



DOI: 10.5281/zenodo.11106914

UDC: [614.7+504.61+614](478)

ПЕРСПЕКТИВЫ БИОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗДОРОВЬЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРИОРИТЕТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

PERSPECTIVES OF BIOMONITORING FOR HEALTH ASSESSMENT OF THE IMPACT OF PRIORITY CHEMICAL SUBSTANCES IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Юрие Пынзару, д. м. н., Владимир Берник, к. м. н., Владимир Бебых, к. м. н.

Научная лаборатория Химические опасности и токсикология, Отделение Гигиены труда, токсикологии и химической безопасности, Дирекция охраны здоровья, Национальное Агентство Общественного Здоровья, г. Кишинев, Республика Молдова

Резюме

Цель. Интенсификация химического загрязнения окружающей среды в результате деятельности объектов промышленности, энергетики, сельскохозяйственного производства, транспорта ведет к возникновению рисков для здоровья людей. В статье рассмотрены перспективы использования биологического мониторинга человека в системе рационального регулирования химических веществ и отходов на основе современных научных подходов и мировой практики. Представлены обоснования необходимости выполнения научных исследований с целью разработки концепции внедрения биологического мониторинга человека для оценки риска воздействия приоритетных химических веществ, что позволит сформировать национальные политики по минимизации рисков для здоровья и окружающей среды, обусловленных химическими загрязнениями.

Методы. Проведен анализ научных данных в области использования биологического мониторинга человека для оценки риска воздействия химических загрязнителей. Для проведения исследования использовали базы данных Hinari (ВОЗ), Medscape, Medline и Cochrane-Library по ключевым словам: биологический мониторинг человека; химические загрязнители; среда обитания; состояние здоровья.

Результаты. На основании анализа данных о современных подходах в области применения биологического мониторинга, в статье представлены обоснования необходимости выполнения научно-практических исследований по данной проблеме, озвучены задачи и ожидаемые результаты.

Выводы. Ожидаемые результаты научно-практических исследований впервые в Республике Молдова позволят идентифицировать и приоритизировать химические вещества с наибольшей степенью влияния на здоровье населения и окружающую среду, что поможет определять эффективные политики устойчивого управления химическими веществами.

Ключевые слова: биологический мониторинг человека, химические загрязнители, состояние здоровья

Summary

Purpose. Intensification of chemical pollution of the environment as a result of the activities of industrial, energy, agricultural, and transport facilities leads to risks to human health. This article examines the prospects of using human biological monitoring in the system of rational regulation of chemicals and waste based on modern scientific approaches and global practices. Justifications are provided for the necessity of conducting scientific research aimed at developing a concept for the implementation of human biological monitoring to assess the risk of exposure to priority chemical substances. This will enable the formulation of national policies aimed at minimizing risks to health and the environment arising from chemical pollution.

Methods. An analysis of scientific data was conducted regarding the use of human biological monitoring to assess the risk of exposure to chemical pollutants. For the study, databases such as Hinari (WHO), Medscape, Medline, and Cochrane-Library were utilized, using keywords such as: human biological monitoring; chemical pollutants; habitat; health status.

Results. Based on the analysis of data on modern approaches in the field of applying biological monitoring, the article provides justifications for the necessity of conducting scientific-practical research on this issue. Tasks and expected results are outlined.

Conclusions. The expected results of scientific and practical research, for the first time in the Republic of Moldova, will allow for the identification and prioritization of chemical substances with the greatest impact on the health of the population and the environment. This will aid in determining effective policies for sustainable management of chemical substances.

Keywords: human biological monitoring, chemical pollutants, health status

Введение

В условиях растущего спроса на сельскохозяйственную продукцию вырос мировой объем производства

химических удобрений и средств борьбы с сельскохозяйственными вредителями и болезнями растений. Высокий спрос на бытовые химические товары и ус-

луги, на фармацевтическую продукцию стимулирует их производство и применение. По данным Совета по защите природных ресурсов (*Natural Resource Defenders Council*) в мире синтезировано около 12 000 химических соединений [1]. Совокупные мировые продажи химических веществ увеличиваются примерно на 4,1% в год и, по прогнозам, к 2025 году достигнут 309 млрд. US\$ [2]. Прогнозируется, что за период 2010-2050 годы, ежегодный объем продаж продукции химической отрасли возрастет в шесть раз [3].

Интенсивная химизация промышленного и сельскохозяйственного производства, а также и повседневной жизни, разработка и использование новых химических веществ, привело к такой ситуации, когда химические загрязнители стали постоянным фактором риска в глобальном масштабе. Бремя болезней от отдельных химических веществ Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) оценила в 1,6 млн. жизней в 2016 году [4]. Считается, что около 25% глобального бремени болезней среди людей связано с факторами окружающей среды, включая воздействие химических веществ [3]. Однако в докладе секретариата ВОЗ было отмечено, что имеющаяся информация о бремени болезней касается воздействия лишь очень немногих химических веществ, в то время как в своей повседневной жизни люди подвергаются воздействию многих других химических веществ [3].

Материал и методы

Приведены данные об использовании химических веществ в целях достижения социальных и экономических целей мирового сообщества и Республики Молдова, данные Национального агентства общественного здоровья за 2018-2021 годы о результатах мониторинга качества почвы. Изучены вопросы применения биологического мониторинга для оценки риска воздействия химических загрязнителей на окружающую среду и здоровье населения. Для проведения исследования использовали базы данных Hinari (ВОЗ), Medscape, Medline и Cochrane-Library по ключевым словам: биомониторинг человека; химические загрязнители; среда обитания; состояние здоровья.

Результаты и их обсуждение

Производство новой продукции, решение проблем в промышленном и сельскохозяйственном производстве невозможно без разработки и использования химических препаратов. Химическая промышленность Молдовы занимается производством пластмасс, синтетических волокон, искусственных кож, лаков, красок, резинотехнических изделий. В 2022 году стоимость этой произведенной продукции составила 7,1% от общей стоимости произведенной промышленной продукции в текущих ценах [5]. В первом полугодии 2023 года промышленное производство в Молдове сократилось на 7,6% по сравнению с соответствующим периодом 2022 года, в том числе в июне – на 10,5% [6]. Наибольший спад был зафиксирован в производстве химической продукции – на 37%.

Преобладающая специализация аграрного сектора в Республике Молдова и развитие данной отрасли обуславливает интенсивное использование средств борьбы с сельскохозяйственными вредителями и болезнями растений и средств, повышающих плодородие почвы. Одними из приоритетных химических препаратов с точки зрения удельного веса их применения в сельском хозяйстве и масштабы возможных отрицательных последствий признают химические средства защиты растений, действию которых могут подвергаться большие группы населения и большинство обитателей животного мира [7, 8]. Согласно данным Национального агентства по безопасности пищевых продуктов, в 2018-2021 годах было использовано 971 коммерческое наименование средств фитосанитарного назначения.

Рациональное регулирование химических веществ и отходов является важным направлением государственной политики Республики Молдова. В настоящее время управление отходами, в том числе и опасными, оказывает негативное влияние на окружающую среду и здоровье населения, констатируется ненадлежащее управление применения нефтепродуктов, химических веществ, что привело к загрязнению почв [9]. Почва вследствие техногенной деятельности человека наиболее подвержена загрязнению по сравнению с другими природными компонентами. Загрязненная почва может стать источником вторичного загрязнения подземных и поверхностных вод, сельскохозяйственных растений и атмосферного воздуха, что небезопасно для здоровья населения. В этом контексте качество почвы является основным показателем при оценке уровня загрязнения окружающей среды.

Мониторинг качества почвы, проведенный Национальным агентством общественного здоровья в местах, где существует риск ее загрязнения, показал, что качество почвы подвергается влиянию химического и биологического загрязнения. Доля проб почвы с превышениями гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям в 2021 году составила 1,3% (2020 год – 15,0%, 2019 год – 0,0%, 2018 год – 2,9%) [10]. При этом, по микробиологическим показателям, доля неблагоприятных проб почвы составила соответственно 39,0%, 18,0%, 35,5%, 30,2% и 18,8%. Загрязнение почвы определяет возможность значительного комплексного и сочетанного воздействия почвенных загрязнителей на здоровье населения, проявляющегося ростом заболеваемости инфекционными заболеваниями, высокой распространенностью хронических патологических состояний, преждевременной смертностью.

Регулирование приоритетных химических веществ, их риски по отношению к окружающей среде и безопасности человека, а также их контроль, являются первоочередной проблемой, в особенности в области здравоохранения. Приоритетные химические вещества могут провоцировать острые отравления, обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, влияют на эндокринные и репродуктивные изменения в организме. Уровень благосостояния и социальной защиты насе-

ния Молдовы зависит от решения ряда целевых задач, направленных как на повышение уровня экономического развития страны, так и на обеспечение гражданам социальной защиты, безопасного места работы и проживания, на внедрение безопасных для здоровья населения инновационных технологий и «зеленой» экономики. Рациональное регулирование химических веществ и отходов позволит достичь хорошего здоровья и благополучия населения за счет сокращения числа смертей и болезней, вызванных воздействием приоритетных химических веществ, загрязнением почвы, воздуха, воды и использованием небезопасной продукции.

В Республике Молдова приоритеты в области сокращения и устранения влияния химических веществ на окружающую среду и здоровье населения определены Национальной программой по устойчивому управлению химическими веществами в Республике Молдова на период 2023-2030 годы (в дальнейшем – Программа) [11]. Программа устанавливает цели, задачи и меры, направленные на создание эффективной комплексной системы управления химическими веществами с точки зрения технического, экономического, социального и экологического аспектов (п.1. Программы). Отмечено, что «Необходимость разработки настоящей Программы вызвана очевидными сложностями в области обеспечения адекватного управления химическими веществами, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения, а также необходимостью внедрения международных документов политик и договоров, стороной которых является Республика Молдова» (п.4 Программы). Было также отмечено, что «Научные исследования и биологический мониторинг результатов разрушающего воздействия на репродуктивную систему в стране не были проведены» (п.11 Программы).

С целью принятия эффективных мер по защите здоровья граждан в практику оценки опасности воздействия химических веществ широко внедряются методы биологического мониторинга (биомониторинга) – экологического мониторинга, основанного на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды. Термин «биологический мониторинг» был впервые определен на семинаре, организованном Европейским экономическим сообществом в Люксембурге в 1980 году, совместно с Национальным институтом охраны труда США (NIOSH) и Управлением по охране труда при Министерстве труда США (OSHA), как «...измерение и оценка агентов или их метаболитов в тканях, секрете, экскрементах, выдыхаемом воздухе или любой их комбинации для оценки воздействия и риска для здоровья по сравнению с соответствующим эталоном» [12]. Биомониторинг – это научный метод оценки воздействия на человека природных и синтетических химических веществ, основанный на отборе проб и анализе тканей и жидкостей человека, обычно мочи и/или крови [13]. Биомониторинг является одним из трех важных инструментов профилактики заболеваний, вызываемых токсическими агентами в окружающей или производ-

ственной среде, а двумя другими являются мониторинг окружающей среды и санитарный надзор. Биомониторинг позволяет устранить большие неопределенности в оценке воздействия химических факторов на организм, которые неизбежно возникают при использовании косвенных методов исследований – путём определения превышения среднесменных (среднесуточных) и разовых максимальных предельно допустимых концентраций (ПДК) в контролируемых объектах с учётом времени контакта персонала и населения с приоритетными загрязнителями (на рабочих местах, в зоне проживания), и неспособных учитывать индивидуальные особенности организма. Это приводит к серьёзным ошибкам в оценке рисков для здоровья и определении объёмов неотложных мер по их снижению и профилактике. Результаты биомониторинга характеризуются большей объективностью по сравнению с оценкой риска здоровью, основанной на периодических измерениях ПДК вредных веществ на отдельных рабочих местах и в объектах окружающей среды. Биомониторинг является одним из наиболее точных подходов к измерению истинной нагрузки на организм в результате воздействия веществ и может использоваться наряду с мониторингом окружающей среды и регулярным (периодическим) наблюдением за состоянием здоровья работников. Биомониторинг идентифицирует определенные вещества в организме (биомаркеры) во время измерения. Биомаркером может быть само вещество или его метаболит. На рабочем месте информация, собранная в ходе биомониторинга, помогает специалистам по охране труда и технике безопасности, врачам по промышленной гигиене, эпидемиологам, токсикологам и т. д. определить, являются ли текущие меры защиты адекватными для ограничения воздействия химических веществ.

Хотя широкомасштабное внедрение биомониторинга становится все более распространенной практикой в странах Европейского Союза, Республика Молдова сталкивается со значительными препятствиями в управлении химическими рисками и корректировке политик в области здравоохранения и окружающей среды из-за недооценки этого инструмента. Разработка концепции внедрения биомониторинга человека для оценки риска воздействия приоритетных химических веществ позволит сформировать национальные политики по минимизации рисков для здоровья и окружающей среды, обусловленных химическими загрязнениями.

Для выполнения этой цели необходимо:

- а) провести оценку международного опыта реализации национальных систем биомониторинга;
- б) выбрать и аргументировать использование репрезентативных химических веществ, биологического материала, информативных биомаркеров, которые должны быть определены и оценены в ходе биомониторинга;
- в) выбрать стандартизованные методики отбора проб, гармонизированные методы анализа биологических материалов и представления результатов, определить допустимые уровни воздействия химических загрязнителей;

г) провести оценку возможностей медицинских учреждений в отношении внедрения биомониторинга для оценки здоровья при воздействии приоритетных химических веществ и его экономической эффективности для Республики Молдова;

д) необходима экспериментальная проверка метода биомониторинга, а также интерпретации и передачи его результатов;

е) определить подходы к гармонизации европейской и национальной систем биомониторинга человека;

ё) разработать Концепцию внедрения биомониторинга воздействия приоритетных химических веществ на окружающую среду и организм человека в Республике Молдова.

Научная лаборатория Химические опасности и токсикология Национального Агентства Общественного Здоровья в 2024 году приступила к выполнению научных исследований на тему «Modelarea biomonitoringului uman ca instrument prioritar în gestionarea riscurilor chimice» (Codul subprogramului 130101). Целью проекта является разработка концепции внедрения метода биомониторинга человека в Республике Молдова для оценки риска воздействия приоритетных химических веществ и повышения эффективности национальных политик по минимизации рисков для здоровья и окружающей среды, обусловленных химическим загрязнением.

В ходе исследования будут получены новые данные об уровне химического загрязнения окружающей среды в республике, представляющего потенциальную опасность для здоровья населения. Лучшие международные практики по внедрению метода биомониторинга человека в управлении химическими рисками будут отобраны и адаптированы к национальной специфике. На основе научных данных будут выбраны приоритетные для Республики Молдова химические вещества, оказывающие вредное воздействие на здоровье населения, они будут ранжированы по степени их агрессивности. Будут

определены уязвимые группы населения с более высоким по сравнению с другими группами или остальным обществом риском подвергнуться воздействию приоритетных химических веществ. На основе разработанной модели биомониторинга будет определен реальный уровень воздействия на уязвимые группы населения некоторых специфических для республики химических веществ и будет проведена количественная оценка рисков для здоровья. Будет разработана концепция внедрения биомониторинга для оценки воздействия на человека приоритетных химических веществ в Республике Молдова и обоснована экономическая эффективность её внедрения. Планируется получить новые данные об эффективности существующих или предлагаемых политик управления химическими рисками, используя алгоритм биологического мониторинга.

Заключение

Запланированное исследование представляет собой важный шаг для обеспечения здоровой окружающей среды и повышения качества жизни граждан Республики Молдова. Инновационные масштабы исследования определяются концептуализацией нового направления в оценке и управлении химическими рисками на основе биомониторинга человека. Результаты исследования впервые в Республике Молдова позволят идентифицировать и приоритизировать химические вещества с наибольшей степенью влияния на здоровье населения и окружающую среду, что поможет определять эффективные политики устойчивого управления химическими веществами. Необходимо отметить, что настоящее исследование соответствует приоритетам, как на глобальном, так и на региональном уровне, установленным Всемирной ассамблеей здравоохранения и Европейским процессом «Окружающая среда и здоровье», которые определяют приоритетность и поддерживают внедрение биомониторинга в области управления химическими рисками.

Библиография

1. Natural Resources Defense Council. Human Health. Toxics. <https://www.nrdc.org/issues/toxics>. Accessed February 13, 2024.
2. Организация Объединённых Наций. Программа по окружающей среде. Резюме для директивных органов. Воздействие пестицидов и удобрений на окружающую среду и здоровье, и способы минимизации этого воздействия. Перспективы безопасного использования химических веществ в мире. 5. 1972-2022:28 [Organizatiia Ob'edinonnykh Natsii. Programma okruzhaiushchei sredy. Reziime dlia rukovodiashchikh organov. Vozdeistviie pestitsidov i udobrenii na okruzhaiushchuiu srediu i zdorov'e, a takzhe sposoby minimizatsii etogo vozdeistviia. Perspektivy bezopasnogo ispol'zovaniia khimicheskikh veshchestv v mire. 5. 1972-2022:28. (In Russ.)]. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34463/JSUNEPPF_Ru.pdf. Accessed February 13, 2024.
3. Всемирная организация здравоохранения. Роль сектора здравоохранения в обеспечении безопасного обращения с химическими веществами. Доклад Секретариата. Документ EB138/18. 04.03.2016 [Vsemirnaia organizatiia zdravookhraneniia. Rol' sektora zdravookhraneniia v obespechenii bezopasnogo obrashcheniia s khimicheskimi veshchestvami. Doklad Sekretariata. Dokument EB138/18. 04.03.2016 (In Russ.)] https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA69/A69_19-ru.pdf. Accessed February 13, 2024.
4. United Nations Environment Programme. Report: Global Chemicals Outlook II - From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2019. <https://www.unep.org/resources/report/global-chemicals-outlook-ii-legacies-innovative-solutions>. Accessed February 13, 2024.
5. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova. Activitatea industriei în anul 2022. https://statistica.gov.md/ro/activitatea-industriei-in-anul-2022-9503_60500.html. Accessed February 13, 2024. (Romanian)
6. Biroul Național de Statistică al Republicii Moldova. Activitatea industriei în ianuarie-iulie 2023. <https://statistica.gov.md/ro/activitatea-industriei-in>

- ianuarie-iulie-2023-9503_60715.html. Accessed February 13, 2024. (Romanian)
7. Hayes TB, Case P, Chui S, et al. Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact?. *Environ Health Perspect.* 2006;114 Suppl 1(Suppl 1):40-50. doi:10.1289/ehp.8051
 8. Woodruff TJ, Zota AR, Schwartz JM. Environmental chemicals in pregnant women in the United States: NHANES 2003-2004. *Environ Health Perspect.* 2011;119(6):878-885. doi:10.1289/ehp.1002727
 9. Hotărârea Guvernului RM NR. 248 din 10.04.2013 cu privire la aprobarea Strategiei de gestionare a deșeurilor în Republica Moldova pentru anii 2013-2027. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=114412&lang=ro. Accessed February 13, 2024. (Romanian)
 10. Agenția Națională pentru Sănătate Publică. Supravegherea de stat a sănătății în Republica Moldova: (Raport Național de Sănătate Publică). <https://ansp.md/wp-content/uploads/2022/08/RAPORT-ANUAL-ANSP-2021.pdf>. Accessed February 13, 2024. (Romanian)
 11. Hotărârea Guvernului RM NR. 816 din 27.10.2023 cu privire la aprobarea Programului de management durabil al substanțelor chimice pentru anii 2023-2030. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=140301&lang=ro. Accessed February 13, 2024. (Romanian)
 12. International Labour Organization. Encyclopedia of Occupational Health Safety. Part IV. Tools and approaches. 27. Biological Monitoring. <https://www.iloencyclopaedia.org/part-iv-66769/biological-monitoring-65407> Accessed February 13, 2024.
 13. American Chemistry Council. Chemistry Creates America Competes. Biomonitoring. <https://www.americanchemistry.com/industry-groups/diisocyanates-dii/scientific-concepts/biomonitoring>. Accessed February 13, 2024.

Получено – 20.02.2024, принято к публикации – 28.04.2024

Автор, ответственный за переписку: Владимир Бебых, e-mail: vladbebih1952@gmail.com

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Отчет о финансировании: Статья написана по инициативе авторов за счет финансирования Субпроекта „Modelarea biomonitoringului uman ca instrument prioritar în gestionarea riscurilor chimice”, Codul subprogramului: cifrul 130101.

Цитирование: Пынзару Ю, Берник В, Бебых В. Перспективы биомониторинга для оценки здоровья при воздействии приоритетных химических веществ в Республике Молдова [Perspectives of biomonitoring for health assessment of the impact of priority chemical substances in the Republic of Moldova]. *Arta Medica.* 2024;90(1):39-43.