



Совершенствование методов оценки экспозиции глубокоподземных физических факторов (обзор литературы)

А.М. Егорова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, Мытищи Московской обл., 141014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Добыча полезных ископаемых ведется на все большей глубине. Однако мало данных о влиянии физических факторов в зависимости от глубины шахт. Heping Xie предложила новый термин – подземная медицина, которая изучает влияние на человека глубокоподземных факторов.

Цель исследования. Изучить по данным отечественных и зарубежных литературных источников глубокоподземные физические факторы и методы оценки экспозиции в зависимости от глубины шахты.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы с использованием соответствующих ключевых слов в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ и другим. Были включены проспективные исследования условий труда и состояния здоровья работающих в глубоких шахтах за период 2000–2024 гг. Из 200 первоначально выявленных статей были отобраны 27 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям. Не учитывались статьи, изучающие работу на поверхности шахт, а также обзорные статьи.

Результаты. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований у работающих в добыче полезных ископаемых выявлен высокий риск возникновения теплового стресса у работающих, возрастающий с увеличением глубины шахты. Обсуждается необходимость изучения глубокоподземных факторов, которые могут повлиять на здоровье людей, работающих в глубоких шахтах: температура воздуха, тепловое излучение от горных пород, радиация, давление воздуха. Показаны методы оценки экспозиции физических факторов и необходимость их совершенствования.

Выводы. Отмечается необходимость совершенствования методов оценки экспозиции глубокоподземных физических факторов, так как при работе в шахтах с увеличением глубины увеличивается температура воздуха и горных пород, влажность воздуха, атмосферное давление, уменьшается мощность дозы γ -излучения. В целях предупреждения заболеваний, обусловленных воздействием глубокоподземных факторов, необходим дифференцированный подход к медико-профилактическим мероприятиям в зависимости от глубины подземных шахт.

Ключевые слова: подземная медицина, нагревающий микроклимат, физические факторы, глубокоподземные факторы, обзор.

Для цитирования: Егорова А.М. Совершенствование методов оценки экспозиции глубокоподземных физических факторов (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 10. С. 61–65. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-10-61-65

Improvement of Methods for Assessing the Exposure to Deep Underground Physical Factors: A Literature Review

Anna M. Egorova

F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene, 2 Semashko Street,
Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: Mining is carried out at ever greater depths. However, there is little data on the influence of depth-related physical factors. Heping Xie has proposed the notion of “deep underground medicine”, which studies human health effects of deep underground factors.

Objective: To examine deep underground physical factors and methods for assessing exposure by depth of the mine based on domestic and foreign sources.

Materials and methods: A literature search was conducted using relevant keywords in the PubMed search engines, in the Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RCSI, and other databases. Prospective studies of working conditions and health status of workers in deep underground mines for 2000–2024 were included. Of 200 search results, 27 full-text articles were eligible for inclusion in the review. The articles discussing works on the surface of mines were discarded, as well as review articles.

Results: A high risk of heat stress in miners that increases with the depth of the mine was revealed in the course of generalization and systematization of published data. The necessity of studying deep underground factors that can affect human health, including air temperature, heat generated within rocks, radiation, and air pressure is discussed. Methods for assessing exposure to physical factors and the need to improve them are demonstrated.

Conclusions: The necessity of improving methods for assessing exposures to deep underground physical factors is noted as the air and rock temperature, air humidity, and atmospheric pressure increase while the γ -radiation dose rate decreases with the depth. In order to prevent diseases caused by exposure to deep underground factors, a differentiated approach to depth-related preventive health measures is essential.

Keywords: deep underground medicine, heating microclimate, physical factors, deep underground factors, review.

Cite as: Egorova AM. Improvement of methods for assessing the exposure to deep underground physical factors: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(10):61–65. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-10-61-65

Введение. Добыча полезных ископаемых ведется на все большей глубине. Однако мало известно о дифференцированном влиянии физических факторов в зависимости от глубины шахт. Heping Xie [1] сформулировала концепцию подземной медицины, изучающую влияние на человека глубокоподземных факторов. Целью концепции подземной медицины является изучение здоровья человека при работе на различных подземных глубинах [2]. В мире созданы подземные лаборатории, которые изучают подземную среду на разной глубине в зависимости от параметров температуры, радиации, давления воздуха, а также влияние этих факторов на здоровье человека, в том числе психологических изменений, гомеостаза и биоритмов организма на больших глубинах; изучение связи между психологическим здоровьем человека и глубиной, факторами среды и временем работы в подземном пространстве, изучение физиологических особенностей организма в зависимости от подземной среды.

Мало изучены глубокоподземные факторы (радиация, давление воздуха), которые могут повлиять на здоровье людей, работающих в глубоких шахтах [3]. Некоторые исследования [4] показали, что клетки прокариот и эукариот, находящиеся в условиях низких уровней фонового излучения, проявляют реакцию на стресс, которая проявляется в изменениях роста клеток, активности ферментов и чувствительности к факторам, вызывающим генетические повреждения; однако лежащие в основе механизмы не ясны.

Актуальной задачей в современных условиях является изучение условий труда в глубоких шахтах, так как при работе в шахтах с увеличением глубины шахты происходит увеличение температуры воздуха и горных пород, влажности воздуха, атмосферного давления, снижение дозы γ -излучения.

Необходимо совершенствование методов оценки экспозиции физических факторов в глубоких шахтах, разработка и научно-гигиеническое обоснование комплекса медико-профилактических мероприятий в зависимости от глубины подземных шахт.

Цель исследования. Изучить по данным отечественных и зарубежных литературных источников глубокоподземные физические факторы и методы оценки экспозиции физических факторов у подземных рабочих в зависимости от глубины шахты.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы с использованием соответствующих ключевых слов, в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ за период 2000–2024 гг. Поиск осуществлялся по ключевым словам: подземная медицина, нагревающий микроклимат, физические факторы, глубокоподземные факторы. В основу исследования легли работы отечественных и зарубежных авторов. Применен метод аналитического обзора публикаций. Были включены проспективные исследования условий труда и состояния здоровья работающих в глубоких шахтах. Из 200 первоначально выявленных статей были отобраны 27 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям. Не

учитывались статьи, изучающие работу на поверхности шахт, а также обзорные статьи.

Результаты. Мало изучены факторы окружающей среды, влияющие на здоровье людей, которые работают в глубоких шахтах. При гигиеническом анализе параметров микроклимата на подземных рабочих местах показана целесообразность учета величины геотермической ступени и глубины разработки шахты [5]. В работе [6] были изучены параметры окружающей среды: давление воздуха, относительная влажность, температура, суммарная мощность дозы гамма-излучения и концентрация CO₂. Давление воздуха, относительная влажность, концентрация CO₂ и температура повышались с увеличением глубины шахты, в то время как суммарная мощность дозы гамма-излучения снижалась. Основными источниками тепла в металлургических шахтах являются автокомпрессия воздуха, теплота породы (геотермальный градиент), тепло от техники, притока воды, взрывных работ, трения обрушающейся породы, трубопроводов и др. [7].

Концентрация кислорода в глубоких шахтах не изменяется благодаря вентилированию воздуха [8].

Низкий фоновый уровень радиации может вызывать реакцию на стресс и повлиять на органеллы клеток, вызвать окислительный стресс, изменить защитные способности и метаболизм клеток. Исследования показывают, что работа на большой глубине оказывает вредное воздействие на здоровье человека. Сотрудники, работающие в глубоких шахтах, испытывают дискомфорт, вызванный высокой температурой и влажностью, эти показатели увеличиваются с глубиной. У работников выявлены усталость и нарушения сна. Негативное воздействие подземных факторов (DUGE) на здоровье человека авторы связывают с изменениями в метаболизме определенных аминокислот, возникновении окислительного стресса [9].

С увеличением глубины шахты отмечается снижение дозы γ -излучения более чем в 2 раза и увеличение концентрации радона в глубоких шахтах [10].

В настоящее время угольные шахты достигли глубины 1500 м, рудные шахты 2500 м, золотые рудники до 4350 м, а глубина разработки нефти и газа составляет около 7500 м. При изучении психического состояния работающих под землей установлено, что факторы нагревающего микроклимата (повышенная температура и влажность) были наиболее часто воспринимаемыми неблагоприятными факторами в глубоких подземных пространствах [11]. Курение усиливало негативное воздействие производственных факторов. Более половины шахтеров, работающих под землей, курят [12].

В условиях теплового стресса важное значение имеет совершенствование методов оценки экспозиции нагревающего микроклимата. В исследовании [13] изучалось влияние многократного кратковременного периодического воздействия тепла на шахтеров. Было показано, что у шахтеров температура тела часто меняется и превышает предельный уровень в 38 °C несколько раз за смену. Авторы исследования отметили, что температура тела превышала 38 °C

5 раз за смену в среднем на 26 минут. Методология в данном исследовании включала: анкетирование, проводимое для оценки симптомов теплового напряжения, взятие образцов мочи до и после смены для оценки состояния обезвоживания, путем измерения удельного веса мочи с помощью рефрактометра, измерения температуры тела с помощью датчиков, используемых при приеме внутрь. Испытуемым вводили проглатываемые датчики примерно за 1 час до спуска под землю. Измерения частоты сердечных сокращений анализировали с помощью программируемых нагрудных устройств, относительную влажность определяли с помощью портативных датчиков, которые крепились к каске испытуемых. Все физиологические показатели измерялись с интервалом в 20 секунд, а условия окружающей среды – с интервалом от 20 до 30 секунд в течение всей смены испытуемого. Обнаружение одного симптома, свидетельствующего о тепловом напряжении, было выявлено за 67 % рабочих смен, два симптома обнаружены за 33 % смен, три или более симптома – за 22 % смен. Испытуемые сообщали о наличии заболеваний, связанных с нагревающим микроклиматом, а также о различных сочетаниях проявлений теплового стресса: теплового удара, теплового истощения, судорог, обмороков. Из проб мочи до и после смены 62,5 % проб мочи до смены имели удельный вес выше 1,020, характеризующего обезвоживание организма. По мнению авторов, необходимы дальнейшие исследования, чтобы оценить, влияют ли длительные повышенные температуры тела по сравнению с прерывистыми, повторяющимися повышениями температуры на здоровье и производительность работников одинаковым образом, а также влияет ли кратковременное воздействие температур, значительно превышающих порог температуры тела 38 °C, на здоровье работников.

Различия в частоте теплового истощения в зависимости от глубины залегания шахты представлены в статье [14]. Случаи теплового истощения у шахтеров, работающих на глубине ниже 1200 м, по сравнению с шахтерами, работающими на глубине выше 1200 м, были в 3,17 раза чаще. Частота тепловых ударов увеличивалась в теплый период и на большой глубине.

У работников, занятых в глубоких шахтах, вследствие теплового истощения отмечается повышенный травматизм [15].

При работе в условиях нагревающего микроклимата важное значение имеют управленческие решения: работодатели должны информировать работников о рисках работы в таких условиях, устраивать регулярные перерывы, знакомить сотрудников с методами самоконтроля уровня обезвоживания [16].

При изучении труда операторов горнодобывающих машин, работающих в глубоких медных шахтах, было установлено, что средние значения ЧСС в подгруппе без кондиционеров были значительно выше, чем в подгруппе с кондиционерами. Были выявлены преимущества использования горнодобывающих машин с кондиционированием воздуха для снижения воздействия нагревающего микроклимата на работающих [17].

В техническом отчете Всемирной организации здравоохранения отмечается, что при длительном ежедневном воздействии тяжелой работы и / или жары температура тела не должна превышать 38 °C¹.

Американская конференция государственных специалистов по промышленной гигиене (ACGIH) сформулировала пороговое значение термического напряжения, предназначенное для предотвращения достижения температуры тела большинства рабочих составляющее 38 °C².

Международная организация по стандартизации (ISO) разработала стандарты измерения и мониторинга теплового воздействия с целью предотвращения превышения температуры тела выше 38 °C³.

В исследовании теплового стресса у проходчиков на рудных шахтах установлены физиологические признаки теплового перенапряжения, при этом у 51 % работников средняя температура тела в течение 10 минут подряд превышала 38 °C [18].

По данным [19], температура выше 26 °C, влажность от 85 до 98 %, повышенное барометрическое давление от 800 до 850 мм рт. ст., характерные для глубоких рудных шахт, ухудшают условия труда работников и снижают производительность труда. Кроме того, неблагоприятные метеорологические условия в горных выработках приводят к перегреву организма работающих, нарушению функционирования органов дыхания и снижению иммунитета. Показатели, характеризующие тепловой стресс у работников при добыче золота, были установлены в работе [20].

При работе в глубоких шахтах с увеличением глубины шахт возрастает риск возникновения профессионального заболевания, связанного с интенсивным тепловым воздействием нагревающего производственного микроклимата (тепловой удар, тепловой обморок, тепловая судорога, тепловое обезвоживание) [21, 22], изменения психофизиологических реакций у работников [23–25].

У работающих глубоко под землей шахтеров установлены специфические процессы метаболизма аминокислот, выработка возбуждающих нейромедиаторов нарушения сна и бодрствования. Разница в качестве сна у работников в зависимости от глубины шахты может быть связана с усилением метаболизма, повышением уровня возбуждающих нейромедиаторов и активацией провоспалительных

¹ World Health Organization. Technical Report Series No. 412. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1969.

² American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, OH: ACGIH; 2016.

³ International Organization for Standardization. ISO 7933, Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation for heat stress using calculation of the predicted heat strain. 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2004.

процессов. Установлены биомаркеры нарушений: L-фенилаланин, L-тирозин и L-глутамин и другие [26].

Обсуждение. В результате анализа статей, соответствующим критериям отбора было установлено, что источниками тепла в подземных шахтах являются: автокомпрессия воздуха, теплота породы (геотермальный градиент), тепло от техники, притока воды, взрывных работ, трения обрушающейся породы, трубопроводов и др. Повышенная температура воздуха и горных пород могут стать причиной теплового стресса у работающих, риск возникновения которого возрастает с увеличением глубины шахты. Случаи теплового истощения у шахтеров, работающих на глубине ниже 1200 м, по сравнению с шахтерами, работающими на глубине выше 1200 м, были в 3,17 раз чаще. Показана необходимость комплексного изучения параметров окружающей среды в шахтах, которые могут оказать неблагоприятное влияние на работающих: давление воздуха, относительная влажность, температура, суммарная мощность дозы гамма-излучения и др. Анализ статей показал, что работа на большой глубине оказывает вредное воздействие на здоровье человека. Сотрудники, работающие в глубоких шахтах, испытывают дискомфорт, вызванный высокой температурой и влажностью, эти показатели увеличиваются с глубиной. У работников выявлены усталость и нарушения сна.

Для предупреждения теплового истощения работающих рекомендован физиологический мониторинг, включающий контроль внутренней температуры тела, частоту сердечных сокращений^{4,5,6,7}, а также измерение удельного веса мочи до и после смены [13, 18].

Нагревающий микроклимат обуславливает напряжение различных функциональных систем человека и приводит к нарушению состояния здоровья, снижению работоспособности и производительности труда [27].

Заключение. При работе в шахтах с увеличением глубины увеличивается температура воздуха и горных пород, влажность воздуха, атмосферное давление, уменьшается мощность дозы γ -излучения. В отечественной и зарубежной научной литературе достаточно убедительных доказательств того, что риск возникновения теплового стресса у работающих возрастает с увеличением глубины шахты. Мало изучены глубокоподземные факторы (радиация, давление воздуха), которые могут повлиять на здоровье людей, работающих в глубоких шахтах.

В целях предупреждения заболеваний, обусловленных воздействием глубокоподземных факторов, необходимо совершенствование методов оценки экспозиции физических факторов, дифференцированный подход к медико-профилактическим

мероприятиям в зависимости от глубины подземных шахт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Zou Y, Wang L, Wen J, et al. Progress in biological and medical research in the deep underground: An update. *Front Public Health*. 2023;11:1249742. doi: 10.3389/fpubh.2023.1249742
2. Xie HP, Liu JF, Gao MZ, et al. The research advancement and conception of the deep-underground medicine. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2018;49(2):163-168. (In Chinese.)
3. Smith GB, Grof Y, Navarrette A, Guilmette RA. Exploring biological effects of low level radiation from the other side of background. *Health Phys*. 2011;100(3):263-265. doi: 10.1097/hp.0b013e318208cd44
4. Xie H, Gao F, Ju Y, Ru Z, Gao M, Deng J. Novel idea and disruptive technologies for the exploration and research of deep earth. *Advanced Engineering Sciences*. 2017;49(1):1-8. doi: 10.15961/j.jsuese.2017.01.001
5. Ластков Д.О., Партас О.В. Особенности гигиенической оценки микроклимата на подземных рабочих местах в глубоких угольных шахтах // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2022. Т. 26. № 2. С. 130-136. Lastkov DO, Partas OV. Features of hygienic assessment of microclimate in underground workplaces in deep coal mines. *Vestnik Gигiены i Epidemiologii*. 2022;26(2):130-136. (In Russ.)
6. Xie H, Liu J, Gao M, et al. Physical symptoms and mental health status in deep underground miners: A cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(9):e19294. doi: 10.1097/MD.00000000000019294
7. Roghanci P, Kocsis KC, Sunkpal M. Sensitivity analysis of the effect of airflow velocity on the thermal comfort in underground mines. *J Sustain Min*. 2016;15(4):175-180. doi: 10.1016/j.jsm.2017.03.005
8. Strzemecka J, Goździewska M, Skrodziuk J, Galińska EM, Lachowski S. Factors of work environment hazardous for health in opinions of employees working underground in the 'Bogdanka' coal mine. *Ann Agric Environ Med*. 2019;26(3):409-414. doi: 10.26444/aaem/106224
9. Yu H, Gao Y, Zhou R. Oxidative stress from exposure to the underground space environment. *Front Public Health*. 2020;8:579634. doi: 10.3389/fpubh.2020.579634
10. Elío J, Crowley Q, Scanlon R, Hodgson J, Zgaga L. Estimation of residential radon exposure and definition of Radon Priority Areas based on expected lung cancer incidence. *Environ Int*. 2018;114:69-76. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.025
11. Liu J, Liu Y, Ma T, et al. Subjective perceptions and psychological distress associated with the deep underground: A cross-sectional study in a deep gold mine in China. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(22):e15571. doi: 10.1097/md.00000000000015571
12. Liu L, Xu X, Wu H, Yang Y, Wang L. Associations of psychological capital, demographic and occupational factors with cigarette smoking among Chinese underground coal miners. *BMC Public Health*. 2015;15:20. doi: 10.1186/s12889-015-1349-6

⁴ МР 2.2.8.0017–10 Режимы труда и отдыха, работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период времени года. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 19 с.

⁵ МУК 4.3.1895–04 Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания. М.: Минздрав России, 2004. 19 с. (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 03.03.2004)

⁶ СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 60 с.

⁷ Методические указания МУК 4.3.2755–10 «Интегральная оценка нагревающего микроклимата». М.: Роспотребнадзор, 2011. 12 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-10-61-65>

Review Article

13. Yeoman K, DuBose W, Bauerle T, Victoroff T, Finley S, Poplin G. Patterns of heat strain among a sample of US underground miners. *J Occup Environ Med*. 2019;61(3):212-218. doi: 10.1097/JOM.0000000000001518
14. Donoghue AM, Sinclair MJ, Bates GP. Heat exhaustion in a deep underground metalliferous mine. *Occup Environ Med*. 2000;57(3):165-174. doi: 10.1136/oem.57.3.165
15. Taggart SM, Girard O, Landers GJ, Wallman KE. Heat exposure as a cause of injury and illness in mine industry workers. *Ann Work Expo Health*. 2024;68(3):325-331. doi: 10.1093/annweh/wxae011
16. Taggart SM, Girard O, Landers GJ, Wallman KE. Symptoms of heat illness and water consumption habits in mine industry workers over the summer months in Australia. *Ind Health*. 2024;62(4):259-264. doi: 10.2486/indhealth.2023-0139
17. Tumińska A, Borodulin-Nadzieja L, Pietraszkiewicz T, et al. Analysis of the holter records in miners working at the deepest located work stations in copper mines of the Legnica-Głogow copper mining district. *Med Pr*. 2010;61(1):43-54. (In Polish.)
18. Lutz EA, Reed RJ, Turner D, Littau SR. Occupational heat strain in a hot underground metal mine. *J Occup Environ Med*. 2014;56(4):388-396. doi: 10.1097/JOM.000000000000107
19. Лапшин А. А., Лапшин А. Е., Ляшенко В. И. Повышение безопасности и улучшение охраны труда в глубоких шахтах при камерных системах с твердеющей закладкой выработанного пространства // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 6. С. 29-34. Lapshin AA, Lapshin AE, Lyashenko VI. [Increasing safety and improving labor protection in deep mines with chamber systems with hardening of the developed space.] *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2016;(6):29-34. (In Russ.)
20. Meshi EB, Kishinhi SS, Mamuya SH, Rusibamayila MG. Thermal exposure and heat illness symptoms among workers in Mara Gold Mine, Tanzania. *Ann Glob Health*. 2018;84(3):360-368. doi: 10.29024/aogh.2318
21. Sunkpal M, Roghanchi P, Kocsis KC. A method to protect mine workers in hot and humid environments. *Saf Health Work*. 2018;9(2):149-158. doi: 10.1016/j.shaw.2017.06.011
22. Brearley MB, Norton I, Rush D, et al. Influence of chronic heat acclimatization on occupational thermal strain in tropical field conditions. *J Occup Environ Med*. 2016;58(12):1250-1256. doi: 10.1097/JOM.0000000000000902
23. Winifred AD, Jane RL, Brian K, Amponsah-Tawiah K, Carole J. Mental health and workplace factors: Comparison of the Ghanaian and Australian mining industry. *BMC Health Serv Res*. 2022;22(1):322. doi: 10.1186/s12913-022-07712-0
24. Li X, Long Y, Zhang S, Yang C, Xing M, Zhang S. Experimental study on emergency psychophysiological and behavioral reactions to coal mining accidents. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2024 Jun 28. doi: 10.1007/s10484-024-09651-4
25. Fa Z, Li X, Liu Q, Qiu Z, Zhai Z. Correlation in causality: A progressive study of hierarchical relations within human and organizational factors in coal mine accidents. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):5020. doi: 10.3390/ijerph18095020
26. Wen Q, Zhou J, Sun X, et al. Urine metabolomics analysis of sleep quality in deep-underground miners: A pilot study. *Front Public Health*. 2022;10:969113. doi: 10.3389/fpubh.2022.969113
27. Валуцина В. М., Ткаченко Л. Н., Ладария Е. Г. Частота тепловых поражений у горнорабочих глубоких угольных шахт // Санитарный врач. 2009. № 1. С. 42-45. Valutsina VM, Tkachenko LN, Ladaria EG, Tokarev GN, Salova OV, Mirnaya EV. [Frequency of heat illnesses in deep-underground coal miners.] *Sanitarnyy Vrach*. 2009;(1):42-45. (In Russ.)

Сведения об авторе:

✉ **Егорова Анна Михайловна** – д-р мед. наук, зав. отделом медицины труда; e-mail: egorova.am@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает единоличную ответственность за написание рукописи, концепцию, дизайн исследования, анализ, интерпретация данных, подготовку окончательного варианта рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: работа выполнена в рамках НИР Рег. № НИОКТР 124030700014-4.

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 01.09.24 / Принята к публикации: 10.10.24 / Опубликовано: 31.10.24

Author information:

✉ **Anna M. Egorova**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Occupational Medicine; e-mail: egorova.am@fncg.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The review is part of the research work No. 124030700014-4.

Conflict of interest: The author has no conflicts of interest to declare.

Received: September 1, 2024 / Accepted: October 10, 2024 / Published: October 31, 2024