

УДК 551.583.2

Оценка геопространственных особенностей изменения климата на примере стран BRICS

Р. Г. Ахтямов

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Ахтямов Р. Г. Оценка геопространственных особенностей изменения климата на примере стран BRICS // Бюллетень результатов научных исследований. — 2023. — Вып. 2. — С. 18–27. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-2-18-27

Аннотация

Цель: Мета-анализ данных о динамике опасных природных явлений в развивающихся странах, которые испытывают последствия климатических изменений, происходящих в глобальном масштабе. **Методы:** Оценен вклад стран BRICS в глобальные выбросы парниковых газов на основе массива статистических данных за период с 1990 по 2019 год. Суммарная величина выбросов всех видов парниковых газов в странах BRICS с 1990 по 2019 год составляет 391,91 ГтCO₂, при этом вклад стран BRICS в 2019 году составил 52,2 % общемирового выброса парниковых газов. **Результаты:** Определена динамика таких природных стихийных явлений, как наводнения, волны жара и холода, засухи, оползни, ураганы в странах BRICS с 1990 по 2019 год. Приведено описание наиболее разрушительных чрезвычайных ситуаций природного характера в странах BRICS 2021 года. **Практическая значимость:** Обоснование необходимости ограничения глобального потепления, вызванного деятельностью человека, которое требует ограничения кумулятивных выбросов парниковых газов. Антропогенное удаление CO₂ потенциально может удалить CO₂ из атмосферы и надолго сохранить его в естественных резервуарах. Сложный характер климатической системы предопределяет широкий разброс в прогнозах, но даже минимальные прогнозируемые изменения могут приводить к крупномасштабным чрезвычайным ситуациям природного характера в странах BRICS. Странам BRICS целесообразно предпринимать усилия по смягчению изменения климата и сокращению выбросов парниковых газов до уровня, который позволит остановить негативное антропогенное влияние. Одновременно с этим разработка и внедрение подходов к адаптации к последствиям изменения климата позволит снизить климатические риски для социально-экономического и технологического развития стран BRICS.

Ключевые слова: Изменение климата, поглощение углерода, парниковые газы, устойчивое развитие, опасные природные процессы.

Введение

Изменение климата в общемировом масштабе стало последствием активного использования углеводородов в качестве основного вида энергетических ресурсов в индустриальную эпоху (с 1850 года). Анализ научно обоснованных подходов к оценке изменения климата [1–5] показывает существенный антропогенный вклад в изменение природной среды, что ведет к глобальному потеплению. В качестве последствий изменения климата выделено повышение вероятности природных стихийных явлений, таких как повышение интенсивности гроз, разнонаправленные

изменения в сельском хозяйстве (снижение продуктивности в приэкваториальной зоне, повышение продуктивности в средних широтах), снижение доступа к чистой воде для пищевых, хозяйственных и производственных нужд.

Смягчение воздействия глобального потепления и адаптация к данным изменениям являются значимыми составляющими в условиях изменения климата. Так, под смягчением воздействия изменения климата понимается сокращение источников и количества выбросов парниковых газов в атмосферу. Под адаптацией к глобальному изменению климата понимается комплекс мер по приспособлению как природных, так и антропогенных систем к ожидаемым и/или фактическим климатическим воздействиям и по отношению к их последствиям. Смягчение и адаптация позволят ограничить нежелательные эффекты при одновременном использовании благоприятных возможностей, возникающих в связи с повышением концентрации углекислого газа в атмосфере.

Вызванное деятельностью человека изменение климата уже влияет на многие погодные и климатические экстремальные явления во всех регионах земного шара [6].

Материалы и методы

Метаанализ вклада стран BRICS в глобальные выбросы парниковых газов проведен по материалам статистических данных [6–11] за различные временные интервалы.

Направлениями сокращения выбросов может служить, с одной стороны, понимание особенностей каждой из стран, с другой стороны, анализ вклада подходов к регулированию производства, а также итоговое сокращение выбросов парниковых газов. Кроме того, при выборе стратегии декарбонизации необходимо опираться как на экономически целесообразный, так и на технически достижимый потенциал по сокращению углеродоемкости. На рис. 1 приведены общие выбросы всех видов парниковых газов в странах BRICS с 1990 по 2019 год, ГтCO₂.

Анализ рис. 1 показывает, что суммарная величина выбросов всех видов парниковых газов в странах BRICS с 1990 по 2019 год составляет 391,91 ГтCO₂. За 2019 год выбросы парниковых газов в странах BRICS составили 19,36 ГтCO₂. Во всем мире за 2019 год в атмосферу поступило 37,08 ГтCO₂. Таким образом, вклад стран BRICS составляет 52,2 % общемирового выброса парниковых газов.

Результаты

Влияние человека способствовало характеру наблюдаемых изменений осадков с середины XX века. Следы штормов в средних широтах сместились к полюсу в обоих полушариях с 1980-х годов с заметной сезонностью тенденций. Верхние

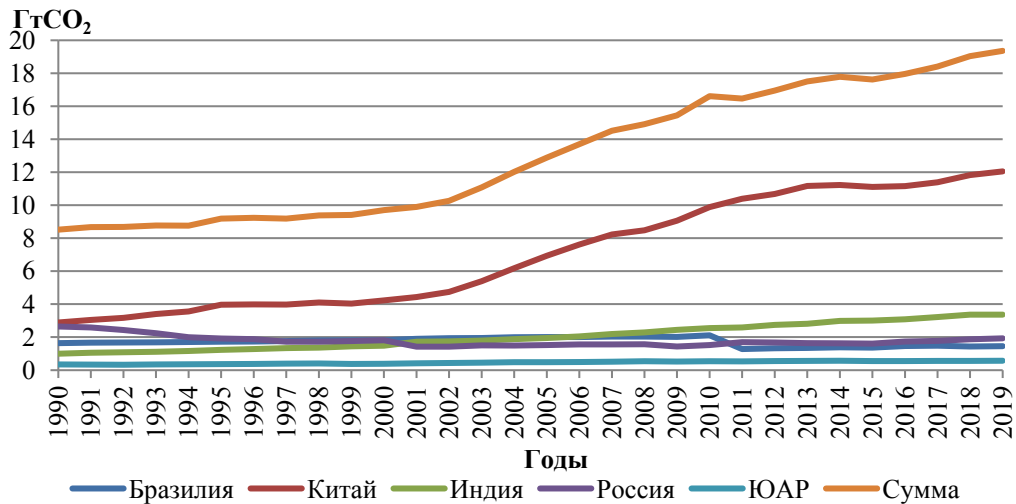


Рис. 1. Общие выбросы всех видов парниковых газов в странах BRICS с 1990 по 2019 год, ГтСО₂

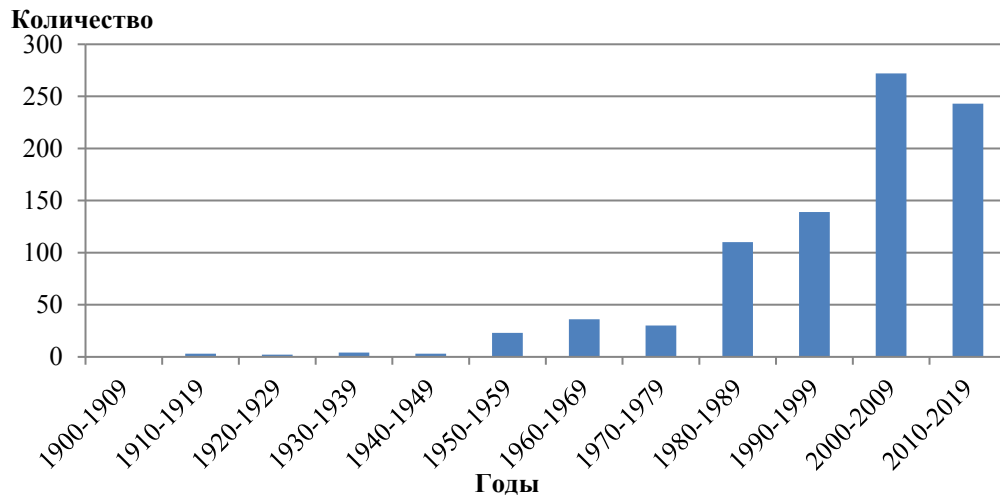


Рис. 2. Изменение количества наводнений в странах BRICS с 1990 по 2019 год

слои океана (0–700 м) потеплели с 1970-х годов. Выбросы парниковых газов являются основной причиной повышения кислотности и снижения концентрации растворенного кислорода в верхних слоях океана. Результаты анализа базы данных о чрезвычайных ситуациях (EM-DAT) показывают динамику опасных природных процессов [7].

Так, наводнение в провинции Хэнань (Китай, 2021) повлекло за собой ущерб 17,6 млрд долларов. В июле 2021 года проливные дожди в китайской провинции Хэнань вызвали сильные наводнения и гибель 302 человек. Более 1 миллиона человек были эвакуированы. По мере того как планета нагревается, большая часть осадков в Китае будет выпадать в виде ливней. Китай является вторым источником

Возникновение и последствия наводнений в странах BRICS в 2022 году

Страна	Период	Количество погибших
Индия	май — август	1354
ЮАР	апрель	501
Бразилия	февраль	272
Бразилия	май	116

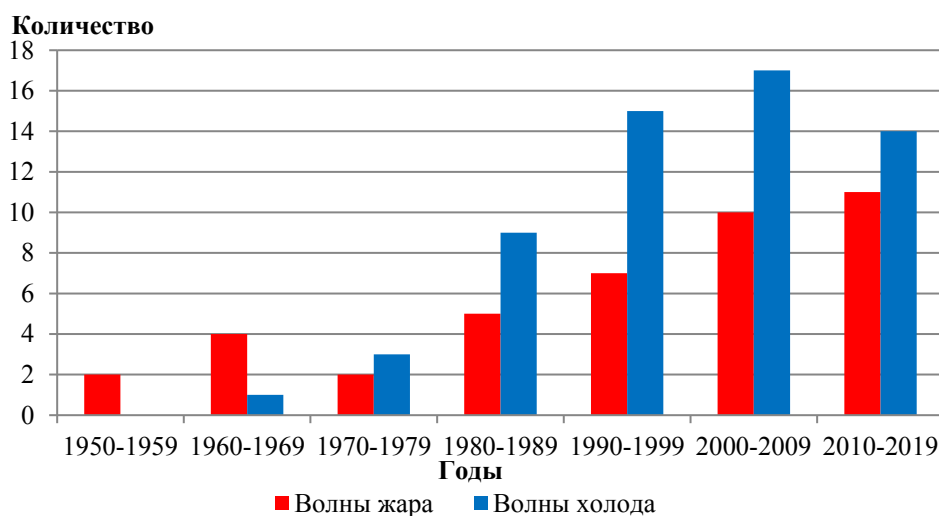


Рис. 3. Изменение количества волн жара и холода в странах BRICS с 1950 по 2019 год

парниковых газов в мире, однако исторический вклад Китая в изменение климата меньше, чем во многих индустриально развитых странах [8]. В таблице приведены данные о периодах и последствиях наводнений в странах BRICS в 2022 году [10].

Изменения в наземной биосфере сопровождаются смещением климатических зон к полюсам и удлинением периода вегетации. Повышаются вероятность и интенсивность экстремально высоких температур (волн жара) в большинстве регионов [6]. Некоторые недавние экстремально высокие температуры, наблюдавшиеся в последнее десятилетие, были бы крайне маловероятными без влияния человека на климатическую систему (рис. 3).

Глобальная приземная температура будет продолжать расти, и ожидается, что потепление до 2 °C будет достигнуто до 2100 года, если резкое сокращение выбросов парниковых газов не произойдет в ближайшие десятилетия. Прирост температуры поверхности суши будет идти быстрее, чем нагрев поверхности океана, при этом в Арктике будет отмечаться рост температуры до двух раз больше, чем в среднем по планете [6]. Каждое приращение температуры на 0,5 °C существенно повышает частоту и интенсивность засух (рис. 4).

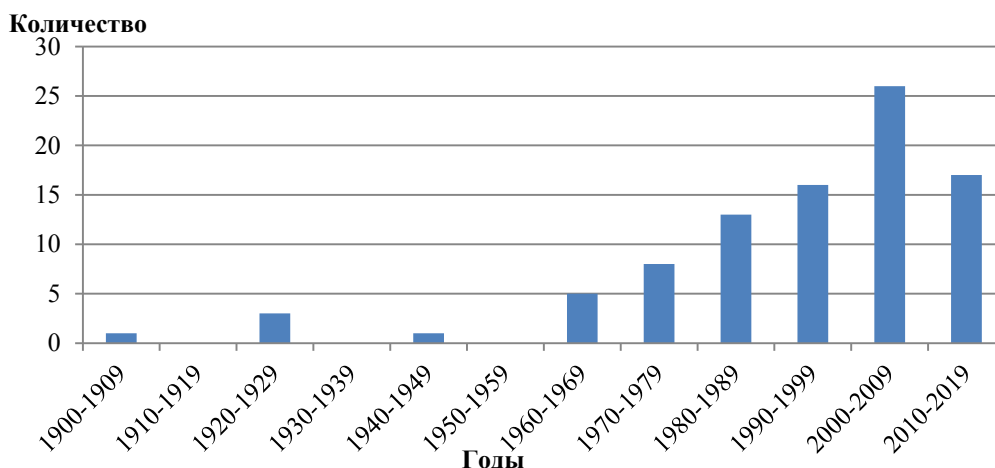


Рис. 4. Изменение количества засух в странах BRICS с 1990 по 2019 год

Так, например, река Парана в настоящее время находится на самом низком уровне водности за последние 77 лет. Река протяженностью более 4880 км пересекает Бразилию, Аргентину и Парагвай и играет важнейшую роль в регионе как источник гидроэнергии и торговый путь. Низкие уровни воды связаны с уменьшением количества осадков [8]. В ЮАР в период с 2002 по 2021 год от засух пострадали 30 450 000 человек [11].

Наводнения и засухи — две крайности гидрологического цикла. Несмотря на разные физические процессы, с учетом пространственных и временных масштабов, их взаимодействие может усилить результирующие вредные каскадные эффекты. По сравнению с предыдущим двадцатилетием (1982–2001), EM-DAT [7] указывает на увеличение временного тренда возникновения наводнений и засух в Африке, с более значительным увеличением паводков (+180 %), чем засух (+30 %).

По прогнозам, в Арктике будет наблюдаться самый высокий рост температуры в самые холодные дни, примерно в три раза превышающий скорость глобального потепления, что сказывается на развитии такого опасного природного процесса, как возникновение оползней (рис. 5).

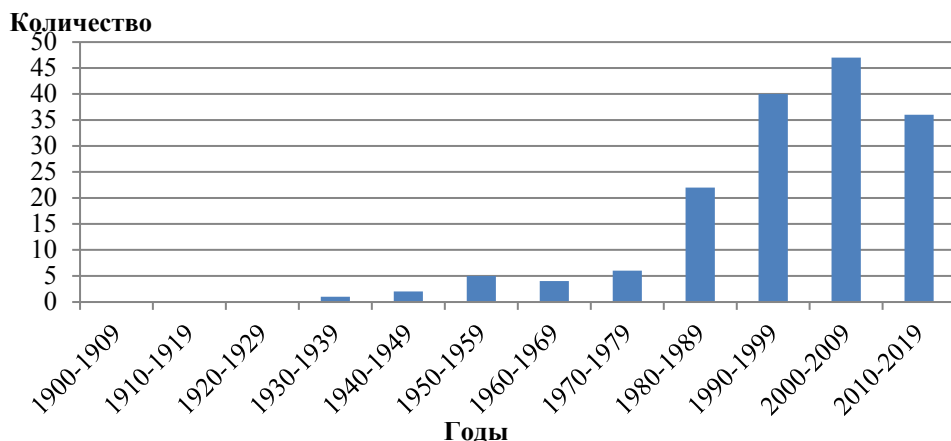


Рис. 5. Изменение количества оползней в странах BRICS с 1990 по 2019 год

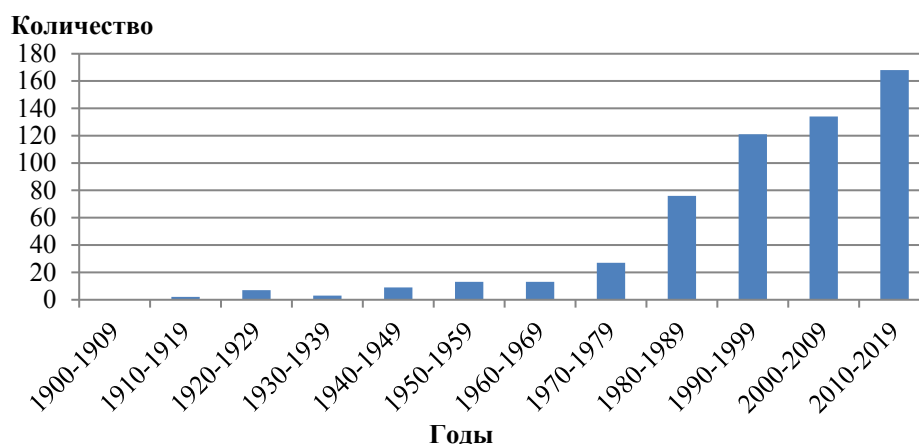


Рис. 6. Изменение количества ураганов в странах BRICS с 1990 по 2019 год

Дополнительное потепление еще больше усилит таяние вечной мерзлоты и потерю сезонного снежного покрова, наземного льда и арктического морского льда. По прогнозам, муссонные осадки увеличатся в среднесрочной и долгосрочной перспективе в глобальном масштабе, особенно в Южной и Юго-Восточной Азии, Восточной Азии и Западной Африке. Прогнозируется, что сезон муссонов начнется с задержкой над Северной и Южной Америкой и Западной Африкой [6].

Прогнозируемый сдвиг к югу и усиление траекторий летних штормов в средних широтах Южного полушария и связанных с ними осадков вероятны в долгосрочной перспективе, но в краткосрочной перспективе влияние восстановления стратосферного озона противодействует этим изменениям.

Специфические для региона изменения включают усиление тропических циклонов или внетропических штормов, увеличение речных паводков, в том числе и ураганов (рис. 6).

Так, циклоны Тауктае и Яас (Индия, 2021) привели к ущербу 4,5 млрд долларов, а наводнение в провинции Хэнань (Китай, 2021) привело к ущербу в 17,6 млрд долларов. Ущерб от тайфуна Ин-фа (Китай, 2021) составил 2 млрд долларов.

В мае 2021 года в Аравийском море сформировался тропический циклон Тауктае и двинулся к западному побережью Индии, затронув также Мальдивы и Шри-Ланку. Не менее 198 человек погибли. Было эвакуировано более 200 000 человек. Циклон Тауктае подвергся процессу, называемому быстрой активизацией, такие тропические циклоны набирают скорость и силу ветра в относительно короткие периоды времени, что затрудняет подготовку к выходу на сушу и становится все более частым из-за изменения климата. В настоящее время Индия является третьим по величине источником выбросов парниковых газов в мире. Однако исторический вклад Индии в выбросы углерода относительно небольшой, особенно учитывая размер страны и ее большое население.

В мае 2021 года в Бенгальском заливе сформировался тропический циклон Яас и двинулись в сторону Бангладеш и Индии. Погибло 19 человек, скорость ветра достигала 140 км/ч, и более 1,2 миллиона человек были эвакуированы. Благодаря своему географическому положению и социально-экономическим условиям, страны Бенгальского залива являются одним из самых уязвимых регионов мира к изменению климата.

В июле 2021 года тропический циклон Ин-фа затронул несколько стран Азии, в том числе Китай. Скорость ветра достигала 176 км/ч, были эвакуированы десятки тысяч человек, 6 человек пострадали [8].

Обсуждение результатов

Обусловленное изменением климата повышение относительного уровня моря будет продолжаться на протяжении XXI века, за исключением регионов с ярко выраженными темпами геологического поднятия суши. Приблизительно на двух третях глобальной береговой линии прогнозируется региональное повышение относительного уровня моря в пределах $\pm 20\%$ глобального среднего повышения. Прогнозируется, что из-за относительного повышения уровня моря экстремальные явления уровня моря, которые происходили один раз в столетие, будут происходить, по крайней мере, ежегодно. Повышение относительного уровня моря способствует увеличению вероятности и интенсивности наводнений в прибрежных и низменных районах, а также эрозии берегов.

Существование «островов тепла», приуроченных к городам, усиливает потепление на локальном уровне, а рост урбанизации и повышение вероятности экстремально жарких периодов обусловят нарастание пиковых значений волн жара. Урбанизация также повышает вероятность сильных осадков над городами и, как следствие, рост количественной составляющей поверхностного стока урбанизированных территорий. В прибрежных городах увеличение частоты наводнений будет обусловлено как повышением уровня моря и штормовыми нагонами, так и экстремальными величинами дождевого и речного стока.

Антропогенное удаление CO_2 потенциально может удалить CO_2 из атмосферы и надолго сохранить его в естественных резервуарах. Антропогенное удаление направлено на компенсацию остаточных выбросов для достижения нулевых чистых выбросов CO_2 . Достижение глобальных нулевых выбросов CO_2 , при котором антропогенные выбросы CO_2 уравниваются антропогенным удалением CO_2 , является требованием для стабилизации глобального повышения приземной температуры, вызванного CO_2 .

Заключение

Сложный характер климатической системы предопределяет широкий разброс в прогнозах, но даже минимальные прогнозируемые изменения могут приводить к затоплению прибрежных районов, перебоям в снабжении продовольствием и водой, исчезновению биологических видов и повышению вероятности опасных природных процессов и явлений. Со своей стороны странам BRICS целесообразно предпринимать усилия по смягчению изменения климата и сокращению выбросов парниковых газов до уровня, который позволит остановить негативное антропогенное влияние. Одновременно с этим разработка и внедрение подходов к адаптации к последствиям изменения климата позволят снизить климатические риски для социально-экономического и технологического развития странам BRICS.

Список литературы

1. CO₂ and Greenhouse Gas Emissions Country Profiles. — URL: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#co2-and-greenhouse-gas-emissions-country-profiles> (дата обращения: 24.02.2023).
2. Titova T. Methodical approaches for durability assessment of engineering structures in cold regions / T. Titova, R. Akhtyamov, E. Nasyrova et al. // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — Iss. 49. — Pp. 473–478. — DOI: 10.1007/978-981-15-0450-1_49.
3. Nasyrova E. Geoenvironmental assessment of urban water bodies / E. Nasyrova, A. Elizaryev, S. Aksenov et al. // *E3S Web of Conferences*. — 2019. — Vol. 110. — Article № 02045. — DOI: 10.1051/e3sconf/201911002045.
4. Titova T. Accident at river-crossing underwater oil pipeline / T. Titova, R. Akhtyamov, E. Nasyrova et al. // *MATEC Web of Conferences*. — 2018. — Vol. 239. — Article № 06003. — DOI: 10.1051/matecconf/201823906003.
5. Kolos A. The effect of different additives on the swelling process of heavy clays / A. Kolos, V. Alpysova, G. Osipov et al. // *Lecture Notes in Civil Engineering*. — 2020. — Vol. 50. — Pp. 295–306. — DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_31.
6. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32. — DOI: 10.1017/9781009157896.001.
7. БДЧС. Центра исследований эпидемиологии катастроф. — URL: <http://www.emdat.be> (дата обращения: 24.02.2023).
8. Counting the cost 2021. A year of climate breakdown. December 2021. Dr Kat Kramer, Joe Ware. — URL: <https://reliefweb.int/report/world/counting-cost-2021-year-climate-breakdown-december-2021> (дата обращения: 24.02.2023).

9. Technological Disasters: Trends & Transport accidents. Cred Crunch. — 2022. — № 65. — URL: <https://www.cred.be/publications> (дата обращения: 24.02.2023).

10. Natural Hazards & Disasters. An overview of the first half of 2022. Cred Crunch. — 2022. — № 68. — URL: <https://www.cred.be/publications> (дата обращения: 24.02.2023).

11. The interplay of drought-flood extreme events in Africa over the last twenty years (2002–2021). Cred Crunch. — 2022. — № 69. — URL: <https://www.cred.be/publications> (дата обращения: 24.02.2023).

Дата поступления: 25.03.2023

Решение о публикации: 19.04.2023

Контактная информация:

АХТЯМОВ Расул Гумерович — канд. техн. наук, доц.; ahyamov_zchs@mail.ru

Assessment of the Geospatial Features of Climate Change, on the Example of BRICS

R. G. Akhtyamov

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Akhtyamov R. G. Assessment of the Geospatial Features of Climate Change, on the Example of BRICS. *Bulletin of scientific research results*, 2023, iss. 2, pp. 18–27. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2023-2-18-27

Summary

Purpose: Meta-analysis of data on the dynamics of dangerous natural phenomena in developing countries that experience the consequences of climatic changes occurring on a global scale. **Methods:** The contribution of BRICS to global greenhouse gas emissions based on an array of statistical data for the period from 1990 to 2019 has been evaluated. The total emissions of all types of greenhouse gases in BRICS countries from 1990 to 2019 is 391.91 GtCO₂, while the contribution of the BRICS countries in 2019 amounted to 52.2% of the global emissions of greenhouse gases. **Results:** Dynamics of such natural disasters such as floods, waves of heat and cold, droughts, landslides, hurricanes in BRICS from 1990 to 2019 have been determined. A description of the most destructive emergency situations in the countries of the BRICS 2021 is given. **Practical significance:** Justification of the need to limit global warming caused by human activities, which requires limiting the cumulative emissions of greenhouse gases. Anthropogenic removal of CO₂ can potentially remove CO₂ from the atmosphere and preserve it in natural tanks for a long time. The complex nature of the climatic system determines a wide scatter in forecasts, but even minimal predicted changes can lead to large-scale natural emergency situations. In the BRICS it is advisable to make efforts to mitigate the climate change, stabilize the concentration of greenhouse gases in the atmosphere at a level that will prevent a dangerous anthropogenic effect on the climatic system, reduce greenhouse gas emissions, intensify activities aimed at adaptation to adverse consequences of climate change and promote cooperation in the countries research activities and systematic observations of the climatic system.

Keywords: Climate change, carbon absorption, greenhouse gases, sustainable development, dangerous natural processes.

References

1. CO2 and Greenhouse Gas Emissions Country Profiles. Available at: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#co2-and-greenhouse-gas-emissions-country-profiles> (accessed: February 24, 2023).
2. Titova T., Akhtyamov R., Nasyrova E. et al. Methodical approaches for durability assessment of engineering structures in cold regions. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, Iss. 49, pp. 473–478. DOI: 10.1007/978-981-15-0450-1_49.
3. Nasyrova E., Elizaryev A., Aksenov S. et al. Geoenvironmental assessment of urban water bodies. *E3S Web of Conferences*. 2019, vol. 110, article № 02045. DOI: 10.1051/e3sconf/201911002045.
4. Titova T., Akhtyamov R., Nasyrova E. et al. Accident at river-crossing underwater oil pipeline. *MATEC Web of Conferences*. 2018, vol. 239, article № 06003. DOI: 10.1051/matecconf/201823906003.
5. Kolos A., Alpysova V., Osipov G. et al. The effect of different additives on the swelling process of heavy clays. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020, vol. 50, pp. 295–306. DOI: 10.1007/978-981-15-0454-9_31.
6. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32. DOI: 10.1017/9781009157896.001.
7. *BDChS. Tsentra issledovaniy epidemiologii katastrof* [BDChS. Center for Research on the Epidemiology of Catastrophes]. Available at: <http://www.emdat.be> (accessed: February 24, 2023). (In Russian)
8. Counting the cost 2021. A year of climate breakdown. December 2021. Dr Kat Kramer, Joe Ware. Available at: <https://reliefweb.int/report/world/counting-cost-2021-year-climate-breakdown-december-2021> (accessed: February 24, 2023).
9. Technological Disasters: Trends & Transport accidents. *Cred Crunch*. 2022, № 65. Available at: <https://www.cred.be/publications> (accessed: February 24, 2023).
10. Natural Hazards & Disasters. An overview of the first half of 2022. *Cred Crunch*. 2022, № 68. Available at: <https://www.cred.be/publications> (accessed: February 24, 2023).
11. The interplay of drought-flood extreme events in Africa over the last twenty years (2002–2021). *Cred Crunch*. 2022, № 69. Available at: <https://www.cred.be/publications> (accessed: February 24, 2023).

Received: March 25, 2023

Accepted: April 19, 2023

Author's information:

Rasul G. AKHTYAMOV — PhD in Engineering, Associate Professor; ahtamov_zchs@mail.ru