaya L.V. *Kosmoplanetarnaya bezopasnost' chelovechestva (Kosmogonicheskii aspekt)* [Cosmoplanetary Security of Humanity (A Cosmogonic Perspective)]. Moscow, OOO "Buki Vedi", 2014. 430 p. (In Russian)
20. Grigoryev A.A., Kondratyev K.Ya. *Ekodinamika i geopolitika* [Ecodynamics and Geopolitics]. Vol. II: Environmental Disasters. St. Petersburg, 2001. 688 p. (In Russian)
21. Petrov N.V. The basics of the electromagnetic nature of the Solar System. The third part. Comets and their role in the Solar System. *Noos. O-vo. Chel.*, 2017, no. 4. (In Russian)
22. Petrov N.V. *Trudnye podvigi Solntsa* [the Brave Feats of the Sun]. St. Petersburg, IPK "Beresta", 2018. 308 p. (In Russian)
23. Stozhkov Y.I. The role of cosmic ray in the atmospheric processes. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, 2003, vol. 29, no. 5, pp. 913–923. <http://dx.doi.org/10.1088/0954-3899/29/5/312>.
24. Christian H.J., Blakeslee R.J., Boccippio D.J., Boeck W.L., Buechler D.E., Driscoll K.T., Goodman S.J., Hall J.M., Koshak W.J., Mach D.M., Stewart M.F. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector. *J. Geophys. Res.*, 2003, vol. 108, no. D1, pp. ACL 4-1–ACL 4-15. <https://doi.org/10.1029/2002JD002347>.
25. Ermakov V.I., Stozhkov Yu.I. *Fizika grozovykh oblakov* [Physics of Storm Clouds]. Preprint 2. Moscow, FIAN RF, 2004. 39 p. (In Russian)
26. Yakovets Yu.V. *Tsikly. Krizisy. Prognozy* [Cycles. Crises. Forecasts]. Moscow, Nauka, 1999. 448 p. (In Russian)
27. Baida S.E. Wave cycles of natural, technological, and social disasters. *Tekhnol. Grazhdanskoi Bezop.*, 2019, vol. 16, no. 4 (62), pp. 30–36. (In Russian)
28. EM-DAT: The Emergency Events Database – Université catholique de Louvain (UCL) – CRED. URL: <http://www.emdat.be>.
29. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. URL: <http://www.cred.be>.
30. Online tool for creating a custom world or subdivision map. URL: <https://www.mapchart.net/>.

⟨ **Для цитирования:** Кнауб Р.В. Влияние волновых циклов на структурные изменения в развитии типов и подтипов природных катастроф на глобальном уровне // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2024. Т. 166, кн. 3. С. 513–524. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2024.3.513-524>. ⟩

⟨ **For citation:** Knaub R.V. The influence of wave cycles on structural changes in the global development of natural disaster types and subtypes. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2024, vol. 166, no. 3, pp. 513–524. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2024.3.513-524>. (In Russian) ⟩