

ПРОМЯНАТА НА КЛИМАТА - ПОСЛЕДИЦИ ЗА СВЕТОВНИЯ ОКЕАН И БИОРАЗНООБРАЗИЕТО

Мариела Желева¹, Габриела Янакиева¹, Николина Радева²

¹Специалност „Здравен мениджмънт“, Факултет по обществено здраве,
Медицински университет – Варна

²Катедра „Медицина на бедствените ситуации и морска медицина“,
Факултет по обществено здраве, Медицински университет – Варна

CLIMATE CHANGE: IMPACTS ON WORLD OCEAN AND BIODIVERSITY

Mariela Jeleva¹, Gabriela Yanakieva¹, Nikolina Radeva²

¹Specialty Healthcare Management, Faculty of Public Health, Medical University of Varna

²Department of Disaster Medicine and Maritime Medicine, Faculty of Public Health,
Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

Промяната на климата е предизвикана предимно от антропогенни фактори. В атмосферата се отделят големи количества парникови газове, особено въглероден диоксид (CO₂), които задържат топлина и водят до повишаване на температурата на Земята. Това оказва редица отрицателни въздействия върху околната среда, включително върху световния океан, който абсорбира около 90% от затоплянето през последните десетилетия. Наблюдават се и значими последици върху живите организми в морските екосистеми.

Целта е да бъдат проучени и анализирани последиците от промяната на климата върху световния океан и възможните рискове за биоразнообразието.

За постигането на целта е извършено проучване в научната литература и стратегически документи на Европейската комисия и Организацията на обединените нации с помощта на електронни бази данни, включително Scopus и Web of Science. Търсенето използва комбинация от ключови думи и предметни заглавия, свързани с промяната на климата и въздействието върху световния океан, както и последиците за морските екосистеми.

Съществуват убедителни доказателства, че рисковете и въздействията от увеличаването на концентрациите на парникови газове в атмосферата са значителни и оказват влияние върху живота на планетата. Последните

ABSTRACT

Climate change predominantly arises from human-related factors, leading to the emission of large amounts of greenhouse gases, especially carbon dioxide (CO₂), into the atmosphere. These gases trap heat and contribute to an increase in the Earth's temperature, resulting in various adverse consequences for the environment, particularly the world's oceans, which have absorbed approximately 90% of the warming over recent decades. Marine ecosystems also experience significant impacts as a result.

The objective of this study is to investigate and analyze the consequences of climate change on the world's oceans and the associated risks to biodiversity.

To achieve this, a literature review was conducted, encompassing scientific research and strategic documents from the European Commission and the United Nations, obtained through scientific databases such as Scopus and Web of Science. The literature search involved the use of relevant keywords and titles related to climate change, the world's oceans, and impacts on marine ecosystems.

Substantial evidence supports the significant risks and consequences associated with the rising concentrations of greenhouse gases in the atmosphere, with profound implications for life on our planet. The past decade has been the warmest for the oceans since 1800. The consequences of climate change include elevated water temperatures, ocean acidification, and oxygen depletion, all of which pose risks to biodiversity.

In conclusion, the world's oceans are undergoing accelerated long-term changes in temperature, acidi-

10 години са най-топлото десетилетие за океана от 1800 г. насам. Последниците от промяната на климата включват повишаване температурата на водата, подкисляване на океана и загуба на кислород, което поставя биоразнообразието в риск.

В заключение в световния океан се наблюдават по-бързи от прогнозираните дългосрочни промени в температурата, подкисляването и съдържанието на кислород. Комбинираните ефекти от антропогенното изменение на климата поставя морските екосистеми и отделните видове до границите на тяхната устойчивост, а понякога и отвъд критичните им прагове на оцеляване.

Ключови думи: промяна на климата, световен океан, биоразнообразие

ВЪВЕДЕНИЕ

Рисковете, свързани с промяната на климата, са огромни и застрашават живота и препитанието на милиарди хора по света (19). Промяната на климата е статистическа промяна в свойства на климатичната система, по-специално в температурата и валежите, която продължава няколко десетилетия или повече - поне 30 години. Тази статистическа промяна в свойства включва средни стойности, променливост и екстремни стойности (2). Може да се дължи на природни процеси като например промени в слънчевата радиация, вулкани или вътрешна променливост на климатичната система, както и на човешки дейности като основно - изгарянето на изкопаеми горива и обезлесяването. При тези дейности в атмосферата се отделят големи количества парникови газове, особено въглероден диоксид (CO₂), които задържат топлина и водят до повишаване на температурата на Земята. Това оказва редица отрицателни въздействия върху околната среда и човешкото общество (10,17). То добавя допълнителен стрес и засилва други видове натиск върху морските екосистеми, като оказва влияние върху иначе „стабилните“ физико-химични параметри на океана (т.е. температура, рН и съдържание на кислород), с други думи, сегашните темпове на промяна е отвъд това, което организмите и екосистемите са преживели в еволюционен план.

Покривайки повече от 70% от повърхността на Земята, световният океан има много висок топлинен капацитет. Абсорбира 90% от затоплянето през последните десетилетия вследствие на

увеличаването на парниковите газове, а горните няколко метра на океана съхраняват толкова топлина, колкото цялата земна атмосфера (16). Последниците, освен повишаване на температурата му, включват подкисляване и намаляване на нивата на кислород, ускорено топене на основните ледени шапки на Земята, повишаване на морското равнище, промени в здравето и биохимията на океаните (4,6,22). Наблюдават се и значими последици върху живите организми в морските екосистеми (5,14,25).

Keywords: climate change, world ocean, biodiversity

увеличаването на парниковите газове, а горните няколко метра на океана съхраняват толкова топлина, колкото цялата земна атмосфера (16). Последниците, освен повишаване на температурата му, включват подкисляване и намаляване на нивата на кислород, ускорено топене на основните ледени шапки на Земята, повишаване на морското равнище, промени в здравето и биохимията на океаните (4,6,22). Наблюдават се и значими последици върху живите организми в морските екосистеми (5,14,25).

Предвид значимостта на този проблем в световен мащаб, с настоящето изследване си поставихме за цел да проучим и анализираме последиците от промяната на климата върху световния океан и възможните рискове за биоразнообразието.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За постигането на целта е извършено проучване в научната литература и стратегически документи на Европейската комисия и Организацията на обединените нации с помощта на електронни бази данни, включително Scopus и Web of Science. Търсенето използва комбинация от ключови думи и предметни заглавия, свързани с промяната на климата и въздействието върху световния океан, както и последиците за морските екосистеми.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Принудителното изменение на климата, предизвикано от човешката дейност чрез емисии на парникови газове, е глобално предизвикател-

ство, което води до промени в околната среда и до нежелани последици за екосистемите и зависимите от тях човешки общества (7).

Данни относно промяна на климата на Националното управление по въздухоплаване и изследване на космическото пространство (НАСА) на САЩ сочат (16):

- Повишаване на въглеродния диоксид CO_2 : $\uparrow 119.49$ ppm (17 февруари 2023 г.);
- Повишаване на глобалната температура: $\uparrow 1.1^\circ\text{C}$ *пред индустриален*;
- Намаляване на обхвата на морския лед в Арктика: $\downarrow 12.6\%$ *за десетилетие от 1979 – 4.67* млн. км² (2022 г.);
- Намаляване на ледените шапки: $\downarrow 427$ млрд. метрични тона *за година* (2022 г.);
- Повишаване на морско равнище: $\uparrow 4$ *инча от януари 1993* (2022 г.);
- Повишаване затоплянето на океана: $\uparrow 345$ ZJ *от 1955* (2020 г.).

Съществуват убедителни доказателства, че рисковете и въздействията от увеличаването на концентрациите на парникови газове в атмосферата са значителни и оказват влияние върху почти всички аспекти на човешкия живот и околната среда (1), които в бъдеще могат да се окажат дори опустошителни. На фиг. 1 са представени последиците от излишната топлина от емисиите на парникови газове.



Фиг. 1. Последствията от излишната топлина от емисиите на парникови газове

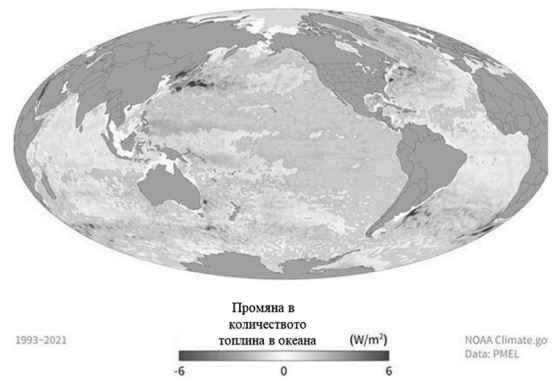
Източник: Адаптирано от International Union for Conservation of Nature (IUCN), променен след Schuckmann et al., 2016

Последствията са свързани с повишаване на атмосферната температура и влажност, повишаване на морското равнище и масата на океана, по-чести и по-интензивни метеорологични явления като урагани и суши, намаляване на морския лед и снежната покривка, както и разрушаване на екосистемите и популациите на дивите животни (12).

Повишаване на температурата на световния океан

През последните три десетилетия промените в CO_2 водят до повишаване на средните глобални температури, като голяма част от допълнителната енергия, погълната от световния океан, води до повишаване на температурата на морската повърхност с 0.6°C (11) (фиг. 2).

Последните 10 години са най-топлото десетилетие за океана от 1800 г. насам. През 2022 г. е регистрирана най-топлата година и най-високото ниво на световния океан. Проучвания сочат, че топлината в океаните е надхвърлила нивата от 2021 г. с около 10 зета джаула - еквивалент на 100 пъти повече от производството на електроенергия в света през 2021 г. (5).



Фиг. 2. Тенденции в затоплянето на океана (1993–2021 г.)

Източник: NOAA Climate. Data: PMEL

Един от основните ефекти от нарастващата топлина в океаните е нарушаването на морските хранителни вериги. Повишаването на температурата води до промени в разпределението и изобилието на фитопланктона, който е в основата на много морски хранителни вериги. Това от своя страна влияе на популациите на зоопланктона, рибите и други хищници, които зависят от фитопланктона като храна.

Топлината на океана играе решаваща роля при формиране разпределението и поведението на живите организми в морските екосистеми.

Проучвания установяват, че морските горещи вълни, определяни като продължителни периоди на необичайно високи температури в океана, са по-чести и интензивни през последния век. Тези топлинни вълни предизвикват избелване на кораловите рифове, както и други въздействия върху морските организми (26).

Други изследователи откриват, че някои видове риби вече променят разпространението си

в отговор на затоплянето на океанските температури. Например атлантическата треска се е преместила на север и в по-дълбоки води в северната част на Атлантическия океан през последните няколко десетилетия (18). Подобни промени се наблюдават и при водолубивите птици, които са променили разпространението си по време на зимуване на север и на изток от Обединеното кралство (15).

Намаляването на морския лед в Арктика се отразява на начина на хранене и размножаване на морските бозайници като полярните мечки и моржовете. В някои райони загубата на морски лед позволява и навлизането на нови видове в Арктика, което може да наруши съществуващата морска хранителна верига (13).

По-високите температури на океана също могат да повлияят на времето и успеха на размножаването на много морски видове. Например морските костенурки са силно зависими от температурата на пясъка, в който снасят яйцата си, а повишаването на температурата може да наруши съотношението между половете на излюпените малки или да доведе до смъртта им преди излюпването (21).

Температурните промени настъпват и в по-дълбоките или стратифицирани зони, което оказва влияние върху бентосните съобщества.

Океанската топлина оказва силно въздействие върху живите организми в морските екосистеми. Като цяло доказателствата сочат, че затоплянето на температурите има далечни последици за разпространението, поведението и оцеляването на много морски видове с потенциално значими последици за продоволствената сигурност и благосъстоянието на хората.

Подкисляване на океана

Бързото поглъщане на топлинна енергия и CO_2 от океана води до поредица от съпътстващи промени в карбонатния химичен състав на морската вода, включително намаляване на рН и състоянието на карбонатното насищане, както и увеличаване на разтворените CO_2 и бикарбонатни йони: явление, определяно като подкиселяване на океана. рН-то на повърхността на океана е намаляло с 0,1 рН единици в сравнение с прединдустриалните нива, което се равнява на 26% увеличение на киселинността на океана (24).

Въздействието върху морските организми може да варира в зависимост от видовете и техните жизнени етапи. Някои организми като например планктона могат да извлекат полза от повишената киселинност, докато други - като рако-

образните и коралите, са особено уязвими към последиците от окисляването на океаните.

За черупкообразуващите организми като стриди, миди и рапани намалената наличност на калциев карбонат може да затрудни изграждането и поддържането на черупките им. Това може да ги направи по-уязвими към хищници, болести и стресови фактори на околната среда. За коралите подкисляването на океана може да забави темповете им на растеж и да затрудни формирането на скелетите, които изграждат структурата на кораловите рифове. Това може да има широко въздействие върху цялата екосистема, тъй като кораловите рифове са дом на огромен брой морски обитатели (17).

В допълнение към въздействието върху отделните организми, според редица проучвания, подокияването на океана може да има и по-широко въздействие върху морските екосистеми. Например може да се промени балансът на взаимоотношенията хищник-жертва, да се наруши кръговратът на хранителните вещества и да се намали наличието на храна за по-високите трофични нива (23).

През 2005 г. някои изследователи прогнозираха, че в рамките на десетилетия в морските екосистеми на големи географски ширини могат да се развият условия, които са вредни за морските организми. Очаква се рН на океаните да се понижи с 0,07 до 0,31 рН единици през следващите 100 години (8).

Загуба на кислород

Кислородът е от съществено значение за живота на повечето хора. От 1960 г. насам съдържанието на кислород в световния океан е намаляло с 2%, което се дължи както на намаляването на вентилацията на дълбоките океани, така и на намаляването на разтворимостта на кислорода в резултат на повишаването на температурата и увеличаването на микробното дишане при по-високи температури. Смята се, че до 2100 г. разтвореният кислород в океана ще намалее в световен мащаб с 1-7% (20) и че обемът на аноксичната океанска вода се е увеличил четири пъти, а обхватът на зоните с кислороден минимум се е разширил от 1960 г. насам (3).

Последиците варират, като част от тях са свързани с намаляване на местообитанията на морските обитатели. Много видове морски животни, включително риби, раци и скариди, се нуждаят от богата на кислород среда, за да оцелеят. С намаляването на нивата на кислород в океана тези видове могат да бъдат принудени да се

преместят в други райони, което може да наруши функционирането на цели екосистеми.

Наблюдават се и промени в поведението и обмяната на веществата. Морските животни, лишени от кислород, могат да изпитат промени в поведението и метаболизма си. Например те могат да станат по-мудни, да се движат по-малко и да консумират по-малко храна, което може да доведе до намаляване на растежа и размножаването.

От друга страна, се повишава податливостта им на болести. Някои морски животни могат да станат по-податливи на болести в резултат на изчерпването на кислорода. Дължи се на факта, че имунната им система става по-слаба в среда с ниско съдържание на кислород, което ги прави по-уязвими към патогени.

Други въздействия са свързани с вреден цъфтеж на водораслите. Според редица проучвания намаляването на нивата на кислород може да доведе и до увеличаване на вредните цъфтежи на водорасли, които могат да отделят токсини, вредящи на други морски обитатели и дори на хора, които консумират замърсени морски продукти.

Също така са наблюдавани промени в разпространението на видовете. Някои се отдалечават от зони с ниско съдържание на кислород, докато други се преместват, за да заемат тези зони.

Като цяло загубата на кислород в световния океан е сериозна заплаха за морското биоразнообразие и изисква незабавно внимание и действия за справяне с нея (9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Към настоящия момент в световния океан се наблюдават по-бързи от нормалното дългосрочни промени в температурата, подкисляването и съдържанието на кислород. Наред с тези постепенни промени се наблюдават локални, временни екстремни събития. Съществува голям риск, комбинираните ефекти от антропогенната промяна на климата да „тласнат“ морските екосистеми и отделните видове до самите граници на тяхната устойчивост, дори и отвъд критичните им прагове на оцеляване. Това неимуемо ще доведе до тежки последици както за отделни общности, така и за световното население.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романова, Хр. Антропогенен риск от технологични и екологични катастрофи, Стено, Варна, 2018.
2. Australian Academy of Science. 2022. [Internet] Достъпен на: <https://www.science.org.au/>

3. Breitburg D, et al. “Declining oxygen in the global ocean and coastal waters”. 2018. *Science* 359(6371) (DOI: 10.1126/science.aam7240).
4. Cheng L, Abraham J, Hausfather Z, Trenberth KE. “How fast are the oceans warming?” 2019. *Science* 363.6423: 128-129.
5. Cheng L, Abraham J, Trenberth KE, et al. Another Year of Record Heat for the Oceans. *Adv. Atmos. Sci.* 2023. Crossref_ <https://doi.org/10.1007/s00376-023-2385-2>
6. Church JA, et al. “Sea level change”. Cambridge University Press, 2013.
7. European Environment Agency. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 — an indicator-based report, EEA Report No 1/2017. [Internet] Достъпен на: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
8. Gattuso J-P, et al. “Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios”. 2015. *Science* 349(6243), p. 4722 (DOI: 10.1126/science.aac4722).
9. Gilbert D. “Oceans lose oxygen”. 2017. *Nature* 542, p. 303.
10. IPCC. Global Warming of 1.5°C. 2018. [Internet] Достъпен на: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
11. IPCC. “Summary for policymakers”, in: Pörtner, O. et al. (eds), IPCC Special Report on the ocean and cryosphere in a changing climate, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. 2019.
12. International Union for Conservation of Nature. Issues Brief. November 2017. [Internet] Достъпен на: <https://www.iucn.org/>
13. Kovacs K, Lydersen C, Overland J, Moore S. Impacts of changing sea-ice conditions on Arctic marine mammals. *Marine Biodiversity*. 2011. 41. 181-194. 10.1007/s12526-010-0061-0.
14. Laffoley D, Stevenloveck J. “The urgent need for rapid reduction of carbon emissions.” *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28.1 (2018): 229-236.
15. MCCIP. Marine climate change impacts report card 2013. Marine Climate Change Impacts Partnership, Lowestoft, UK. 2013.
16. National Aeronautics and Space Administration (NASA). [Internet] Достъпен на: <https://climate.nasa.gov/>
17. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2021. Climate. gov: Causes of Climate Change. [Internet] Достъпен на: <https://www.climate.gov/causes-climate-change>
18. Pinnegar JK, et al. “Impacts of climate change on fisheries”. *MCCIP Science Review* 2013, p. 16 (DOI: 10.14465/2013.arc32.302 317).

19. Rising J, Tedesco M, Piontek F, et al. The missing risks of climate change. *Nature* 610, 643–651 (2022). Crossref - <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05243-6>
20. Schmidtko S, et al. “Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades”. 2017. *Nature* 542(7641), pp. 335-339 (DOI: 10.1038/nature21399).
21. Sea Turtle Conservancy. Information About Sea Turtles: Threats from Climate Change. [Internet] Достъпен на: <https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-threats-climate-change/>
22. Serreze MC, Barry RG. “Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis.” *Global and Planetary Change* 77 (2011): 85-96.
23. The Ocean Foundation. Ocean Acidification. 2022. [Internet] Достъпен на: <https://oceanfdn.org/ocean-acidification/>
24. United Nations. Ocean Acidification. 2021. [Internet] Достъпен на: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/oceans/ocean-acidification/>
25. Watts N, et al. “The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come.” *The Lancet* 392.10163 (2018): 2479-2514.
26. Wyatt ASJ, Leichter JJ, Washburn L, et al. Hidden heatwaves and severe coral bleaching linked to mesoscale eddies and thermocline dynamics. *Nat Commun* 14, 25 (2023). Crossref - <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35550-5>

Адрес за кореспонденция:

Николина Радева
Катедра „Медицина на бедствените ситуации и морска медицина“
ул. „Проф. Марин Дринов“ 55
Варна, 9000
e-mail: niki.radeva@tu-varna.bg