

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE RISK OF CERVICAL CANCER

Antoaneta Dimitrova

Medical University-Sofia, Faculty of Public Health „Prof. Dr. Tzecomir Vodenitcharov, MD, DSc“,
Sofia, Bulgaria, dimitrova9111@abv.bg

Abstract: Changes in the global climate, marked by meteorological events and environmental disasters, are a risk factor for cervical cancer in women. As a result of extremely rising temperatures on the planet and changes in the environment, the spread of infections, air pollutants, ultraviolet radiation, and chemicals are increasing, that alter the polymorphism of cervical cells and complicate the severity of the disease. The aim of this article is to provide an overview of the scientific literature on the impact of climate change on the risk of cervical cancer. A literature review of publications in refereed scientific journals and synthesized information related to the research topic was conducted in the Pub Med, Web of Science, Scopus, and Google Scholar databases using keyword searches. The review includes observational, experimental, prospective randomized and controlled studies. The results prove established causal interactions between climate change, environmental pollution, and the risk profile of cervical cancer.

Keywords: climate change, cancer, cervix

ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ ПРОМЕНИ ВЪРХУ РИСКА ОТ РАК НА МАТОЧНАТА ШИЙКА

Антоанета Димитрова

Медицински университет-София, Факултет по обществено здраве „Проф. д-р Цекомир
Воденичаров, дмн“, София, България, dimitrova9111@abv.bg

Резюме: Промените в глобалния климат, белязани от метеорологични събития и екологични бедствия, са рисков фактор за рак на маточната шийка при жените. Вследствие на екстремно повишаващите се температури на планетата и промените в околната среда се увеличават разпространението на инфекции, замърсители на въздуха, ултравиолетова радиация и химикали, които променят полиморфизма на цервикалните клетки и усложняват тежестта на заболяването. Целта на настоящата статия е да представи обзорен преглед на научната литература, отнасящ се до влиянието на изменението на климата върху риска от рак на маточната шийка. В база данни Pub Med, Web of Science, Scopus, Google Scholar, чрез търсене по ключови думи, е извършен литературен преглед на публикации в реферирани научни списания и синтезирана информация, свързана с проучваната тема. В прегледа са включени наблюдателни, експериментални, проспективни рандомизирани и контролирани проучвания.

Резултатите доказват установени причинно-следствени взаимодействия между измененията на климата, замърсяването на околната среда и рисковия профил на рак на маточната шийка.

Ключови думи: климатични промени, рак, маточна шийка

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изменението на климата е най-голямото предизвикателство на 21-ви век и заплаха за човешкото благосъстояние и здравето на планетата. То е причинено от глобалното затопляне, което се дължи до голяма степен на нарастващите нива на парникови газове в резултат на човешката дейност, включително изгарянето на изкопаемите горива (въглероден диоксид), животновъдството (метан от оборски тор), емисиите от промишлеността (озон, азотни оксиди, серен диоксид), отработените газове от превозни средства/фабрики и хлорофлуоровъглеродните аерозоли, които задържат допълнителна топлина в земната атмосфера и замърсяват въздуха, водите и почвите. Екстремните метеорологични условия и покачването на морското равнище, екологичните бедствия като горски пожари, екстремни горещини, урагани, наводнения и суши, водят до промени в екологията. Всичко това е насочено към преките последици за общественото здраве, и в частност засяга особено уязвими групи от населението, включително жените. (Giudice et al., 2021) Повишаващите се температури и промените в околната среда с увеличаване количеството на замърсители на въздуха, ултравиолетова (UV) радиация и химикали, нарушават ендокринната система и са свързани с по-висока честота на рак. (Nogueira et al., 2023) Тези ефекти повлияват на раковите заболявания чрез редица механизми, включително етиологични пътища, в резултат на отделяните токсини с доказана

канцерогенност. (Hiatt & Beyeler, 2023) Покачващите се температури и излагането на прахови частици (ПЧ) от замърсяването на въздуха също са свързани с повишена заболеваемост и смъртност при жените. Неблагоприятните последици влошават качеството на храните, намалената продоволствена сигурност и увеличават преносими инфекциозни заболявания чрез предаване на много патогени, пренасяни по вода, въздух, храна и вектори. (Leal et al., 2022)

В световен мащаб ракът на маточната шийка е четвъртият най-често срещан рак при жените През 2022 г. в света са регистрирани 662 301 нови случая на рак на маточната шийка, а 348 874 жени са починали от заболяването, като най-високите нива са наблюдавани в страните с ниски и средни доходи. Прогнозира се, че заболеваемостта ще се увеличи до 948 000 случая през 2050 г. (Li et al., 2025)

В последното десетилетие все повече нараства броят на проучванията и докладите на широката научна общност, изследваща въздействието на факторите, свързани с изменението на климата и замърсяването на околната върху гинекологичните ракови заболявания, включително рисковете и заболеваемостта на рака на маточната шийка.

2. ЦЕЛ

Целта на настоящата статия е да представи обзорец преглед на научната литература, отнасящ се до влиянието на изменението на климата върху риска от рак на маточната шийка.

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В база данни Pub Med, Web of Science, Scopus, Google Scholar, чрез търсене по ключови думи, е извършен литературен преглед на публикации в реферирани научни списания и синтезирана информация, свързана с проучваната тема. В прегледа са включени наблюдателни, експериментални, проспективни рандомизирани и контролирани проучвания.

4. РЕЗУЛТАТИ

Голямо епидемиологично проучване на изследователски екип, ръководен от американски университет в Кайро, анализира въздействието на изменението на климата върху гинекологичното здраве на жените в 17 страни в Близкия изток и северна Африка. Проучването се фокусира върху най-разпространените видове рак при жените: рак на гърдата, рак на яйчниците, рак на маточната шийка и рак на матката, като сравнява тяхната честота и смъртност с температурните промени между 1998 и 2019 г. Резултатите установяват, че покачването на температурата с всеки допълнителен градус по Целзий се свързва с увеличаване на честотата на тези заболявания и по-вероятния фатален изход. Изследователите отбелязват в перспектива, че очакваните температури до 2050г. е да се повишат с 4 градуса по Целзий, което предполага значително увеличение на риска от рак и смъртните случаи с течение на времето. Предполагат също, че освен екстремните температури като вероятен рисков фактор, тези резултати могат да се дължат и на по-високи нива на канцерогенно замърсяване на въздуха и продължителното излагане на UV лъчение, и да повлият на биологичните процеси на клетъчно ниво. (Abu & Chun, 2025) Експериментално проучване, проведено в скринингова лаборатория за рак на маточната шийка в Лайден, Южна Холандия за 16 годишен период, изследва повече от 900 000 последователни, серийно независими, интерпретируеми скринингови цитонамазки по Папаниколау (Пап цитонамазка) с цел проследяване зависимостите на месечните нива на премалигнени и злокачествени епителни промени в годишните модели, сравнени с годишния модел на флуктуация при излагане на слънчевата светлина, както и със средномесечния процент на HPV инфекция. Изследователите установяват два пъти повече премалигнени и злокачествени епителни промени в цитонамазките, получени през летните месеци, с пик през август, едновременно с хистопатологични доказателства за HPV инфекция и положителна корелация както на месечната плавност на слънчевата светлина с месечните нива на цервикална епителна дисплазия и карциноматозна хистопатология, открити чрез цитонамазка, така и с HPV. Отбелязват също, че HPV инфекцията с цервикален епител и HPV-индуцираната дисплазия на цервикалния епител и карциноматозните промени могат да бъдат нови рискове от излагане на слънце и предлагат скрининга и последващите цитонамазки да се провеждат през сезони, различни от лятото, за да се намали процентът на фалшиво положителните резултати. Авторите допълват, че наличието на пряка слънчева енергия и изменението на климата, оказват биологични ефекти и геномни последици, в резултат на взаимодействащи молекулярни, клетъчни, организмови и екосистемни часовници, които измерват и координират биологичното и екологичното време, като непрекъснато коригират биологичните циркадни/дневни и циркадни/сезонни времеви структури спрямо околната среда. (Hrushesky et al., 2005)

Все повече доказателства сочат, че факторите на околната среда биха могли да повлияят на смъртността от рак при жените, като прахови частици (ПЧ_{2.5}), тежки метали и ендокринно разрушителни химикали, които могат да действат като имитатори на естроген. Дългосрочното излагане на замърсители на въздуха може да предизвика реакция на оксидативен стрес в цервикалните клетки, като по този начин уврежда ДНК и проявява симптоми, подобни на HPV инфекцията. Замърсителите на въздуха съдържат разнообразие от полициклични ароматни въглеводороди и техните производни, които са свързани с генетични полиморфизми в активирането на канцерогени и метаболизма на стероидните хормони, като по този начин насърчават пролиферацията на раковите клетки. (Huang et al., 2019; Chandra & Kumari, 2024)

Проучване сред 2285 жени в провинция Шанси, Китай, изследва ефектите от излагането на полициклични ароматни въглеводороди, комбинирано с HPV инфекция върху цервикалната интраепителиална неоплазия (CIN). Резултатите от изследването показват, че високата експозиция с полициклични ароматни въглеводороди увеличава HPV инфекцията и е свързана с прогресията на рака на маточната шийка, с повишен риск от CIN2/3 и нарастваща тенденция на тежестта на цервикалните лезии ($p < 0,001$). (Li et al., 2020)

Scheurer et al. (2014) провеждат напречно проучване в Тексас за определяне взаимовръзката между излагането на атмосферни нива на често срещани токсини във въздуха, свързани с трафика от автомобилни емисии (бензен, полициклични ароматни въглеводороди и дизелови твърди частици) и цервикалната дисплазия, прекурсорна лезия за рак на маточната шийка. Извадката от изследването се състои от две групи жени: едната група ($n = 173$) са случаи, диагностицирани с цервикална интраепителиална неоплазия (CIN) I, CIN II или CIN III, а другата група, която служи за контролни субекти ($n = 563$) са жени с нормален резултат от теста на Папаниколау, т.е. без диагноза цервикална дисплазия или рак на маточната шийка. Изследователите намират статистическа връзка между излагането на дизелови частици в жилищните помещения с цервикалната дисплазия, когато се сравнява високо и много високо излагане с ниско излагане (aOR за високо излагане = 2,83, 95% CI: 1,55-5,16; aOR за много високо излагане = 2,10, 95% CI: 1,07-4,11). В сравнение с ниското излагане, жените, живеещи в участъци с високи нива на полициклични ароматни въглеводороди, са имали повишена честота на цервикална дисплазия (aOR = 2,46, 95% CI: 1,35-4,48). Изследователите стигат до извода, че експонираните от трафика опасни замърсители на въздуха са свързани с цервикална дисплазия. По-конкретно, жените, живеещи в участъци с високи нива на бензен, полициклични ароматни въглеводороди и дизеловите твърди частици, са били приблизително два до три пъти по-склонни да бъдат диагностицирани с цервикална дисплазия в сравнение с жените, живеещи при относително ниски нива на замърсяване. (Scheurer et al., 2014) Друго проучване проведено в Швеция, доказва, че професионалното излагане на емисии от дизелови двигатели е свързано с повишен риск от рак на маточната шийка и повишена заболяемост (стандартизирано съотношение на заболяемост = 1,48, 95% CI: 1,17-1,84). (Boffetta et al., 2001) Подобни резултати докладват Raaschou-Nielsen et al. (2011) в кохортно проучване на жени в Копенхаген, Дания. Резултатите установяват свързаност на по-високите нива на концентрация на азотни оксиди (NO_x) в жилищните помещения, компонент на емисиите от автомобилни двигатели със значителен риск от рак на маточната шийка. (Raaschou et al., 2011)

В рамките на деветгодишен период (2008 -2017 г.) е изследвана и установена връзката между краткосрочното излагане на замърсители на въздуха (ПЧ_{2.5}, CO, O₃ и SO₂) и риска от гинекологичен рак сред 35 989 жени в Пекин. (Yu et al., 2021) За подобни резултати докладват научни изследователи, анализирали данни от 5144 пациентки с рак на маточната шийка, диагностицирани в периода 2014-2020г. Оценено е въздействието на нивата на експозиция на сулфати (SO₄²⁻), амоний (NH₄⁺) и нитрати (NO₃⁻) в атмосферата върху общата преживяемост на пациентките. Установени са доказателства за потенциална връзка между високите нива на експлозия с тези замърсители и по-кратката преживяемост. (Liu et al., 2024)

Друго изследване установява положителна корелация между химическата експлозия с органофосфатните естери, които се считат за ендокринни разрушители и акумулиращия риск от рак на маточната шийка. (Liu et al., 2021)

Тежките метали са една от най-обстойно изучаваните групи замърсители на околната среда и крият значителни рискове за човешкото здраве, особено при повишена експозиция, поради промишлени и антропогенни дейности през последния век. Арсеният, кадмият, хромът и никелът са класифицирани като канцерогени от група 1 от Международната агенция за изследване на рака. Канцерогенните им механизми индуцират оксидативен стрес и увреждат структурата на ДНК клетките, и променят генната им експресия. Освен това, тежките метали се считат за ендокринни разрушители и имитатори на ендогенни естрогени, (Baap et al., 2019) Проучванията доказват, взаимодействията на арсена с рака на маточната шийка. Чрез клинични изследвания на кръвта сред индийски жени с рак на маточната шийка, е установена пряка зависимост от концентрацията на арсен с обратно пропорционалните стойности на еритроцитите и

хемоглобина. Авторите предполагат, че това се дължи на оксидативния стрес, като основен причинител е арсенът. (Kumar et al., 2015) Подобни резултати докладват Mostafa et al.,(2017) като достигат до извода, че високата концентрация на арсен в питейната вода ($>200 \mu\text{g/L}$) увеличава рака на маточната шийка при жени с установен плоскоклетъчен карцином в сравнение с контролната група жени, при които цитонамазката доказва доброкачествени лезии. (Mostafa et al., 2017)

5. ДИСКУСИЯ

Обзорният преглед на научната литература и резултатите на изследователите доказват, че глобалните изменения на климата и замърсителите на околната среда оказват влияние не само на екосистемите, но променят и биосферата в различните географски райони на света. Екстремно високите температури, слънчевата радиация, дългосрочните експлозии и експозиции с канцерогени, химикали и тежки метали, влошават качеството на въздуха, водите, почвите и хранителната сигурност, и оказват неблагоприятни последици и пряко въздействие върху появата и развитието на заболяването - рак на маточната шийка.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ракът на маточната шийка остава значителен проблем за общественото здраве в световен мащаб.

Въпреки, че са установени редица рискови фактори, свързани със заболяването: географски, икономически, социално-демографски, поведенчески, етнически, културни, начин живот и основният етиологичен агент - инфекцията с HPV, се отчита необходимост от продължаващи доказателства за идентифициране потенциална връзка между климатичните промени и въздействието на околната среда с рака на маточната шийка.

Задълбочаващата се климатична криза на планетата в съвременните условия на живот изисква не само засилени мерки на превантивните и скрининговите програми, но и ефективни, конструктивни политики за смекчаване на промените на климата и ограничаване на неблагоприятните ефекти на околната среда, за да се гарантира здравето и благосъстоянието на жените, свързани с рисковите последици от появата и развитието на рака на маточната шийка.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статията е реализирана с подкрепата на Българското Министерство на образованието и науката по втори етап от Национална програма „Млади учени и постдокторанти-2“

ЛИТЕРАТУРА

- Abu El Kheir-Mataria, W., & Chun, S. (2025). Climate change and women's cancer in the MENA region: assessing temperature-related health impacts. *Frontiers in public health*, 13, 1529706. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1529706>
- Baan, R., Stewart, W., & Straif, K. (2019). Tumour Site Concordance and Mechanisms of Carcinogenesis, *IARC Scientific Publications, International Agency for Research on Cancer: Lyon, France*, ISBN 978-92-832-2217-0.
- Boffetta, P., Dosemeci, M., Gridley, G., Bath, H., Moradi, T., & Silverman, D. (2001). Occupational exposure to diesel engine emissions and risk of cancer in Swedish men and women. *Cancer causes & control : CCC*, 12(4), 365–374. <https://doi.org/10.1023/a:1011262105972>
- Chandra, R., & Kumari, S. (2024). Environment and gynaecologic cancers. *Oncology reviews*, 18, 1430532. <https://doi.org/10.3389/or.2024.1430532>
- Giudice, L. C., Llamas-Clark, E. F., DeNicola, N., Pandipati, S., Zlatnik, M. G., Decena, D. C. D., Woodruff, T. J., Conry, J. A., & FIGO Committee on Climate Change and Toxic Environmental Exposures (2021). Climate change, women's health, and the role of obstetricians and gynecologists in leadership. *Int J of gynaecology and obstetrics*, 155(3), 345–356. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13958>
- Hiatt, R. A., & Beyeler, N. (2023). Women's cancers and climate change. *International journal of gynaecology and obstetrics: the official organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics*, 160(2), 374–377. <https://doi.org/10.1002/ijgo.14407>
- Hrushesky, W. J., Sothorn, R. B., Rietveld, W. J., Du Quiton, J., & Boon, M. E. (2005). Season, sun, sex, and cervical cancer. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 14(8), 1940–1947. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-04-0940>
- Huang, M., Xiao, J., Nasca, P. C., Liu, C., Lu, Y., Lawrence, W. R., Wang, L., Chen, Q., & Lin, S. (2019). Do multiple environmental factors impact four cancers in women in the contiguous United States?. *Environmental research*, 179(Pt A), 108782. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108782>

- Kumar, R., Trivedi, V., Murti, K., Dey, A., Singh, J. K., Nath, A., & Das, P. (2015). Arsenic Exposure and Haematological Derangement in Cervical Cancer Cases in India. *Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP*, 16(15), 6397–6400. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2015.16.15.6397>
- Leal Filho, W., Ternova, L., Parasnis, S. A., Kovaleva, M., & Nagy, G. J. (2022). Climate Change and Zoonoses: A Review of Concepts, Definitions, and Bibliometrics. *International journal of environmental research and public health*, 19(2), 893. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020893>
- Li, X., Ding, L., Song, L., Gao, W., Wang, L., & Wang, J. (2020). Effects of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons combined with high-risk human papillomavirus infection on cervical intraepithelial neoplasia: A population study in Shanxi Province, China. *International journal of cancer*, 146(9), 2406–2412. <https://doi.org/10.1002/ijc.32562>
- Li, Z., Liu, P., Yin, A., Zhang, B., Xu, J., Chen, Z., Zhang, Z., Zhang, Y., Wang, S., Tang, L., Kong, B., & Song, K. (2025). Global landscape of cervical cancer incidence and mortality in 2022 and predictions to 2030: The urgent need to address inequalities in cervical cancer. *International journal of cancer*, 157(2), 288–297. <https://doi.org/10.1002/ijc.35369>
- Liu, C., Liu, G., Yu, L., Hu, L., & Wang, D. (2024). The association between ambient PM_{2.5}'s constituents exposure and cervical cancer survival. *Environmental research*, 263(Pt 2), 119928. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119928>
- Liu, Y., Li, Y., Dong, S., Han, L., Guo, R., Fu, Y., Zhang, S., & Chen, J. (2021). The risk and impact of organophosphate esters on the development of female-specific cancers: Comparative analysis of patients with benign and malignant tumors. *Journal of hazardous materials*, 404(Pt B), 124020. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124020>
- Mostafa, M. G., Queen, Z. J., & Cherry, N. (2017). Histopathology of Cervical Cancer and Arsenic Concentration in Well Water: An Ecological Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1185. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101185>
- Nogueira, L. M., Crane, T. E., Ortiz, A. P., D'Angelo, H., & Neta, G. (2023). Climate Change and Cancer. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention : a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 32(7), 869–875. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-22-1234>
- Raaschou-Nielsen, O., Andersen, Z. J., Hvidberg, M., Jensen, S. S., Ketzel, M., Sørensen, M., Hansen, J., Loft, S., Overvad, K., & Tjønneland, A. (2011). Air pollution from traffic and cancer incidence: a Danish cohort study. *Environmental health : a global access science source*, 10, 67. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-67>
- Scheurer, M. E., Danysh, H. E., Follen, M., & Lupo, P. J. (2014). Association of traffic-related hazardous air pollutants and cervical dysplasia in an urban multiethnic population: a cross-sectional study. *Environmental health : a global access science source*, 13(1), 52. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-13-52>
- Yu, Q., Zhang, L., Hou, K., Li, J., Liu, S., Huang, K., & Cheng, Y. (2021). Relationship between Air Pollutant Exposure and Gynecologic Cancer Risk. *International journal of environmental research and public health*, 18(10), 5353. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105353>