

© Дубенко С.Э., Мажаева Т.В., Бушуева Т.В., Галашева О.Е., 2020

УДК 613.2

Оценка эффективности алиментарной профилактики заболеваемости рабочих металлургической промышленности на основе результатов биологического мониторинга

С.Э. Дубенко, Т.В. Мажаева, Т.В. Бушуева, О.Е. Галашева

ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Алиментарная профилактика неблагоприятного воздействия производственной среды у рабочих в Российской Федерации проводится на основании действующих нормативных документов, однако оценке ее эффективности уделяется недостаточное внимание. *Целью исследования* была оценка необходимости коррекции мер по алиментарной профилактике профессиональных и производственно обусловленных заболеваний на основании результата биологического мониторинга тяжелых металлов. *Материалы и методы.* Экспозиция свинца и меди в биосубстратах у рабочих цветной металлургической промышленности определена методом атомно-абсорбционной спектрометрии в 4 995 пробах крови и мочи. *Результаты исследования.* Анализ содержания свинца в крови показал, что медиана составила 53,7 мкг/л, уровень «настороженности» больше 100 мкг/л выявлен у 25,4 % рабочих. Показатель свинца в моче превышал биологическое предельно допустимое значение у 15,6 % рабочих. Средняя концентрация меди в крови составила $979,9 \pm 4,1$ мкг/л и превышала критериальные значения у 0,1–7,6 % рабочих. Повышенные значения свинца наиболее часто встречались у рабочих основных профессий, а повышенные значения меди – у рабочих вспомогательных профессий. *Заключение.* Полученные данные могут свидетельствовать о наличии отдельных категорий работающих с повышенной экспозицией тяжелых металлов, что является диагностическим критерием токсической нагрузки и показателем недостаточной алиментарной профилактики.

Ключевые слова: биологический мониторинг, свинец, медь, алиментарная профилактика.

Для цитирования: Дубенко С.Э., Мажаева Т.В., Бушуева Т.В., Галашева О.Е. Оценка эффективности алиментарной профилактики заболеваемости рабочих металлургической промышленности на основе результатов биологического мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 1 (322). С. X–X. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-X-X>

Evaluating Efficiency of Nutrition-based Disease Prevention in Metallurgical Industry Workers Based on the Results of Biological Monitoring

S.E. Dubenko, T.V. Mazhaeva, T.V. Bushueva, O.E. Galasheva

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

Abstract: *Introduction.* In accordance with valid regulatory documents, adverse health effects of occupational exposures are prevented among Russian workers by means of healthy nutrition but the importance of its efficiency evaluation is often underestimated. *The objective* of the study was to assess the need of correcting measures for nutrition-based prevention of occupational diseases based on the result of biological monitoring of heavy metals. *Materials and methods.* We used atomic absorption spectrometry methods to test lead and copper in 4,995 blood and urine samples of non-ferrous metallurgy workers. *Results.* The blood lead analysis showed that the median blood level was 53.7 µg/L while the level of concern (> 100 µg/L) was detected in 25.4 % of workers. Urine lead levels exceeded the biological maximum permissible value in 15.6 % of workers. The average blood copper level was 979.9 ± 4.1 µg/L while the criteria values were exceeded in 0.1–7.6 % of workers. High lead levels were prevalent among workers of main occupations but high copper levels, on the opposite, were more prevalent in workers of auxiliary occupations. *Conclusions.* The results may indicate the presence of certain categories of workers heavily exposed to heavy metals, which is a diagnostic criterion for toxic load and an indicator of inefficient nutrition-based disease prevention.

Key words: biological monitoring, lead, copper, nutrition-based disease prevention.

For citation: Dubenko SE, Mazhaeva TV, Bushueva TV, Galasheva OE. Evaluating Efficiency of Nutrition-based Disease Prevention in Metallurgical Industry Workers Based on the Results of Biological Monitoring. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2020; 1(322): X–X. (In Russian) DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-X-X>

Information about the authors: Dubenko S.E., <http://orcid.org/0000-0001-8008-6024>; Mazhaeva T.V., <http://orcid.org/0000-0002-8566-2446>; Bushueva T.V., <http://orcid.org/0000-0002-5872-2001>; Galasheva O.E., <http://orcid.org/0000-0003-2708-3910>.

Введение. Цветная металлургия составляет 19 % от общего объема промышленного производства Свердловской области. Во вредных условиях 3 и 4 степени, при которых могут возникать профессиональные болезни с потерей профессиональной и общей трудоспособности, трудятся 7 406 работников [1]. Многостадийное производство меди сопряжено с воздействием на рабочих комплекса вредных факторов, в том числе пыли сложного химического состава (медь, никель, мышьяк, железо, кадмий, свинец, селен и др.), обладающей избирательным нарушением метаболизма и гомеостаза, а также

токсическим, фиброгенным и канцерогенным действиями [2].

Воздействие вредных веществ на организм может зависеть не только от их концентрации в воздухе рабочей зоны и длительности воздействия (стажа), но и от других индивидуальных особенностей: генетической предрасположенности, адаптационных и детоксикационных возможностей организма, которые, в свою очередь, зависят от поступления необходимых компонентов пищи [3, 4]. Проведенные ранее исследования подтверждают отсутствие прямой корреляции между концентрацией токсикантов

в воздухе рабочей зоны и их биологическими эффектами воздействия [5]. То есть при высокой индивидуальной чувствительности негативное воздействие может проявляться уже при невысоких (допустимых) уровнях вредных веществ в производственной среде.

Элементом донозологической диагностики нарушений гомеостаза и раннего выявления заболеваний является мониторинг содержания токсичных веществ и их метаболитов в биосредах [6]. Сохранение гомеостатических показателей крови является критерием безопасного содержания токсикантов в организме человека.

Величина концентрации ксенобиотиков в организме сопряжена с рядом факторов: скорости распределения, конъюгации (трансформации), элиминации и может изменяться в течение короткого периода времени. Свободная диффузия значительно ограничивается наличием определенных макро- и микронутриентов. Особенно сильно влияет на процессы распределения токсикантов их химическое взаимодействие с белками, которые образуют комплексы, в 200–700 раз превосходящие размер самих токсикантов. В этом случае связавшиеся вещества практически утрачивают способность проникать через биологические барьеры не только путем диффузии, но и фильтрации [7].

По данным многочисленных литературных источников, компоненты пищи обладают профилактическим действием и при правильном рационе питания достаточное и сбалансированное поступление биологически активных веществ позволяет снизить концентрацию и токсическое действие ксенобиотиков [8–11]. В Российской Федерации алиментарная профилактика неблагоприятного воздействия производственной среды у рабочих проводится в форме лечебно-профилактического питания (ЛПП) на основании действующих нормативных документов^{1,2}, однако оценке ее эффективности уделяется недостаточное внимание.

Цель исследования – оценка необходимости коррекции мер по алиментарной профилактике профессиональных и производственно обусловленных заболеваний на основании результата биологического мониторинга тяжелых металлов.

Материал и методы. В исследовании приняли участие рабочие металлургических предприятий по переработке меди Свердловской области со стажем работы в неблагоприятных условиях производственной среды более 1 года. Средний возраст составил $47,8 \pm 8,9$ лет. На базе поликлиники при проведении периодического медицинского осмотра в 2016–2017 гг. на содержание меди в плазме крови обследовано

2 807 рабочих и на содержание свинца в плазме крови – 2 156 рабочих основных и вспомогательных профессий (мужчин 90,0 %). Кроме того, у 32 рабочих в этот же период дополнительно к исследованию крови на содержание свинца отобраны пробы мочи. Количество свинца и меди в биологических средах определялось атомно-абсорбционным методом.

Для анализа полученных результатов использованы данные литературы, которые свидетельствуют о различных подходах к установлению безопасных уровней тяжелых металлов в биологических средах организма.

Считается, что нормальные показатели свинца в крови укладываются в пределы от 100 до 400 мкг/л [12, 13]. Карамовой Л.М. и др. (2010 г.) предложены критериальные значения свинца в крови, не вызывающие сдвигов других биохимических показателей, на уровне менее 200 мкг/л [14]. Центром по контролю и профилактике заболеваемости США (U.S.CDC) предложено концентрацию этого металла более 10 мкг/дм³ считать за «уровень обеспокоенности». В Российской Федерации этот показатель регламентируется следующими документами: МУК 4.1.1.1897–04³ и МУК 4.1.1896–04⁴, где указано биологическое предельно допустимое значение для свинца в крови – 500 мкг/л, а для свинца в моче – 50 мкг/л. В ходе мониторинга, проведенного в СССР, выявлено, что содержание свинца в крови у трудоспособного населения, не имеющего с ним профессионального контакта, варьировало в широких пределах (100–570 мкг/л) [15]. Это свидетельствует о загрязнении окружающей среды и возможном высоком фоновом уровне этого металла у рабочих, проживающих в промышленных городах.

Другим показателем токсического воздействия производственной среды является эссенциальный микроэлемент медь, который при превышении биотических доз может вызывать изменения метаболизма. Критериальными значениями уровня меди, не вызывающими сдвигов показателей крови, Карамовой Л.М. предложены менее 2 000 мкг/л [14]. По другим данным, среднее содержания меди в крови человека в популяции составляет 1 260–1 940 мкг/л (Сусликов В.Л., 2000). Скальный А.В. приводит более низкие данные по среднему содержанию меди в сыворотке крови 800–1 300 мкг/л [16]. Для статистической обработки данных использовались программные средства Microsoft Excel.

Результаты исследования. Анализ содержания свинца в крови показал, что распределение его значений можно отнести к отличному от

¹ Приказ Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 № 46н «Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и Правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания».

² Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 № 45н (ред. от 20.02.2014) «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов».

³ МУК 4.1.1897–04 «Атомно-абсорбционное измерение массовых концентраций свинца, кадмия, цинка и никеля в крови».

⁴ МУК 4.1.1896–04 «Атомно-абсорбционное измерение массовых концентраций свинца, кадмия, цинка и никеля в моче».

нормального, поэтому при оценке использована медиана, которая за период наблюдения составила 53,7 мкг/л. Диапазон значений свинца в крови рабочих варьировал от значений ниже чувствительности прибора до 437 мкг/л. Биологическое предельно допустимое значение свинца в крови в исследуемой группе (МУК 4.1.1897–04) не превышено ни у одного рабочего. В то же время уровень больше 100 мкг/л, рекомендуемый центром по контролю и профилактике заболеваемости США, выявлен у 25,4 % рабочих. Критериальные значения по Карамовой Л.М. (более 200 мкг/л) превышены у 5,3 % рабочих, что может свидетельствовать о превышении безопасного содержания токсикантов в организме и привести к отклонению гомеостатических показателей крови.

Распределение показателя свинца в моче также можно отнести к отличному от нормального, медиана составила 28,0 мкг/л. Диапазон значений варьировал от 4,7 до 270,0 мкг/л и превышал биологическое предельно допустимое значение у 15,6 % рабочих (МУК 4.1.1896–04).

Анализ содержания меди в крови рабочих показал, что критериальные значения по Карамовой Л.М. (более 2 000 мкг/л) превышены у 0,1 % рабочих, а критериальные значения по Скальному А.В. – у 7,3 % рабочих. Распределение показателя в группе можно отнести к нормальному, поэтому при оценке использовано значение среднего. Оно составило $979,9 \pm 4,1$ мкг/л. Диапазон значений меди в крови рабочих варьировал от 413,5 до 2 391 мкг/л.

Оценка данных по содержанию металлов в крови у рабочих различных профессиональных групп показала, что повышенные значения меди наиболее часто встречались у контролеров (18,5 % случаев), а не у рабочих основных профессий (в среднем по 5,0 %). Это может быть объяснено нарушением использования средств индивидуальной защиты или недостаточностью мер алиментарной профилактики. В структуре основных профессиональных групп рабочих, у которых отмечены повышенные значения меди, были аппаратчики, лаборанты и электролизники (по 9,2 %). Повышенные показатели свинца в крови выявлены у плавильщиков – в 62,1 % случаев, мастеров – в 13,8 % случаев, шихтовщиков и слесарей – по 7,0 %, а у машинистов крана, операторов и электромонтеров – по 3,5 %.

Концентрация свинца в моче, превышающая биологическое предельно допустимое значение, выявлена у представителей таких профессий, как электромонтер, плавильщик, мастер.

Таким образом, у отдельных категорий работающих выявлена повышенная экспозиция тяжелых металлов, что является диагностическим критерием токсической нагрузки и показателем недостаточной алиментарной профилактики.

Обсуждение. Одним из элементов профилактики негативного влияния вредных производственных факторов является как питание в целом, так и лечебно-профилактическое питание, которое подразделяется на следующие виды: молоко (равноценные пищевые продукты), рационы ЛПП (горячие завтраки)

или витаминные, что законодательно закреплено приказами Минздрава № 45н и 46н от 16.02.2009. Первый приказ регламентирует выдачу молока или других специализированных продуктов (кисели, напитки и др.) лицам, контактирующим на производстве с вредными веществами, указанными в перечне к приказу, независимо от их концентрации. Второй регламентирует выдачу специальных рационов питания рабочим отдельных профессий в соответствии с перечнем производств в связи с особо вредными условиями труда. При этом понятие «особо вредные условия труда» нормативными документами не определено. Поэтому на промышленных предприятиях при формировании списка нуждающихся в рационах ЛПП возникает разночтение приказа и он трактуется по-разному. В одних случаях в списки нуждающихся включаются все лица, которые соответствуют перечню, в других – только те, у которых на рабочих местах имеется превышение ПДК по любому из факторов, определенных в процессе специальной оценки условий труда.

По результатам проведенной работы сделаны предварительные выводы, что алиментарная профилактика не должна ограничиваться выдачей ЛПП для отдельных профессиональных групп, а должна распространяться и на лиц, не имеющих непосредственных профессиональных контактов с тяжелыми металлами в процессе трудовой деятельности. На предприятиях общественного питания, обслуживающих рабочих цветной металлургии, необходима правильная организация корпоративного питания для широкого охвата всех работающих профилактическими мерами, коррекция рациона питания, а также обогащение блюд биологическими активными продуктами, обладающими в том числе антиоксидантными и сорбционными свойствами, для усиления защитного эффекта. В случае высоких значений металлов в биологических средах необходимо проведение дополнительных исследований индивидуальной чувствительности к токсикантам с дальнейшим применением мер алиментарной профилактики.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о возможной токсической нагрузке от воздействия свинца у рабочих основных профессий (в 62,1 % случаях), а от воздействия меди – у рабочих вспомогательных профессий металлургического производства (в 76,5 % случаев). Рабочие с повышенной концентрацией металлов в биологических средах нуждаются в динамическом наблюдении и дополнительной алиментарной профилактике. Правильная организация корпоративного и специализированного (лечебно-профилактического) питания с включением в рацион продукции, обладающей высокой биологической ценностью, позволит повысить защитные и адаптационные возможности организма, снизить заболеваемость.

Список литературы (пп. 9–17 см. References)

1. Региональные особенности санитарно-эпидемиологической обстановки в Свердловской области за 2017 год. Режим доступа: <http://www.66.rospotrebнадзор.ru/303>. (дата обращения: 31.01.2019).
2. Алексеев В.Б. Оценка роли промышленных токсикантов в возможности формирования репродуктивных

- нарушений у населения г. Перми // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2015. № 1. С. 49-52.
3. Тимашева Г.В., Бакиров А.Б., Валева Э.Т. и др. Лабораторные биомаркеры в диагностике состояния здоровья работников, подвергающихся воздействию химических факторов // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 1 (274). С. 14-17.
 4. Трубецков А.Д. Эффект здорового рабочего в медицине труда // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 9 (282). С. 38-40.
 5. Соркина Н.С., Артемова Л.В., Румянцева О.И. Биологический мониторинг для оценки риска свинцовой интоксикации // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 134.
 6. Смайл Н.Н. Свинец и метаболиты порфиринового обмена как методы ранней диагностики свинцовой интоксикации // Молодой ученый. 2012. № 12. С. 556-559.
 7. Куценко С.А. Основы токсикологии. СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова. 2002. 395 с.
 8. Пилат Т.Л., Кузьмина Л.П., Измерова Н.И. Детоксикационное питание / Под ред. Т.Л. Пилат. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 683 с.
 9. Привалова Л.И. и др. Биопрофилактика в системе управления профессиональными рисками, связанными с воздействием металлосодержащих наночастиц // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1187-1191.
 10. Горбачев Д.О., Сазонова О.В., Гадалина В.В. Гигиеническая оценка фактического питания работников при контакте с неблагоприятными производственными факторами // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 9. С. 52-53.
 11. Сутункова М.П. и др. Генотоксический эффект воздействия некоторых элементных или элементно-оксидных наночастиц и его ослабление комплексом биопротекторов // Медицина труда и промышленная экология. 2018. № 11. С. 10-15.
 12. Семенова Л.С., Елашко Ю.П., Сорокина Н.С. Содержание свинца и некоторых компонентов порфиринового обмена в крови и моче людей, не имеющих производственного контакта со свинцом // Лабораторное дело. 1987. № 2. С. 11-14.
 13. Шестова Г.В. и др. Опасность хронических отравлений свинцом для здоровья населения // Медицина экстремальных ситуаций. 2012. № 4 (42). С. 65-76.
 14. Карамова Л.М., Ларионова Т.К., Башарова Г.Р. Критерии экологической безопасности тяжелых металлов в крови человека // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 6. С. 21-23.
 15. Макоева Л.М. и др. Токсические эффекты свинца на организм человека и возможности их коррекции // Вестник МАНЭБ. 2016. Т. 21. № 3. С. 54-63.
 16. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М: Издательский дом «Оникс 21 Век»: Мир. 2004. 216 с.
 3. Timasheva GV, Bakirov AB, Valeeva ET, et al. Laboratory biomarkers in the diagnosis of workers health of exposed to chemical factors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2016; 274(1):14-17. (In Russian).
 4. Trubeckov AD. Health worker effect in occupational medicine. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2016; 282(9):38-40. (In Russian).
 5. Sorkina NS, Artemova LV, Romyanceva OI. Biological monitoring to assess risk of lead intoxication. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015; (9):134. (In Russian).
 6. Smail NN. Lead and porphyrin metabolism metabolites as methods for early diagnosis of lead intoxication. *Molodoy uchenyj*. 2012; (12):556-559. (In Russian).
 7. Kucenko SA. Fundamentals of toxicology. Saint Petersburg: Voennno-medicinskaya akademiya im. S.M. Kirova Publ., 2002; 395 p. (In Russian).
 8. Pilat TL, Kuzmina LP, Izmerova NI. Detoksikatsionnoe pitanie. Pilat TL, editor. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2012; 683 p. (In Russian).
 9. Privalova LI, Katsnelson BA, Minigalieva IA, et al. Biological prophylaxis in the system of the management of occupational risk due to exposure of metal-containing nanoparticles. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(12):1187-1191. (In Russian).
 10. Gorbachev DO, Sazonova OV, Gadalina VV. Hygienic assessment of the actual nutrition of workers in contact with adverse production factors. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2017; (9):52-53. (In Russian).
 11. Sutunkova MP, Makeyev OG, Privalova LI, et al. Genotoxic effect of some elemental or element oxide nanoparticles and its diminution by bioprotectors combination. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2018; (11):10-16. (In Russian). DOI: 10.31089/1026-9428-2018-11-10-16
 12. Semenova LS, Elashko UP, Sorokina NS. Content of lead and some components of porphyrin metabolism in the blood and urine of people without production contact with lead. *Laboratornoe delo*. 1987; (2):11-14. (In Russian).
 13. Shestova GV, Livanov GA, Ostapenko UN, et al. Danger of chronic poisoning by lead for health of people. *Medicina ekstremal'nyh situacij*. 2012; 42(4):65-76. (In Russian).
 14. Karamova LM, Larioнова TK, Basharova GR. Criteria of ecologic safety for serum levels of heavy metals in humans. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2010; (6):21-23. (In Russian).
 15. Makoeva LM, et al. Toxic effects of lead on the human body and their correction possibilities. *Vestnik MANEB*. 2016; 21(3):54-63. (In Russian).
 16. Skal'nyj A. V. Chemical elements in human physiology and ecology. Moscow: Oniks 21 Vek: Mir. Publ., 2004; 216 p. (In Russian).

Контактная информация:

Дубенко Светлана Эдуардовна, врач-диетолог, ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора
e-mail: dubenko@ymrc.ru

Corresponding author:

Svetlana **Dubenko**, Nutritionist, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers
e-mail: dubenko@ymrc.ru