

Читать
онлайн
Read
online

Новикова Т.А., Мигачева А.Г., Безрукова Г.А., Алешина Ю.А., Кочетова Н.А.

Условия труда и распространённость хронических неинфекционных болезней у работников производства полиакрилонитрильных волокон

Саратовский медицинский научный центр гигиены ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 410022, Саратов, Россия

Введение. Обеспечение безопасных условий труда и профилактика нарушений здоровья на рабочем месте — важнейшие составляющие сохранения здоровья и продления трудового долголетия работающего населения.

Материалы и методы. По данным углублённых медицинских осмотров (2017–2021 гг.) исследованы условия труда и хроническая неинфекционная заболеваемость (первичная, накопленная) работников производства полиакрилонитрильных волокон (ПАНВ).

Результаты. Показано, что работники современного производства ПАНВ в процессе трудовой деятельности подвержены сочетанному воздействию комплекса химических веществ 1–4-го классов опасности, производственного шума, тяжести и напряжённости труда, формирующих профессиональный риск для здоровья, оценённый по гигиеническим критериям в категориях от малого (класс 3.1) до высокого (класс 3.3). Первые ранговые места в нозологической структуре накопленной хронической неинфекционной заболеваемости работников занимали дорсалгии (24,23%), эссенциальная (первичная) артериальная гипертензия (14,67%), ожирение (9,9%) и пресбиопия (8,87%). Выявлены положительные связи слабой силы возраста с артериальной гипертензией, ожирением и пресбиопией ($R_{xy} = 0,280$, $R_{xy} = 0,121$, $R_{xy} = 0,133$ соответственно). Профессиональный стаж имел слабую положительную связь с распространённостью пресбиопии ($R_{xy} = 0,239$). Установлена причинно-следственная связь средней степени болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (дорсалгии) с тяжестью трудового процесса ($RR = 1,893$; $EF = 47,183\%$; $CI = 1,192–3,007$) и связь малой степени болезней глаза и его придаточного аппарата с воздействием акрилонитрила и метилакрилата ($RR = 1,46$; $EF = 31,522\%$; $CI = 1,970–1,082$), что позволило отнести данные патологии к производственно обусловленным болезням.

Ограничения исследования определены изучением предмета исследований в производстве полиакрилонитрильных волокон одного предприятия.

Заключение. Несмотря на произошедшую модернизацию в химической промышленности, условия труда в современном производстве ПАНВ остаются вредными, представляя профессиональный риск развития у работников хронических неинфекционных болезней, что определяет актуальность разработки научно обоснованных мер профилактики.

Ключевые слова: производство полиакрилонитрильных волокон; работники; условия труда; хроническая неинфекционная заболеваемость

Соблюдение этических стандартов. Исследования проведены с соблюдением требований конфиденциальности персональных данных, этических норм и принципов проведения медицинских исследований с участием человека, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). На участие в проведении исследования было получено письменное согласие респондентов. Исследование выполнено с разрешения локального этического комитета Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 2 от 16.02.2023 г.).

Для цитирования: Новикова Т.А., Мигачева А.Г., Безрукова Г.А., Алешина Ю.А., Кочетова Н.А. Условия труда и распространённость хронических неинфекционных болезней у работников производства полиакрилонитрильных волокон. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(5): 445–451. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-445-451> <https://elibrary.ru/jtyjue>

Для корреспонденции: Новикова Тамара Анатольевна, канд. биол. наук, доцент, зав. лаб. гигиены труда Саратовского МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 410022, Саратов. E-mail: novikovata-saratov@yandex.ru

Участие авторов: Новикова Т.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Мигачева А.Г. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных; Безрукова Г.А. — редактирование, одобрение окончательной версии; Алешина Ю.А. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных; Кочетова Н.А. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 09.03.2023 / Принята к печати: 31.05.2023 / Опубликовано: 20.06.2023

Tamara A. Novikova, Anna G. Migacheva, Galina A. Bezrukova, Yuliya A. Aleshina, Natalya A. Kochetova

Working conditions and the prevalence of chronic non-communicable diseases among workers in the production of polyacrylonitrile fibers

Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, 410022, Russian Federation

Introduction. Ensuring safe working conditions and preventing health problems in the workplace is a priority measure for maintaining health and extending the working life of the working population.

Materials and methods. The working conditions and chronic non-infectious morbidity (primary, accumulated) of workers in the production of polyacrylonitrile (PAN) fibers were studied according to the data of in-depth medical examinations (2017–2021).

Results. Workers of modern production of PAN fibers in the course of their work were shown to be exposed to the combined effects of a complex of chemicals of 1–4 hazard classes, industrial noise, severity and labour intensity, which form an occupational health risk, assessed by hygienic criteria in categories from small (class 3.1) to high (class 3.3). The first ranking places in the nosological structure of accumulated chronic non-infectious morbidity of workers were occupied by dorsalgia (24.23%), essential (primary) arterial hypertension (14.67%), obesity (9.9%) and presbyopia (8.87%). Positive associations of weak age strength with

arterial hypertension, obesity, and presbyopia were revealed ($R_{xy}=0.280$, $R_{xy}=0.121$, $R_{xy}=0.133$, respectively). Work experience had a weak positive relationship with the prevalence of presbyopia ($R_{xy}=0.239$). A causal relationship was established between a moderate degree of diseases of the musculoskeletal system and connective tissue (dorsalgia, the severity of the labour process ($RR=1.893$; $EF=47.183\%$; $CI=1.192-3.007$), a relationship between a small degree of diseases of the eye and its adnexa with exposure acrylonitrile and methyl acrylate ($RR=1.46$; $EF=31.522\%$; $CI=1.970-1.082$), which made it possible to attribute these pathologies to work-related diseases.

Limitations determined by the study of the subject of research in the production of polyacrylonitrile fibers of one enterprise.

Conclusion. Despite the modernization that has taken place in the chemical industry, working conditions in the modern production of PAN fibers continue to be harmful, presenting an occupational risk for the development of chronic non-communicable diseases in workers, which determines the relevance of developing evidence-based measures for their prevention.

Keywords: production of polyacrylonitrile fibers; workers; working conditions; chronic non-infectious morbidity

Compliance with ethical standards. The studies were conducted in compliance with the requirements of confidentiality of personal data, ethical standards and principles of conducting medical research with human participation, set out in the Helsinki Declaration of the World Medical Association (ed. 2013). Written consent of the respondents was obtained to participate in the study. The study was carried out with the permission of the local ethical committee of the Saratov Hygiene Medical Research Center of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (Protocol No. 11 of 01.08.2022).

For citation: Novikova T.A., Migacheva A.G., Bezrukova G.A., Aleshina Yu.A., Kochetova N.A. Working conditions and the prevalence of chronic non-communicable diseases among workers in the production of polyacrylonitrile fibers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(5): 445–451. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-445-451> <https://elibrary.ru/jtyjeq> (In Russ.)

For correspondence: Tamara A. Novikova, MD, PhD, head of the Laboratory of occupational Health, Saratov Hygiene Medical Research Center, Saratov, 410022, Russian Federation. E-mail: novikovata-saratov@yandex.ru

Information about the authors:

Novikova T.A., <https://orcid.org/0000-0003-1463-0559>

Bezrukova G.A., <https://orcid.org/0000-0001-9296-0233>

Kochetova N.A., <https://orcid.org/0000-0002-7324-0959>

Migacheva A.G., <https://orcid.org/0000-0002-1162-3364>

Aleshina Yu.A., <https://orcid.org/0000-0001-9798-3151>

Contribution: Novikova T.A. — concept and design of the study, text writing, editing; Migacheva A.G. — material collection and processing, statistical data processing, text writing; Bezrukova G.A. — Editing, final version approval; Aleshina Yu.A. — material collection and processing, statistical data processing; Kochetova N.A. — collection and processing of material, statistical processing of data. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: March 9, 2023 / Accepted: May 31, 2023 / Published: June 20, 2023

Введение

Профилактика хронических неинфекционных болезней и сокращение ассоциированных с ними случаев преждевременной смерти признаны Всемирной ассамблеей здравоохранения глобальной задачей ВОЗ на период до 2030 г. [1], что согласуется с государственной политикой Российской Федерации в сфере охраны здоровья граждан¹, считающей высокий уровень распространённости хронических неинфекционных болезней (ХНИБ) угрозой для устойчивого социально-экономического развития общества, а стратегию профилактики ХНИБ на популяционном уровне одним из приоритетных стратегических направлений развития здравоохранения [2, 3].

Особую актуальность приобретает выявление факторов риска развития и распространённости ХНИБ, связанных с трудовой деятельностью, у работников химической промышленности, условия труда в которой характеризуются сочетанным воздействием комплекса вредных производственных факторов, способных служить непосредственной причиной развития как профессиональных, так и общесоматических болезней [4]. Перспективным направлением инновационного развития химического комплекса России в настоящее время является производство углеродных волокон, используемых в качестве армирующих компонентов композиционных материалов, востребованных на внутреннем и мировом рынке. В связи с этим возрос спрос на основное исходное сырьё для изготовления углеродных волокон — полиакрилонитрильные волокна (ПАНВ) и жгуты. По прогнозам, в России ожидается рост их производства и создание новых рабочих мест [5].

В отечественной научной литературе имеются немногочисленные данные, полученные преимущественно в 70–90-х годах XX столетия, свидетельствующие о сочетании воздействия в производстве ПАНВ комплекса

вредных производственных факторов, способных явиться триггерами развития у работников профессиональных интоксикаций и усугубления течения болезней, не относящихся к профессиональным [6–8]. Однако современное состояние условий труда и здоровья работников этой значимой с точки зрения современных вызовов для стратегического развития экономики России отрасли изучено недостаточно, что обуславливает актуальность настоящих исследований.

Цель исследования — гигиеническая оценка условий труда и распространённости хронических неинфекционных болезней у работников производства полиакрилонитрильных волокон для разработки целевых мер профилактики.

Материалы и методы

Объектом исследований явились условия труда и состояние здоровья работников одного из предприятий химической промышленности Саратова. Основным видом деятельности данного предприятия является производство ПАНВ и жгутов. Гигиеническая оценка условий труда проведена по результатам собственных исследований и данным мониторинга уровней токсических веществ в воздухе рабочей зоны по степени отклонения фактических уровней факторов от действующих гигиенических нормативов^{2,3}.

Изучение состояния здоровья работников химического предприятия проводилось в ходе ретроспективного когортного исследования [9] по данным углублённых медицинских осмотров, проведённых на базе клиники общей и профессиональной патологии Саратовского МНЦ гигиены в 2017–2021 гг., и анализа учётных форм № 025/у. В группу

² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

³ Р 2.2.22006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов производственной среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973>

наблюдения вошли 147 работников производства ПАНВ, из них 41,6% мужчин и 58,4% женщин в возрасте от 21 года до 67 лет (в среднем $49,3 \pm 10,2$ года) с профессиональным стажем от 2 до 47 лет (в среднем $20,6 \pm 10,9$ года). Уровень и нозологическую структуру первичной заболеваемости работников анализировали общепринятыми методами⁴.

При оценке профессионального риска для здоровья в соответствии с Руководством Р 2.2.1766–03⁵ группу сравнения составили 56 работников обрабатывающего производства, занятых в условиях труда с факторами, не характерными для изучаемого химического производства, сопоставимые по полу, возрасту, стажу работы в профессии (средний возраст – $51,02 \pm 8,24$ года, средний профессиональный стаж – $20,32 \pm 5,12$ года).

Статистическую обработку и анализ данных проводили с использованием прикладных программ Microsoft Excel и Statistica 10. Для количественной характеристики исследуемых показателей использовали среднее арифметическое (M) и стандартную ошибку среднего (m) при уровне надёжности 95%. Проверку нормальности распределения проводили тестом Колмогорова – Смирнова. Для оценки статистической значимости различий изучаемых показателей в группах применяли U -критерий Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Выявление причинно-следственной связи между частотой диагностики нозологий и стажем и возрастом обследованных лиц выполнено с помощью корреляционного анализа методом наименьших квадратов. Статистическую значимость коэффициента корреляции (R_{xy}) между результативным и влияющим фактором оценивали по шкале Чеддока.

Результаты

Технологический процесс производства ПАНВ на предприятии является непрерывным с высокой степенью автоматизации, осуществляется по роданисто-натриевому способу и протекает в герметичном оборудовании и замкнутых коммуникациях. Установлено, что условия труда в производстве ПАНВ характеризуются сочетанным воздействием химических веществ 1–4-го классов опасности с различным характером действия на организм производственного шума, недостаточной освещённости, тяжести и напряжённости трудового процесса. Экспозиция воздействия зависела от этапа технологического процесса. Химические вещества в разной комбинации были выявлены на 68% рабочих мест. В процессе полимеризации, приготовления прядильного раствора и формирования волокон работники были подвержены воздействию паров акрилонитрила, метилакрилата, продуктов их термической деструкции, включающих пары аммиака (4-й класс опасности) и гидроцианида (цианистый водород, синильная кислота – 1-й класс опасности, обще-токсическое действие), серной кислоты и едких щелочей (2-й класс опасности). В рабочей зоне работников отделения регенерации присутствовали выделяющиеся из загрязнённого растворителя вещества, в числе которых пары акрилонитрила, метилакрилата, серной кислоты, щелочей едких и этиленгликоля (этан-1,2-диол, 2-й класс опасности). При сухой отделке волокон, прядении, намотке, упаковке волокон и жгутов воздух рабочей зоны был загрязнён аэрозолем полиакрилонитрила (полипроп-2-енонитрил, 3-й класс опасности) фиброгенного действия.

Благодаря комплексу предупредительных мер при штатном ведении технологического процесса все вещества определялись в уровнях, не превышающих 13–15% мак-

симальных разовых предельно допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны (ПДК_{мр.рз.}), что соответствовало допустимым условиям труда (класс 2). Однако эпизодически (1,59% проб) регистрировались кратковременные пиковые повышения содержания акрилонитрила и метилакрилата. И если при работе в штатном режиме концентрация акрилонитрила составляла $0,0665 \pm 0,0028$ мг/м³ (ПДК_{мр.рз.} = $0,5$ мг/м³), то при утечках – $0,895 \pm 0,02$ мг/м³, то есть превышала ПДК_{мр.рз.} в 1,9 раза. С учётом особенностей действия данного вещества на организм человека условия труда были оценены как вредные 2-й степени (класс 3.2). Максимальное содержание метилакрилата превышало ПДК_{мр.рз.} в 1,4 раза (класс 3.1). Среднесменные концентрации токсикантов в этих случаях составляли: акрилонитрила – $0,079 \pm 0,002$ мг/м³ (при ПДК_{сс.рз.} = $1,5$ мг/м³), метилакрилата – $2,165 \pm 0,034$ мг/м³ (при ПДК_{сс.рз.} = 5 мг/м³), что соответствовало допустимым условиям труда (класс 2).

В воздухе рабочей зоны на этапе обезвоздушивания и фильтрации прядильного раствора (узел экстракции) одновременно определялись едкие щёлочи в концентрации $0,085 \pm 0,005$ мг/м³ (ПДК_{мр.рз.} = $0,5$ мг/м³) и серная кислота в концентрации $0,163 \pm 0,008$ мг/м³ (ПДК_{мр.рз.} = 1 мг/м³), обладающие однонаправленным действием с одинаковой спецификой клинических проявлений. Коэффициент суммации ($K_{\text{сумм}}$) воздействия комбинации данных веществ не превышал единицы при всех режимах работы, что соответствовало допустимым условиям труда (класс 2).

Присутствие в воздухе рабочей зоны комплекса вредных химических веществ сочеталось с постоянно действующим широкополосным производственным шумом, спектр которого был представлен всеми звуковыми частотами с преобладанием звуковой энергии в области высоких частот. Фактические уровни звука на рабочих местах превышали ПДУ на 2–11 дБА, однако эквивалентные уровни за рабочую смену с учётом времени воздействия превышали нормативные показатели на 1–6 дБА, что соответствовало вредным условиям труда 1–2-й степеней (классы 3.1–3.2). Эквивалентные уровни шума в звукоизолированных кабинках и операторных превышали ПДУ на 1–3 дБА (класс 3.1), на рабочих местах машинистов холодильных установок – на 5 дБА (класс 3.1). Температура воздуха колебалась в пределах плюс 23–26,5 °С, относительная влажность составляла 49–52%, скорость движения воздуха – $0,2–0,4$ м/с. По уровню энергозатрат организма с учётом категорий работ IIa показатели находились в пределах нормативных (класс 2).

Работники, занятые на фильтрации и обезвоздушивании прядильного раствора, операторы дистанционного пульта управления, прессовщики волокон, работники фильерной мастерской трудились при отсутствии естественного освещения (класс 3.2). На остальных рабочих местах параметры световой среды соответствовали нормативным значениям.

Тяжесть труда работников всех основных профессий, занятых на этапах синтеза, определялась длительным (60–80% времени смены) пребыванием в позе стоя и периодическим (до 25–50%) поддержанием неудобных рабочих поз (класс 3.1). Труд работников отделений полимеризации и фильтрации характеризовался длительными переходами по горизонтали (8–12 км) и вертикали (до 2 км) при обслуживании оборудования, расположенного на нескольких этажах (класс 3.1). Работники отделений формирования, прядения, отделки, намотки и упаковки химических волокон жгутов до 50–65% времени смены выполняли операции вручную с подъёмом и удержанием грузов более 10 кг, пребывали в неудобной рабочей позе (до 50% времени смены), получали динамические и статические физические нагрузки с участием мышц корпуса и ног (класс 3.2).

Напряжённость труда формировалась в результате эмоциональных нагрузок, связанных с повышенной ответственностью за качество работ, а также высокой степенью риска для собственной жизни, обусловленного возможностью возгорания и взрыва акрилонитрила, обладающего способностью к спонтанной полимеризации, и опасностью продук-

⁴ Руководство по анализу основных статистических показателей состояния здоровья населения и деятельности медицинских организаций. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2015. Доступно: <https://miac.medkirio.ru/site/LSPAFD904> (ссылка активна на 26.02.2023 г.).

⁵ Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/901902053>

Таблица 1 / Table 1

Категории группового профессионального риска для здоровья работников производства полиакрилонитрильных волокон
Categories of group occupational health risk for workers in the production of polyacrylonitrile fibers according to hygienic criteria

Этап производственного процесса Stage of the production process	Вредный фактор Harmful factor	Класс условий труда Class of working conditions	Общая оценка Overall rating	Категория профессионального риска Occupational risk category
Полимеризация, приготовление прядильного раствора, обезвоздушивание и фильтрация прядильного раствора, формование волокон, регенерация роданистых стоков Polymerization, spinning dope preparation, spinning dope deaeration and filtration, fiber spinning, regeneration of thiocyanate effluents	Химический / Chemical	2	3.2–3.3	Средний – высокий риск Medium – High risk
	Световая среда / Light environment	2–3.2	3.2–3.3	
	Шум / Noise	3.1	3.2–3.3	
	Тяжесть труда / The severity of labour	3.1–3.2	3.2–3.3	
	Напряжённость труда / Labor intensity	3.1	3.2–3.3	
Прядение, сухая отделка, намотка, упаковка волокон и жгутов Spinning, dry finishing, winding, packaging of fibers and tows	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия Aerosols of predominantly fibrogenic action	2	3.2–3.3	Средний – высокий риск Medium – High risk
	Световая среда / Light environment	2–3.2	3.2–3.3	
	Шум / Noise	3.1–3.2	3.2–3.3	
	Тяжесть труда / The severity of labour	3.1–3.2	3.2–3.3	
	Напряжённость труда / Labour intensity	3.1	3.2–3.3	
Очистка и регенерация роданистых стоков Purification and regeneration of thiocyanate wastewater	Химический / Chemical	2	3.1	Умеренный риск Moderate risk
	Тяжесть труда / The severity of labour	3.1	3.1	
	Напряжённость труда / Labour intensity	3.1	3.1	

тов его горения (аммиак, цианистый водород). Работники основного производства испытывали нагрузки на слуховой анализатор, формирующиеся при необходимости восприятия речи или звуковых сигналов на фоне шумовых помех на производстве и сосредоточенного наблюдения (51% и более времени смены). Напряжённость труда повышалась за счёт трёхсменной работы с ночной сменой. В зависимости от этапа технологического процесса напряжённость труда была оценена как напряжённый труд (классы 3.1–3.2).

Условия труда работников производства ПАНВ классифицированы как вредные от первой (класс 3.1) до третьей степени (класс 3.3) в зависимости от этапа технологического процесса. Профессиональный риск для здоровья по гигиеническим критериям оценён в категориях от малого до высокого (табл. 1).

За период наблюдения у работников производства ПАНВ на фоне отсутствия профессиональной патологии было диагностировано 293 первичных ХНИБ, не являвшихся противопоказаниями для работы в профессии. Уровень первичной заболеваемости по разным годам наблюдения находился в пределах 262,77–800‰ и характеризовался статистически незначимой тенденцией к понижению ($R^2 = 0,0224$). Первичная ХНИБ была представлена преимущественно болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани (класс XIII)⁶, системы кровообращения (класс IX), глаза и его придаточного аппарата (класс VII), мочеполовой системы (класс XIV), а также эндокринной системы, расстройств питания и нарушениями обмена веществ (класс IV).

Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани в 100% случаев были представлены дорсалгиями различной локализации. В нозологической структуре болезней глаза и его придаточного аппарата преобладали пресбиопия (58,54%), миопия слабой, средней и высокой степеней (19,51%). Наибольший удельный вес среди болезней системы кровообращения имела артериальная гипертензия, на долю хронической ишемической болезни сердца и сердечной недостаточности приходилось по 2,5%. Болезни мочеполовой

системы включали невоспалительные патологии женских половых органов (86,36%) и доброкачественную дисплазию молочной железы (13,63%). В числе новообразований были доброкачественные новообразования матки (92,4%), молочной железы (3,8%) и кожи (3,8%). Среди болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушений обмена веществ преобладало ожирение (98,6%).

Ведущие ранговые места в нозологической структуре накопленной ХНИБ работников химического производства занимали дорсалгия, артериальная гипертензия, ожирение различных степеней, пресбиопия и доброкачественные образования матки (табл. 2).

Сравнительный анализ структуры накопленной ХНИБ работников производства ПАНВ и работников обрабатывающего производства (группа сравнения) показал существенные различия в нозологическом спектре выявленных нарушений здоровья данных профессиональных когорт. У работников химического производства наиболее распространёнными являлись болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (24,23%), системы кровообращения (16,04%), мочеполовой системы (15,02%), глаза и его придаточного аппарата (14,68%), эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (10,91%), а также новообразования (9,22%). В группе сравнения преобладали болезни глаза и его придаточного аппарата (26,35%), эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (15,5%), системы кровообращения (14,73%), мочеполовой системы (13,95%), костно-мышечной системы и соединительной ткани (12,4%). Было установлено, что распространённость болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани у работников производства ПАНВ в 1,77 раза превышала таковую в группе сравнения ($p < 0,001$). Средние групповые уровни хронической заболеваемости по данному классу болезней среди работников производства ПАНВ были статистически значимо выше по сравнению с группой сравнения ($p = 0,006379$), также в группе сравнения были выявлены более высокие уровни болезней глаза и его придаточного аппарата ($p = 0,000361$).

Оценка причинно-следственной связи выявленных у работников производства ПАНВ наиболее распространённых хронических болезней с воздействием основных факторов

⁶ Класс болезни в соответствии с Международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем, десятого пересмотра (МКБ-10).

Таблица 2 / Table 2

Структура накопленной первичной неинфекционной заболеваемости
Nosological structure of accumulated primary non-infectious morbidity

Ранговое место Rank place	Класс по МКБ-10 ICD-10 class	Нозологическая форма Nosological Form	Код по МКБ-10 ICD-10 code	Удельный вес, % Specific gravity, %
1	XIII	Дорсалгия / Dorsalgia	M54	24.23
2	IX	Эссенциальная (первичная) гипертензия / Essential (primary) Hypertension	I10	14.67
3	IV	Ожирение / Obesity	E66	9.9
4	VII	Пресбиопия / Presbyopia	H52.4	8.87
5	II	Другие доброкачественные новообразования матки Other benign neoplasms of the uterus	D26	8.19
6	XIV	Эндометриоз / Endometriosis	N80	3.75
7	VII	Фоновая ретинопатия и ретинальные сосудистые изменения сетчатки Background retinopathy and retinal vascular changes of the retina	H35.0	2.7
–	–	Другая патология / Other pathology	–	27.69

производственной среды и трудового процесса показала связь средней степени болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (дорсалгии) с тяжестью трудового процесса ($RR = 1,893$; $EF = 47,183\%$; $CI = 1,192-3,007$) и малой степени – болезней глаза и его придаточного аппарата с воздействием акрилонитрила и метилакрилата ($RR = 1,46$; $EF = 31,522\%$; $CI = 1,97-1,082$), что позволило отнести данные патологии к производственно обусловленным болезням.

В то же время результаты корреляционного анализа взаимосвязи возраста работников и длительности их профессионального стажа с распространённостью отдельных нозологий ХНИБ выявили лишь слабые положительные корреляции между возрастным статусом обследованных лиц и артериальной гипертензией ($R_{xy} = 0,28$), ожирением ($R_{xy} = 0,121$) и пресбиопией ($R_{xy} = 0,133$). Профессиональный стаж имел слабую положительную связь лишь с распространённостью пресбиопии ($R_{xy} = 0,239$), ассоциации с другими нозологиями хронической патологии являлись отрицательными.

Обсуждение

В результате проведённых исследований было установлено, что трудовая деятельность работников производства ПАНВ осуществляется в условиях воздействия химических веществ 1–4-го классов опасности в концентрациях, при штатной работе оборудования не превышающих ПДКсс. рз., при нештатных ситуациях превышение ПККмр.рз. составляло 1,4–1,9 раза (классы 3.1–3.2). Воздействие производственного шума (классы 2–3.2), физических перегрузок (класс 2–3.3) и напряжённости трудового процесса (класс 2–3.2) формировало вредные условия труда 1–3-й степени (классы 3.1–3.3). Класс, степень и вредности условий труда (от 3.1 до 3.3 на разных этапах техпроцесса) определяли профессиональный риск для здоровья работников в категориях от малого до высокого.

Сравнительный анализ результатов гигиенических исследований с имеющимися в научных источниках данными о состоянии условий труда в производстве ПАНВ [6–8] свидетельствовал о значительном (в три–четыре раза) снижении в современном производстве интенсивности воздействия акрилонитрила и нагревающего микроклимата (до уровня допустимых). Улучшение состояния воздушной среды связано с герметизацией оборудования, внедрением дистанционного управления, предупреждением непосредственного контакта работников с химическими веществами, а также с эффективностью проводимых предпрятием санитарно-гигиенических и организационных профилактических мер. Данные согласуются с результатами исследований условий труда в других отраслях химической промышленности [10].

Основными химическими веществами, присутствующими в зоне дыхания работников на всех этапах производства ПАНВ, являются акрилонитрил и метилакрилат, представляющие собой акриловые и метакриловые соединения, способные проявлять при поступлении в организм человека политропный характер действия [11]. Акрилонитрил является органическим цианидом, характеризуется общетоксическим, сенсibiliзирующим, репротоксическим, тератогенным, мутагенным, наркотическим, канцерогенным действием на организм человека⁷. При попадании в организм ингаляционным путём и через неповреждённые кожные покровы акрилонитрил вступает в реакции, образуя аммиак, гидроцианид, тиоцианаты, вызывает тканевую гипоксию, поражает систему крови, иммунную, центральную нервную, эндокринную, дыхательную системы, почки, печень [12–14]. Метилакрилат обладает общетоксическим, наркотическим, сенсibiliзирующим, кожно-резорбтивным действием, способен поражать центральную и периферическую нервную систему, органы дыхания, печень, почки, желудочно-кишечный тракт, органы зрения [11, 12]. В клинической картине интоксикации акрилатами преобладают нарушения функции центральной и периферической нервной системы [15]. Меры по оздоровлению рабочей среды положительно сказываются на профессиональном здоровье работников. Так, период с 2017 по 2021 г. в находившейся под наблюдением когорте не было зарегистрировано ни одного случая профессиональной болезни (отравления).

Наиболее распространёнными первично выявленными у работников производства ПАНВ нарушениями здоровья явились болезни опорно-двигательного аппарата и болезни системы кровообращения, частота диагностики которых в группе наблюдения превышала таковую в группе сравнения. Следующие ранговые места занимали болезни мочеполовой системы, болезни глаза и его придаточного аппарата и болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ.

Среди нозологических форм ХНИБ лидирующую позицию занимали дорсалгии различной локализации, этиологически связанные с физическими перегрузками вследствие длительной работы в позе стоя, поддержанием вынужденных рабочих поз, значительными динамическими и статическими нагрузками, приводящими к функциональному перенапряжению опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы [16].

Второе и третье ранговые места занимали артериальная гипертензия (АГ) и ожирение различных степеней. Частота

⁷ Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ. Доступно: <https://www.gpohv.ru/online/> (дата обращения 17.01.2023 г.).

выявления АГ и ожирения среди обследованных работников находились в статистически значимой слабой положительной взаимосвязи с возрастом и в слабой отрицательной связи с профессиональным стажем. При этом наиболее значимый вклад возрастной фактор вносил в формирование артериальной гипертензии, а профессиональный – в формирование пресбиопии. Следует отметить, что производственный шум мог вносить определённый вклад в формирование АГ. Так, результатами многочисленных исследований показано, что хроническое воздействие повышенных уровней звука оказывает влияние на все органы и системы организма и может способствовать повышению артериального давления и развитию гипертензивных реакций с медленным прогрессированием АГ, увеличивая риск сердечно-сосудистых и цереброваскулярных патологий [17, 18].

Кроме того, в развитии болезней системы кровообращения у работников данного производства также возможно участие хронического психоэмоционального напряжения (повышенная ответственность, опасность аварийных ситуаций), приводящего к развитию рабочего стресса, сопряжённого с формированием атерогенности липидного профиля крови, повышенным риском развития АГ и абдоминального ожирения [19, 20].

Сочетанное воздействие факторов различной природы может проявляться синергическим эффектом. Воздействие физического перенапряжения способно усиливать воздействие химических веществ в низких концентрациях, шума и напряжённости труда. Например, мышечное напряжение способно усиливать действие цианистых соединений [21].

Таким образом, работники производства ПАНВ трудятся в условиях сочетанного воздействия производственного шума, физических и психоэмоциональных перегрузок на фоне перманентного контакта с совокупностью токсичных химических веществ, способных приводить к острым и хроническим отравлениям с поражением многих органов и си-

стем. Однако для идентификации этиологического вклада хронических интоксикаций в формирование хронических неинфекционных болезней необходимо проведение углублённых клинико-лабораторных и функциональных исследований состояния здоровья работников в объёме, превышающем расширенное амбулаторное обследование.

Заключение

1. Несмотря на модернизацию производства, ряд профессиональных факторов (производственный шум, тяжесть и напряжённость трудового процесса), характеризующих рабочую среду в современном производстве полиакрилонитрильных волокон, остаются вредными, формируя профессиональный риск для здоровья работников в категориях от малого до высокого.

2. Наиболее распространёнными хроническими неинфекционными патологиями работников производства полиакрилонитрильных волокон были болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, представленные дорсалгиями различной локализации, болезнями системы кровообращения (в основном артериальная гипертензия), болезни глаза и его придаточного аппарата.

3. Установлена причинно-следственная связь средней степени дорсалгии с тяжестью трудового процесса и малой степени пресбиопии с воздействием акрилонитрила и метилакрилата, что свидетельствует о профессиональной обусловленности этих нарушений здоровья.

4. Для разработки целевых мер профилактики хронических неинфекционных болезней, ассоциированных с воздействием производственной среды, у работников производства полиакрилонитрильных волокон необходимы углублённые обследования в условиях стационара, направленные на установление причинно-следственных связей нарушений здоровья на дозонологической стадии с факторами риска.

Литература

(п.п. 1, 13, 16, 18–20 см. References)

2. Короленко А.В., Калачикова О.Н. Детерминанты здоровья работающего населения: условия и характер труда. *Здоровье населения и среда обитания* – *ЗНУСО*. 2020; (11): 22–30. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-332-11-22-30>
3. Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинина А.М., Авдеев С.Н., Агалъцов М.В., Александрова Л.М. и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022; 21(4): 2022–3235. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3235> <https://elibrary.ru/dnbvat>
4. Шевчук В.В., Кашкина В.В. Распространенность и пути профилактики профессиональных заболеваний на предприятиях химической промышленности города Березники. *Евразийский союз ученых*. 2019; (4–1): 52–4. <https://elibrary.ru/tmznbr>
5. Тимошков П.Н., Севастьянов Д.В., Усачева М.Н., Хрульков А.В. Существующие и перспективные технологии получения пан-волокон (обзор). *Труды ВИАМ*. 2019; (11): 68–74. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2019-0-11-68-74> <https://elibrary.ru/xkhnhc>
6. Еникеева Н.А., Островская Р.С., Сыса Л.В. Гигиена труда и состояние здоровья работающих в современном производстве синтетического волокна нитрон. *Гигиена труда и охрана здоровья рабочих в нефтяной и нефтехимической промышленности*. 1976; (9): 22–5.
7. Маврина Е.А. Вопросы общей и профессиональной патологии рабочих производства нитрона. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1980; (4): 18–21.
8. Шустов В.Я., Ольховская А.Г., Кузнецов П.П., Ильина В.А. *Ранняя диагностика интоксикаций в производствах вискозного корда, капрона, нитрона*. Саратов; 1985.
9. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Когортные исследования в здравоохранении. *Наука и здравоохранение*. 2015; (3): 5–16.
10. Тимашева Г.В., Гизатуллина Д.Ф., Гимаева З.Ф., Каримова Л.К., Маврина Л.Н., Бейгул Н.А. Оценка риска ущерба здоровью работников нефтехимических производств при воздействии химического фактора. *Пермский медицинский журнал*. 2016; 33(3): 74–81. <https://elibrary.ru/wcdfpr>
11. Куценко С.А. *Основы токсикологии*. СПб.; 2002.
12. Лазарев Н.В., Левина Э.Н. *Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Том II. Органические вещества*. Ленинград: Химия; 1979.
14. Зайцева Н.В., Долгих О.В., Костарев В.Г., Ширинкина А.С. *Геномные и постгеномные технологии ранней диагностики нарушений здоровья работников, связанных с вредными условиями труда: монография*. Пермь; 2022.
15. Тарских М.М., Климацкая Л.Г., Колесников С.И. Исследование нейротоксичности акрилатов в эксперименте и у рабочих акрилонитрильного производства. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2012; (3–2): 316–8. <https://www.elibrary.ru/pbugrf>
17. Стрижаков Л.А. Артериальная гипертензия на рабочем месте: факторы риска и популяционное значение. *Терапевтический архив*. 2018; 90(9): 138–43. <https://doi.org/10.26442/terarkh2018909138-143> <https://elibrary.ru/xzklb>
21. Заболотских В.В., Васильев А.В., Терещенко Ю.П. Синергетические эффекты при одновременном воздействии физических и химических факторов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016; 18(5–2): 290–5. <https://elibrary.ru/ykhhkx>

References

1. WHO. Noncommunicable Diseases: Mortality; 2019. Available at: https://www.who.int/gho/ncd/mortality_morbidity/en/
2. Korolenko A.V., Kalachikova O.N. Determinants of health of the working population: conditions and nature of work. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – *ZNiSO*. 2020; (11): 22–30. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-332-11-22-30> (in Russian)
3. Drapkina O.M., Kontsevaya A.V., Kalinina A.M., Avdeev S.N., Agal'tsov M.V., Aleksandrova L.M., et al. Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines 2022. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2022; 21(4): 2022–3235. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3235> <https://elibrary.ru/dnbvat> (in Russian)

Original article

4. Shevchuk V.V., Kashkina V.V. The prevalence and ways of prevention of occupational diseases in the chemical industry in Berezniki. *Evrzyskiy soyuz uchenykh*. 2019; (4-1): 52–4. <https://elibrary.ru/tmnzbr> (in Russian)
5. Timoshkov P.N., Sevast'yanov D.V., Usacheva M.N., Khrul'kov A.V. Existing and promising technologies for producing pan fibers (review). *Trudy VIAM*. 2019; (11): 68–74. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2019-0-11-68-74> <https://elibrary.ru/xkhnhc> (in Russian)
6. Enikeeva N.A., Ostrovskaya R.S., Sysa L.V. Occupational health and health status of workers in the modern production of synthetic fiber nitron. *Gigiena truda i okhrana zdorov'ya rabochikh v neftyanoy i neftekhimicheskoy promyshlennosti*. 1976; (9): 22–5. (in Russian)
7. Mavrina E.A. Issues of general and professional pathology of workers in the production of nitron. *Gigiena truda i professional'nye zbolevaniya*. 1980; (4): 18–21. (in Russian)
8. Shustov V.Ya., Ol'khovskaya A.G., Kuznetsov P.P., Il'ina V.A. *Early Diagnosis of Intoxication in the Production of Viscose Cord, Nylon, Nitron [Rannaya diagnostika intoksikatsiy v proizvodstvakh viskoznoy korda, kaprona, nitrona]*. Saratov; 1985. (in Russian)
9. Grzhibovskiy A.M., Ivanov S.V. Cohort studies in health sciences. *Nauka i zdravookhranenie*. 2015; (3): 5–16. (in Russian)
10. Timasheva G.V., Gizatullina D.F., Gimaeva Z.F., Karimova L.K., Mavrina L.N., Beygul N.A. Assessment of risk for health hazard in petrochemical production workers exposed to chemical factor. *Permskiy meditsinskiy zhurnal*. 2016; 33(3): 74–81. <https://elibrary.ru/wcdfph> (in Russian)
11. Kutsenko S.A. *Fundamentals of Toxicology [Osnovy toksikologii]*. St. Petersburg; 2002. (in Russian)
12. Lazarev N.V., Levina E.N. *Harmful Substances in Industry. Handbook for Chemists, Engineers and Doctors. Volume II. Organic Matter [Vrednye veshchestva v promyshlennosti. Spravochnik dlya khimikov, inzhenerov i vrachey. Tom II. Organicheskie veshchestva]*. Leningrad: Khimiya; 1979. (in Russian)
13. Koutros S., Lubin J.H., Graubard B.I., Blair A., Stewart P.A., Beane Freeman L.E., et al. Extended mortality follow-up of a cohort of 25,460 workers exposed to acrylonitrile. *Am. J. Epidemiol.* 2019; 188(8): 1484–92. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz086>
14. Zaytseva N.V., Dolgikh O.V., Kostarev V.G., Shirinkina A.S. *Genomic and Post-Genomic Technologies for Early Diagnosis of Health Disorders in Workers Associated with Hazardous Working Conditions [Genomnye i postgenomnye tekhnologii ranney diagnostiki narusheniy zdorov'ya rabotnikov, svyazannykh s vrednymi usloviyami truda]*. Perm'; 2022. (in Russian)
15. Tarsikh M.M., Klimatskaya L.G., Kolesnikov S.I. Research of neurotoxicity of acrylates in experiment and in workers of acrylonitrile production. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2012; (3–2): 316–8. <https://elibrary.ru/pbgrf> (in Russian)
16. Chen G.X., 't Mannetje A.M., Douwes J., van den Berg L., Pearce N., Kromhout H., et al. Occupation and motor neuron disease: a New Zealand case-control study. *Occup. Environ. Med.* 2019; 76(5): 309–16. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105605>
17. Strizhakov L.A. Arterial hypertension at the workplace: risk factors and the population value. *Terapevicheskiy arkhiv*. 2018; 90(9): 138–43. <https://doi.org/10.26442/terarkh2018909138-143> <https://elibrary.ru/xzlkbl> (in Russian)
18. Golmohammadi R., Darvishi E. The combined effects of occupational exposure to noise and other risk factors – a systematic review. *Noise Health*. 2019; 21(101): 125–41. https://doi.org/10.4103/nah.nah_4_18
19. EU-OSHA. Hupke V. Psychosocial risks and workers health. Available at: https://oshwiki.eu/wiki/Psychosocial_risks_and_workers_health
20. Krajnak K.M. Potential contribution of work-related psychosocial stress to the development of cardiovascular disease and type II diabetes: a brief review. *Environ. Health Insights*. 2014; 8(Suppl. 1): 41–5. <https://doi.org/10.4137/ehi.s15263>
21. Zabolotskikh V.V., Vasil'ev A.V., Tereshchenko Yu.P. Synergetic effects during combined impact of physical and chemical factors. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2016; 18(5–2): 290–5. <https://elibrary.ru/ykhhkx> (in Russian)