



## Влияние состояния здоровья работников на их утомляемость и уязвимость к производственным факторам

Г.А. Сорокин ✉, Н.Д. Чистяков, М.Н. Кирьянова, И.Д. Булавина

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,  
ул. 2-я Советская, д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Для повышения надежности прогнозных моделей риска здоровью работающих необходимо учитывать индивидуальные характеристики работников, прежде всего их возраст и состояние здоровья. Для выявления и оценки «уязвимости» (vulnerability) человека к воздействию внешних факторов необходимо использовать критерий «утомляемость» работника (fatigability).

**Цель исследования** – изучить количественные закономерности связи утомляемости и уязвимости работников к производственным факторам с состоянием их здоровья.

**Материалы и методы.** В обследовании принимали участие работники разных сфер занятости: работники промышленности (751 человек), здравоохранения (750), образования (193), общественного питания (229), проходившие медосмотр и стандартизированный медико-экологический опрос на базе ФБУН СЗНЦ. Период исследования – 5 лет (2016–2021 гг.). Оценивалась уязвимость работников к факторам: рабочая нагрузка; дисбаланс усилий и вознаграждения; шум; микроклимат; качество воздуха; недостаток свободного времени. Рассчитывался относительный риск уязвимости – превышения его значения у работников с нарушением здоровья относительно работников без нарушения здоровья.

**Результаты.** Установлено повышение уязвимости к производственным факторам условий труда у работников с наличием хронических заболеваний и при ухудшении состояния здоровья в течение года. Производственные факторы ранжированы по критерию уязвимости (утомляемости) при нарушении состояния здоровья работника.

**Выводы.** Нарушение состояния здоровья работника, определяемое по данным периодического медицинского осмотра, повышает частоту уязвимости работников к большинству производственных факторов в 1,2–2,5 раза. Отрицательная динамика состояния здоровья работниковкратно повышает частоту их уязвимости ко всем изученным производственным факторам. Уязвимость к рабочей нагрузке возрастает в диапазоне от 1,3 до 12 раз при всех изученных вариантах нарушения состояния здоровья работников.

**Ключевые слова:** работоспособность, риск усталости, интенсивность труда, возрастная уязвимость работников, факторы производственной среды, риск здоровью.

**Для цитирования:** Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Кирьянова М.Н., Булавина И.Д. Влияние состояния здоровья работников на их утомляемость и уязвимость к производственным факторам // *Здоровье населения и среда обитания*. 2023. Т. 31. № 2. С. 38–46. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-2-38-46>

## Impact of the Health Status of Workers on Their Fatigability and Vulnerability to Occupational Risk Factors

Gennady A. Sorokin, ✉ Nikolay D. Chistyakov, Marina N. Kir'yanova, Irina D. Bulavina

North-West Public Health Research Center,  
4, 2<sup>nd</sup> Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** To improve the reliability of predictive models of workers' health risk, it is necessary to take into account individual characteristics of workers, especially their age and health status. Fatigability should be used to identify and assess vulnerability of an employee to effects of external factors.

**Objective:** To study quantitative patterns of the relationship between the health status of workers and their fatigability and vulnerability to occupational risk factors.

**Materials and methods:** The study was conducted in 2016–2021 and involved 751 industrial workers, 750 healthcare professionals, 193 educators, and 229 public catering employees, who underwent a medical examination and a standardized medical and environmental survey at the North-West Public Health Research Center in St. Petersburg. We assessed vulnerability of employees to such occupational factors as the workload, effort-reward imbalance, noise, microclimate, air quality, and lack of free (nonworking) time. We also assessed and compared the relative risk of vulnerability for workers with/without health disorders.

**Results:** We established increased vulnerability to occupational risk factors in the workers with chronic diseases and health deterioration observed during the previous year. Occupational factors were ranked by the criterion of vulnerability (fatigability) for those with the impaired health status.

**Conclusions:** Health impairments of the employees revealed in the course of periodic medical examinations induce a 1.2–2.5-fold increase in the frequency of vulnerability to most occupational risk factors. Deteriorating health causes a fold increase in the frequency of vulnerability to all occupational factors considered. All workers' health disorders under study cause a 1.3 to 12-fold increase in vulnerability to the workload.

**Keywords:** performance, fatigue risk, labor intensity, age-related vulnerability of workers, occupational factors, health risk.

**For citation:** Sorokin GA, Chistyakov ND, Kir'yanova MN, Bulavina ID. Impact of the health status of workers on their fatigability and vulnerability to occupational risk factors. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(2):38–46. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-2-38-46>

**Введение.** Для повышения эффективности государственной политики в области здравоохранения необходимы знания о количественных зависимостях между профессиональными, экологическими и социальными стрессорами и их последствиями для человека. В работе [1] предложена концептуальная модель этих зависимостей, в основе которой находится положение, что первопричиной, начальной стадией

и сопутствующим компонентом почти всех заболеваний, связанных с профессией, является хроническое утомление, которое возникает при кумуляции следов острого утомления, возникающего в рабочие дни и недели. Общеизвестно, что для повышения надежности прогнозных моделей риска здоровью работающих необходимы кроме нормирования факторов рабочей среды и трудового процесса<sup>1</sup> индивидуальные

<sup>1</sup> Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». СПб.: ЦОТПСППО, 2005. 144 с.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-2-38-46>  
Original Research Article

характеристики работников. К последним прежде всего относятся возраст и состояние здоровья<sup>2</sup>. Публикаций об учете возраста работников при прогнозировании рисков здоровью, связанных с профессией [2–4], значительно больше, чем исследований, описывающих их влияние на состояние здоровья. Среди индивидуальных характеристик изучено влияние возраста, пола [5–7], иммунологических показателей на состояние здоровья работников [8]. В исследовании [9] установлена зависимость индивидуального профессионального риска от возраста и группы диспансерного наблюдения 30 работников компрессорной станции. Состояние здоровья оценивалось по группе диспансерного наблюдения, установленной работнику по результатам периодического медицинского осмотра. Например, если работник относится к группе диспансерного наблюдения Д-3, показатель его состояния здоровья равен трем. Одночисловая оценка состояния здоровья по номеру диспансерной группы экспериментально не обоснована с позиции критерия риска нарушения здоровья и не имеет физиологического смысла.

**Цель исследования** – изучить количественные закономерности связи утомляемости и уязвимости работников к производственным факторам с состоянием их здоровья.

Задачами исследования было определить влияние его нарушений на утомляемость и уязвимость к факторам условий труда: 1) рабочая нагрузка; 2) дисбаланс усилий и вознаграждения; 3) шум; 4) микроклимат; 5) качество воздуха; 6) недостаток свободного вне рабочего времени.

**Материалы и методы.** Обследовались работники разных сфер занятости: промышленности (751 человек); здравоохранения (750); образования (193); общественного питания (229), проходившие обязательный периодический медицинский осмотр согласно приказу Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29н<sup>3</sup> и стандартизированный [10, 11] медико-экологический опрос в ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья». Период исследования – 5 лет (2016–2021 гг.), общее число обследованных – 1923 человека. Характеристика обследованных групп работников по полу и возрасту представлена в табл. 1.

Исследование одобрено на заседании ЛЭК № 2021/30.4 от 16.03.2021. От участников исследования получено добровольное информированное

согласие на обработку персональных данных. По соображениям статистической достоверности более глубокий анализ проведен с более многочисленными группами работников из обследованных – промышленности и здравоохранения (1501 человек). Для оценки состояния здоровья использовались 6 критериев:

1) наличие 1 или более диагнозов хронических болезней (ХБ) физиологических систем – сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной; мочеполовой;

2) диагноз «гипертония» (ГБ);

3) нарушения эндокринной системы (ЭС);

4) количество дней болезней за год – 2 недели и более (КБ);

5) отрицательная динамика субъективного здоровья за год (ДЗ, увеличение риска здоровью работника в течение года);

6) кумуляция усталости (КУ) в течение рабочего года [10, 11].

Для каждого критерия состояния здоровья в группе работников определялась оценка уязвимости (УЯЗ) к конкретному производственному фактору. Оценка производилась по соотношению:

$$\text{УЯЗ (\%)} = 100 \times (\text{КЧ}^+ / \text{КЧ}), \quad (1)$$

где КЧ<sup>+</sup> – количество работников, указавших, что производственный фактор оказывает умеренное или сильное влияние на усталость и напряжение на рабочем месте; КЧ – общее количество работников в группе.

Анализировались 20 производственных факторов, из которых для углубленного анализа были отобраны 6 факторов, наиболее часто оцениваемых работниками как причины утомления и стресса [11]: 1) рабочая нагрузка; 2) дисбаланс усилий и вознаграждения; 3) шум; 4) микроклимат (температура, влажность, сквозняки); 5) качество воздуха (загазованность, запыленность); 6) недостаток свободного вне рабочего времени.

По каждому критерию здоровья работнику присваивалось значение 0 или 100 (общепринятые обозначения для двухбалльной/бинарной шкалы<sup>4</sup>): 100 – если у работника выявлено нарушение здоровья; 0 – если нарушение не выявлено. Для каждого производственного фактора каждому работнику присваивалась оценка уязвимости: 100 – фактор

Таблица 1. Характеристика обследованных групп работников

Table 1. Description of the groups of workers surveyed

Предприятие, отрасль / Enterprise, industry	Категория работника, профессия / Occupation	Человек в группе / Number of workers in the group	Доля женщин / Proportion of women, %	Средний возраст, лет / Mean age, years
Промышленность / Industry	Рабочие основных цехов, руководители (бригадир, мастер) / Core personnel, foremen	751	15,4	47,9
Здравоохранение / Healthcare	Врач, медсестра / Medical doctor, nurse	750	84,8	45,3
Образование / Education	Преподаватель университета, школьный учитель / University lecturer, school teacher	193	86,5	41,1
Общественное питание / Public catering	Работники предприятий общественного питания / Public catering personnel	229	87,3	48,9

<sup>2</sup> Критерии оценки профессиональных рисков работников ОАО «РЖД», непосредственно связанных с движением поездов». Распоряжение ОАО «Российские железные дороги» 21 декабря 2009 г. № 2631р. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.businesspravo.ru/docum/documshow\\_documid\\_167300.html](http://www.businesspravo.ru/docum/documshow_documid_167300.html) (дата обращения: 08.02.2023).

<sup>3</sup> Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».

<sup>4</sup> All terms in SIO Binary scale. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ebi.ac.uk/ols/ontologies/sio/terms> (дата обращения: 08.02.2023).

оказывает умеренное или сильное влияние на усталость и напряжение работника; 0 – фактор не оказывает или оказывает небольшое влияние на рабочем месте.

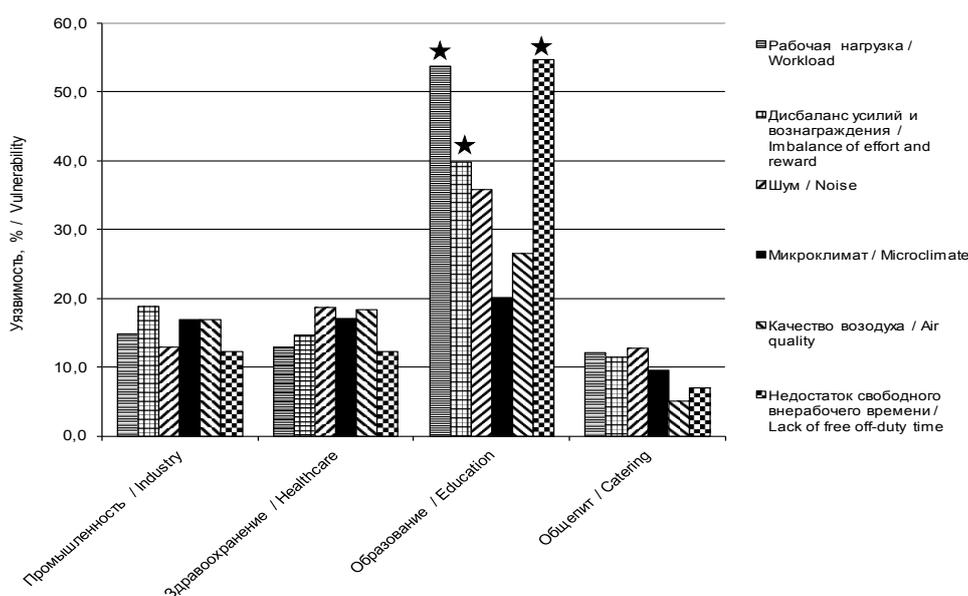
Для сравнительной оценки УЯЗ к производственным факторам в группах, различных по критериям состояния здоровья, рассчитывался относительный риск (RR) превышения его значения у работников с нарушением здоровья («больные») относительно работников без нарушения здоровья («здоровые»):

$$RR^i = \frac{УЯЗ_{бол}}{УЯЗ_{зд}}, \quad (2)$$

где  $RR^i$  относительный риск уязвимости работников к  $i$ -му фактору производственному фактору.  $УЯЗ_{бол}$  (%) – риск (вероятность) уязвимости «больных» работников к  $i$ -му фактору;  $УЯЗ_{зд}$  (%) – уязвимость «здоровых» работников к  $i$ -му производственному фактору.

Для учета влияния возраста на УЯЗ в формуле (1) рассчитывались линейные регрессии «УЯЗ (%) – возраст (лет)». Определялись: средние значения УЯЗ (%) и их статистические ошибки; фактические значения RR и их 95 % доверительный интервал. Использовалась компьютерная программа для статистической обработки данных SPSS 11.5.

**Результаты.** Ниже приведены результаты оценки уязвимости к производственным факторам для работников четырех изученных сфер занятости и данные, характеризующие уязвимость к производственным факторам в зависимости от состояния здоровья и утомляемости – для работников промышленности и здравоохранения (углубленный анализ). На рис. 1 показана частота уязвимости к изученным производственным факторам среди работников разных сфер занятости. Видно, что уязвимость ко всем изученным производственным факторам наиболее часто наблюдается среди работников образования: 1) рабочая нагрузка –  $53,6 \pm 5,2$  %; 2) дисбаланс усилий и вознаграждения –  $39,7 \pm 5,1$  %; 3) шум –  $35,9 \pm 5,0$  %; 4) микроклимат –  $20,2 \pm 4,1$  %; 5) качество воздуха –  $26,6 \pm 4,5$  %; 6) недостаток свободного внерабочего времени –  $57,2 \pm 5,2$  %.



Примечание: звездочками указаны столбцы, показывающие достоверное (> 95 %) отличие уязвимости работников образования.  
Note: Asterisks indicate a significant (> 95 %) difference in the vulnerability of educational workers.

Рис. 1. Уязвимость работников разных сфер занятости к производственным факторам

Fig. 1. Vulnerability of workers in various career fields to occupational risk factors

Работники сферы общепита наименее часто уязвимы к изученным производственным факторам (5–12 %). В сфере промышленности и здравоохранения количество уязвимых работников к производственным факторам составляет 12–19 %.

В табл. 2 приведены данные, характеризующие уязвимость к производственным факторам работников, занятых в сферах промышленности и здравоохранения, с различным состоянием здоровья по критерию ХБ. Видно, что работники промышленных предприятий с наличием хронических заболеваний более уязвимы ко всем изученным производственным факторам. Однако у них для каждого фактора возрастает величин УЯЗ является статистически недостоверным. У работников здравоохранения с наличием хронических заболеваний возрастание риска уязвимости наблюдается для 4 факторов из 6 – рабочая нагрузка, шум и качество воздуха на рабочем месте, свободное внерабочее время.

В табл. 3 приведены данные, характеризующие уязвимость к производственным факторам работников промышленности и здравоохранения в зависимости от наличия у них гипертонической болезни. Видно, что в обеих сферах занятости у работников с ГБ существенно (более чем в 2 раза) возрастает уязвимость только к фактору «рабочая нагрузка». Уязвимость к остальным производственным факторам у работников здравоохранения уменьшается при наличии ГБ. Такая же закономерность наблюдается у работников промышленности, за исключением фактора «дисбаланс усилий и вознаграждения».

На рис. 2 показана уязвимость работников в зависимости от наличия у них нарушений эндокринной системы. У работников, занятых в промышленности и здравоохранении, существенно возрастает уязвимость ко всем производственным факторам, за исключением фактора «недостаток свободного внерабочего времени». У работников промышленности с нарушением ЭС все производственные факторы, за исключением психосоциального фактора «дисбаланс усилий и вознаграждения», влияют на УЯЗ в большей степени,

**Таблица 2. Влияние на уязвимость к производственным факторам наличия у работника одного или более диагнозов хронического заболевания****Table 2. Impact of chronic diseases in the medical history on vulnerability of the workers to occupational risk factors**

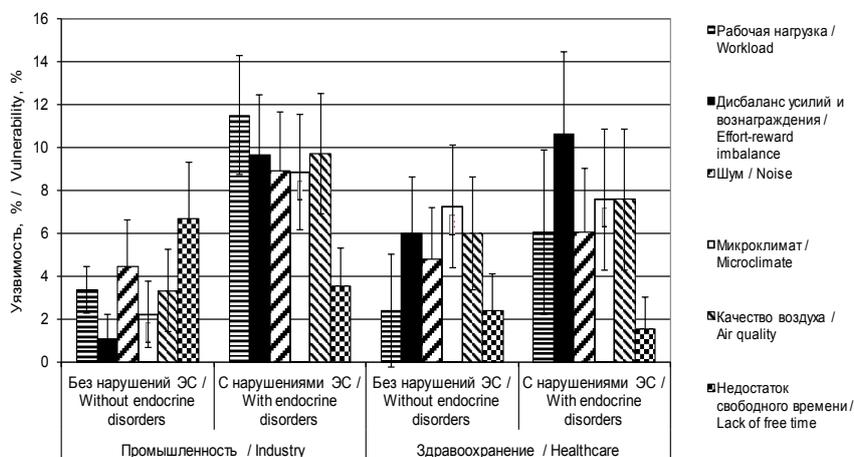
Производственные факторы / Occupational factors	Уязвимость к факторам, % / Vulnerability to factors, %			
	Промышленность / Industry		Здравоохранение / Healthcare	
	Наличие диагноза, ХБ / A chronic disease in the medical history			
	Нет / No	Есть / Yes	Нет / No	Есть / Yes
	Количество человек / Number of workers; Средний возраст в группе / Mean age of the group			
	136; 45,4 лет /years	238; 53,3 лет /years	213; 39,5 лет /years	329; 50,5 лет /years
Рабочая нагрузка / Workload	5,0 ± 2,5	9,8 ± 2,7	1,8 ± 1,8	5,4 ± 2,4
Дисбаланс усилий и вознаграждения / Effort-reward imbalance	5,0 ± 2,4	6,5 ± 2,2	8,9 ± 3,8	7,5 ± 2,8
Шум / Noise	3,8 ± 2,1	9,0 ± 2,6	3,6 ± 2,5	6,5 ± 2,6
Микроклимат / Microclimate	5,0 ± 2,5	6,5 ± 2,2	8,9 ± 3,8	6,5 ± 2,6
Качество воздуха / Air quality	5,0 ± 2,5	8,1 ± 2,5	5,4 ± 3,0	7,5 ± 2,8
Недостаток свободного вне рабочего времени / Lack of free (nonworking) time	5,0 ± 2,5	4,9 ± 2,9	1,8 ± 1,8	2,2 ± 1,5

**Таблица 3. Влияние на уязвимость работника к производственным факторам гипертонической болезни****Table 3. Impact of hypertension in the medical history on vulnerability of the workers to occupational risk factors**

Производственные факторы / Occupational factors	Частота уязвимости к факторам, % / Frequency of vulnerability to factors, %			
	Промышленность / Industry		Здравоохранение / Healthcare	
	Наличие гипертонической болезни, ГБ / Hypertension in the medical history			
	Нет / No	Есть / Yes	Нет / No	Есть / Yes
	Количество человек / Number of workers; Средний возраст в группе / Mean age of the group			
	282; 47,3 лет /years	152; 57,6 лет /years	310; 41,1 лет /years	232; 53,1 лет /years
Рабочая нагрузка / Workload	5,1 ± 1,9	13,8 ± 4,3*	2,5 ± 1,8	5,7 ± 2,8
Дисбаланс усилий и вознаграждения / Effort-reward imbalance	5,8 ± 2,0	6,1 ± 3,0	8,9 ± 3,2	7,1 ± 3,1
Шум / Noise	8,1 ± 2,3	4,5 ± 2,6	6,3 ± 2,8	4,3 ± 2,4
Микроклимат / Microclimate	7,3 ± 2,2	3,0 ± 2,1	10,1 ± 3,4	4,3 ± 2,4
Качество воздуха / Air quality	7,3 ± 2,2	6,1 ± 3,0	7,6 ± 3,0	5,7 ± 2,8
Недостаток свободного вне рабочего времени / Lack of free (nonworking) time	5,8 ± 2,0	3,0 ± 2,1	2,5 ± 1,8	1,4 ± 1,4

Примечание: \* достоверное (> 95 %) различие в группах работников промышленности, имеющих/не имеющих диагноз ГБ.

Note: \*A significant (> 95 %) difference between the groups of industrial workers with/without hypertension.

**Рис. 2. Уязвимость к производственным факторам работников промышленности и здравоохранения в зависимости от наличия диагноза «нарушение эндокринной системы»****Fig. 2. Vulnerability of industrial and healthcare workers to occupational risk factors depending on the presence/absence of endocrine disorders**

чем у работников здравоохранения. У работников обеих сфер занятости наиболее часто влияет на УЯЗ фактор «рабочая нагрузка». При диагнозе «нарушение эндокринной системы» УЯЗ к этому фактору возрастает в 3,4 раза у промышленных работников и в 2,4 раза у работников здравоохранения. Среди работников промышленности с диагнозом «нарушение ЭС» частота УЯЗ к фактору «дисбаланс усилий и вознаграждения» возрастает в 8,7 раза, у работников с ЭС частота УЯЗ к этому фактору возрастает в меньшей степени – в 1,8 раза. Последнее обусловлено высокой частотой УЯЗ к этому фактору у работников здравоохранения без нарушений ЭМ.

На рис. 3 помещены результаты исследования, характеризующие уязвимость к производственным факторам работников в зависимости от годовой динамики состояния их здоровья. При отрицательной

годовой динамике здоровья уязвимость промышленных и медицинских работников ко всем производственным факторам в 2–3 раза больше, чем при положительной и стабильной ДЗ.

В табл. 4 помещены данные об УЯЗ работников промышленности и здравоохранения в зависимости от длительности их болезней в течение года. Видно, что у длительно болеющих работников, занятых в промышленности, уязвимость возрастает только к фактору «рабочая нагрузка». У длительно болеющих работников здравоохранения УЯЗ возрастает ко всем производственным факторам, кроме психосоциального – «дисбаланс усилий и вознаграждения».

В табл. 5 помещены данные об УЯЗ работников промышленности и здравоохранения в зависимости от кумуляции усталости в течение рабочего года. У работников с умеренной и большой степенью

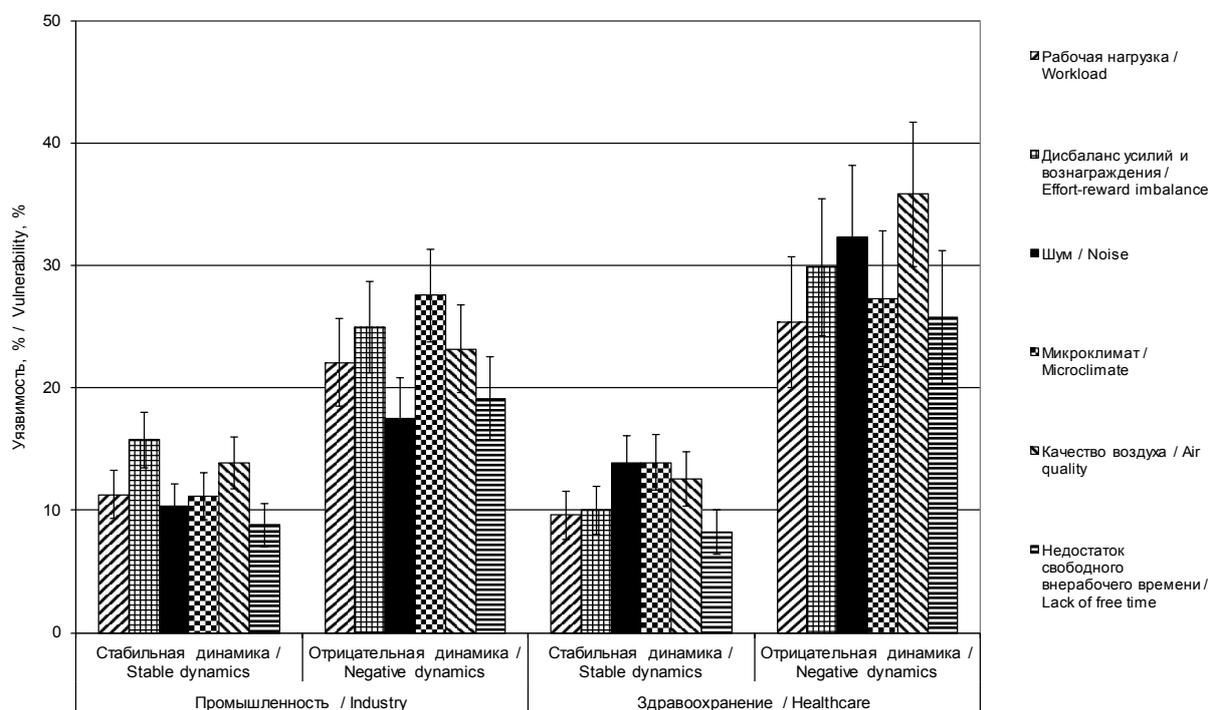


Рис. 3. Уязвимость работников к производственным факторам в зависимости от годовой динамики состояния их здоровья (ДЗ)  
Fig. 3. Vulnerability of workers to occupational risk factors depending on the annual dynamics of their health status

Таблица 4. Влияние длительности заболеваний работников в течение года на их уязвимость к производственным факторам  
Table 4. Impact of the annual length of sickness absence on vulnerability of workers to occupational risk factors

Производственные факторы / Occupational factors	Частота уязвимости к факторам, % / Frequency of vulnerability to factors, %			
	Промышленность / Industry		Здравоохранение / Healthcare	
	Длительность заболеваний в течение года (недель) / Annual length of sickness absence (weeks)			
	< 2	> 2	< 2	> 2
	Количество человек / Number of workers; Средний возраст в группе / Mean age of the group			
	564; 50,0 лет /years	183; 44,6 лет /years	573; 44,6 лет /years	124; 45,8 лет /years
Рабочая нагрузка / Workload	13,9 ± 2,0	18,1 ± 4,2	11,7 ± 2,0	21,3 ± 6,0
Дисбаланс усилий и вознаграждения / Effort-reward imbalance	20,2 ± 2,3	14,5 ± 3,9	14,9 ± 2,3	12,8 ± 4,9
Шум / Noise	13,4 ± 1,9	11,8 ± 3,5	16,1 ± 2,3	28,3 ± 6,7
Микроклимат / Microclimate	18,2 ± 2,2	12,9 ± 3,7	16,4 ± 2,3	20,0 ± 6,0
Качество воздуха / Air quality	18,9 ± 2,2	10,6 ± 3,4	17,6 ± 2,4	19,1 ± 5,8
Недостаток свободного внерабочего времени / Lack of free (nonworking) time	12,51,9	10,6 ± 3,4	11,6 ± 2,0	14,9 ± 5,2

https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-2-38-46  
Original Research Article

накопления усталости уязвимость возрастает ко всем производственным факторам у работников как промышленности, так и здравоохранения. Для разных производственных факторов диапазон возрастания УЯЗ составляет от 1,5 до 19 раз.

В табл. 6 представлены сводные данные об относительном риске повышения УЯЗ работников промышленности и здравоохранения в зависимости от нарушений состояния здоровья. Из изученных производственных факторов только утомительная «рабочая нагрузка» повышает УЯЗ при всех шести видах нарушения состояния здоровья работников.

Среди работников здравоохранения, у которых наблюдается кумуляция утомления в течение рабочего года, рабочая нагрузка, превышающая их индивидуальный диапазон работоспособности [12–18], в 12 раз повышает УЯЗ. У работников, занятых в промышленности, психосоциальный фактор условий труда «дисбаланс усилий и вознаграждения» повышает УЯЗ при всех видах нарушения здоровья, кроме «длительные болезни в течение года». У работников здравоохранения уязвимость к факторам «шум», «микроклимат» наблюдается при всех нарушениях здоровья, кроме наличия ГБ. При кумуляции усталости в течение года

**Таблица 5. Влияние на уязвимость к производственным факторам накопления у работника усталости за год**  
**Table 5. Impact of annual accumulation of fatigue on vulnerability of the workers to occupational risk factors**

Производственные факторы / Occupational factors	Частота уязвимости к факторам, % / Frequency of vulnerability to factors, %			
	Промышленность / Industry		Здравоохранение / Healthcare	
	Накопление усталости в течение рабочего года (KY) / Fatigue accumulation during the working year			
	Отсутствует или небольшое / None or small	Умеренное или большое / Moderate or large	Отсутствует или небольшое / None or small	Умеренное или большое / Moderate or large
	Количество человек / Number of workers; Средний возраст в группе / Mean age of the group			
	227; 49,3 лет /years	327; 48,0 лет /years	356; 45,0 лет /years	200; 47,7 лет /years
Рабочая нагрузка / Workload	5,0 ± 2,2	10,8 ± 3,0	1,0 ± 1,0	13,6 ± 4,5
Дисбаланс усилий и вознаграждения / Effort-reward imbalance	3,9 ± 1,9	9,9 ± 2,8	3,1 ± 1,8	18,6 ± 5,1
Шум / Noise	3,0 ± 1,7	10,9 ± 3,0	3,1 ± 1,8	11,5 ± 4,1
Микроклимат / Microclimate	1,0 ± 1,0	11,7 ± 3,1	2,1 ± 1,5	16,9 ± 4,9
Качество воздуха / Air quality	4,0 ± 2,0	10,8 ± 3,0	1,0 ± 1,0	18,6 ± 5,1
Недостаток свободного вне рабочего времени / Lack of free (nonworking) time	4,0 ± 2,0	6,3 ± 2,3	2,1 ± 1,5	8,5 ± 3,7

**Таблица 6. Относительные риски уязвимости к производственным факторам работников с различными видами нарушения состояния здоровья**

**Table 6. Relative risks of vulnerability to occupational factors in the workers with various health disorders**

Факторы / Factors	Сфера занятости / Sphere of work	Относительные риски повышения уязвимости к производственным факторам, RR (ДИ) / Relative risks of increased vulnerability to occupational factors, RR (CI)					
		Нарушения состояния здоровья / Health disorders					
		Хроническая болезнь / Chronic disease	Гипертония / Hypertension	Нарушение эндокринной системы / Endocrine disorders	Длительные болезни / Long-term conditions	Кумуляция усталости / Fatigue accumulation	Отрицательная динамика здоровья / Deteriorating health status
Рабочая нагрузка / Workload	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	1,89 (0,85–4,21)	2,78 (1,46–5,31)	3,33 (1,41–7,85)	1,30 (0,90–1,89)	2,21 (1,15–4,26)	1,97 (1,41–2,75)
		2,91 (1,00–8,49)	2,17 (0,92–5,15)	2,54 (1,05–6,13)	1,79 (1,19–2,70)	12,02 (4,27–33,85)	2,62 (1,78–3,86)
Дисбаланс усилий и вознаграждения / Effort-reward imbalance	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	1,24 (0,53–2,88)	1,04 (0,47–2,31)	8,26 (1,98–34,5)	0,70 (0,48–1,04)	2,47 (1,20–5,07)	1,59 (1,19–2,13)
		0,88 (0,50–1,56)	1,48 (0,84–2,62)	1,71 (0,96–3,05)	0,84 (0,51–1,38)	5,99 (3,12–11,47)	2,93 (2,04–4,20)
Шум / Noise	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	2,46 (0,97–6,26)	0,57 (0,25–1,29)	1,98 (0,91–4,33)	0,90 (0,58–1,41)	3,57 (1,62–7,88)	1,62 (1,12–2,34)
		1,70 (0,77–3,77)	0,67 (0,32–1,40)	1,27 (0,63–2,58)	1,37 (0,97–1,94)	3,72 (1,85–7,48)	2,78 (2,01–3,83)
Микроклимат / Microclimate	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	1,24 (0,43–2,88)	0,44 (0,17–1,15)	3,79 (1,33–10,8)	0,72 (0,48–1,08)	13,35 (3,25–54,79)	2,49 (1,81–3,43)
		0,72 (0,39–1,30)	0,43 (0,22–0,86)	1,07 (0,59–1,95)	1,23 (0,83–1,83)	8,65 (3,91–19,14)	2,30 (1,62–3,25)
Качество воздуха / Air quality	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	1,01 (0,42–2,42)	0,80 (0,37–1,69)	2,87 (1,20–6,85)	0,55 (0,35–0,87)	2,70 (1,32–5,51)	1,68 (1,23–2,29)
		1,47 (0,74–2,93)	0,72 (0,38–1,39)	1,25 (0,67–2,33)	1,10 (0,74–1,64)	16,47 (5,96–45,52)	2,83 (2,07–3,89)
Недостаток свободного вне рабочего времени / Lack of free (nonworking) time	ПРОМ / IND ЗДРАВ / HEALTH	0,98 (0,41–2,34)	0,58 (0,22–1,55)	0,52 (0,22–1,20)	0,83 (0,51–1,33)	1,62 (0,76–3,47)	2,17 (1,49–3,18)
		0,45 (0,18–1,17)	0,50 (0,13–1,87)	0,68 (0,20–2,78)	1,24 (0,77–2,01)	4,32 (1,82–10,25)	3,16 (2,12–4,72)

Сокращения: ПРОМ – промышленность; ЗДРАВ – здравоохранение.

Abbreviations: RR, relative risk; CI, confidence interval; IND, industry; HEALTH, healthcare.

и при отрицательной годовой динамике здоровья наблюдается повышение УЯЗ при недостатке свободного рабочего времени [19–21].

Регрессионный анализ зависимости УЯЗ от возраста работников показал, что уязвимость ко всем изученным производственным факторам возрастает. Возрастание риска УЯЗ составляет 0,2–0,4 % при увеличении возраста работника на 1 год. Риски нарушения здоровья увеличиваются: хроническое заболевание (ХБ) – 1,4 % за 1 год возраста; гипертония – 1,7 %; нарушение эндокринной системы – 1,2 %; отрицательная годовая динамика здоровья – 0,3 %; длительные болезни в течение года – 0,2 %; годовая кумуляция усталости – 0,0 %.

**Обсуждение.** Учет состояния здоровья работников в прогнозных моделях риска является необходимым условием повышения их надежности. В этой связи полученные данные представляют полезный материал, который необходимо разрабатывать в разных аспектах: различные критерии оценки степени нарушения состояния здоровья работников, дополнение использованных субъективных показателей УЯЗ объективными параметрами выносливости и уязвимости; конкретизация с позиции риска здоровью методов оценки психосоциальных и гигиенических параметров условий труда. В ходе исследования выявлены количественные закономерности взаимосвязи состояния здоровья работников и их уязвимости к изученным факторам производственной среды. Современные литературные данные о связи утомляемости и уязвимости работников к производственным факторам с состоянием их здоровья рассматривают только отдельные аспекты проблемы. Наиболее часто уязвимость к рабочей нагрузке, шуму, микроклимату и качеству воздуха на рабочем месте, к дисбалансу усилий и вознаграждения, к недостатку свободного рабочего времени наблюдается у работников образования (рис. 1). Наименее уязвимы к указанным факторам работники общепита. У работников, имеющих хронические заболевания, занятых на промышленных предприятиях, наблюдается повышенная уязвимость ко всем изученным производственным факторам (табл. 2). Такая же закономерность наблюдается у них при наличии длительных болезней (табл. 4). У работников промышленности и здравоохранения, имеющих гипертоническую болезнь, существенно увеличивается уязвимость к рабочей нагрузке (табл. 3). У этих же работников при нарушении эндокринной системы увеличивается уязвимость ко всем производственным факторам. Аналогичная закономерность выявлена у работников здравоохранения при наличии у них длительных заболеваний (табл. 4). При отрицательной динамике здоровья у них также существенно больше уязвимость к производственным факторам условий труда (рис. 3).

#### Выводы

1. Нарушение состояния здоровья, определяемое по наличию хронического заболевания сердечно-сосудистой или дыхательной, пищеварительной, мочевыделительной систем, повышает частоту уязвимости промышленных работников к большинству производственных факторов 1,2–2,5 раза, у медицинских работников повышается уязвимость к факторам «рабочая

нагрузка» и «дисбаланс усилий и вознаграждения» в 2,2 и 1,5 раза соответственно.

2. Отрицательная динамика состояния здоровья в течение года и годовое накопление усталости у работников промышленности и здравоохранения кратно повышает частоту их уязвимости ко всем изученным производственным факторам.

3. Уязвимость к рабочей нагрузке возрастает в диапазоне от 1,3 до 12 раз при всех изученных вариантах нарушения состояния здоровья работников промышленности и здравоохранения.

4. Уязвимость к производственным факторам наиболее часто наблюдается среди работников образования: 1) рабочая нагрузка – 53,6 %; 2) дисбаланс усилий и вознаграждения – 39,7 %; 3) шум – 35,9 %; 4) микроклимат (температура, влажность, сквозняки) – 20,2 %; 5) качество воздуха (загазованность, запыленность) – 26,6 %; 6) недостаток свободного рабочего времени – 57,2 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Сулов В.Л. Влияние усталости и переутомления на общую заболеваемость работников // Медицина труда и промышленная экология. 2019. № 8. С. 494–500. doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-494-500
2. Рокед С. Человек уставший. Пер. с англ. 2-е изд. М.: Альпина паблишер, 2016. 280 с.
3. Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Шилов В.В. Возрастная уязвимость работников к факторам производственной среды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 807–811. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
4. Сорокин Г.А., Кирьянова М.Н., Булавина И.Д. Профессиональные и индивидуальные особенности возрастной динамики снижения работоспособности // «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: 25-27 ноября 2021 г., Санкт-Петербург. ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого», ЧОУ ВО «СПбМСи». Т. 16. Ч. 3. С. 907–912.
5. Семина Е.В. Оценка влияния производственной среды на состояние здоровья работающего населения // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25. № 1. С. 198–206.
6. Панькова П.Е. Влияние утомления работников на уровень профессионального риска // Академическая публицистика. 2019. № 2. С. 180–184.
7. Максимов С.А., Иванова О.А., Максимова Е.В. Влияние биологических и социальных факторов на работоспособность работников умственного труда. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. Acta Biomedica Scientifica. 2012. Т. 5. № 2. С. 86–89.
8. Масыгутова Л.М., Гизатуллина Л.Г., Власова Н.В., Хайруллин Р.У., Садртдинова Г.Р., Бахиров А.Б. Персонализированные подходы при организации риск-ориентированного медицинского наблюдения в условиях обсемененности воздуха рабочей зоны условно-патогенными микроорганизмами // Пермский медицинский журнал. 2018. Т. 35. № 5. С. 51–56. doi: 10.17816/ptj35551-56
9. Шендакова Т.А., Алибекова И.В. Индивидуальный профессиональный риск работников в допустимых условиях труда // Проблемы анализа риска. 2020. Т. 17. № 2. С. 86–93. doi: 10.32686/1812-5220-2020-17-2-86-9
10. Воронин В.А., Сорокин Г.А., Плеханов В.П. Анамнестический метод изучения причинно-следственных связей между состоянием общественного здоровья производственными, экологическими и социальными факторами // Медицина труда и промышленная экология. 1995. № 11. С. 40–43.
11. Сорокин Г.А. Интегральная оценка психосоматических симптомов профессионального выгорания и его профилактики // Вестник Росздравнадзора, 2018. №1. С. 40–45.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-2-38-46>

Original Research Article

12. Трахтенберг И., Поляков А. Очерки физиологии и гигиены труда пожилого человека. Киев: Издательский дом «Авиценна», 2007. 272 с.
13. Boisard P, Gollac M, Valeyre A, Cartron D. Time and work: work intensity (report). European Foundation for the Improvement of Living and Working Condition, Dublin. Published May 8, 2003. Accessed August 20, 2022. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2003/working-conditions/time-and-work-work-intensity-report>
14. Conway SH, Pompeii LA, de Porras DGR, Follis JL, Roberts RE. The identification of a threshold of long work hours for predicting elevated risks of adverse health outcomes. *Am J Epidemiol*. 2017;186(2):173–183. doi: 10.1093/aje/kwx003
15. Сорокин Г.А., Шилов В.В. Оценка годового прироста риска нарушения здоровья работников при высокой интенсивности труда // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 6. С. 618–623. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623
16. Сорокин Г.А. Физиологический анализ и риск-ориентированная оценка режимов труда с 4-дневной неделей // «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 25-27 ноября 2021 г., Санкт-Петербург. ФГАОУ ВО «СПбПУ Петра Великого», ЧОУ ВО «СПбМСи». Т. 16. № 2. С. 678–687.
17. Souron R, Morel J, Gergelé L, et al. Relationship between intensive care unit-acquired weakness, fatigability and fatigue: What role for the central nervous system? *J Crit Care*. 2021;62:101–110. doi: 10.1016/j.jcrr.2020.11.019
18. Booker LA, Magee M, Rajaratnam SMW, Sletten TL, Howard ME. Individual vulnerability to insomnia, excessive sleepiness and shift work disorder amongst healthcare shift workers. A systematic review. *Sleep Med Rev*. 2018;41:220–233. doi: 10.1016/j.smrv.2018.03.005
19. Сорокин Г.А. Дисбаланс усилий и вознаграждения – фактор здоровья и охраны труда // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. Т. 13, № 1. С. 126–132.
20. Department of Medical Sociology, Duesseldorf University. Effort-reward imbalance at work questionnaire. Duesseldorf; 2006. Accessed February 8, 2023. [http://www.mentalhealthpromotion.net/resources/eriquest\\_psychometric\\_information.pdf](http://www.mentalhealthpromotion.net/resources/eriquest_psychometric_information.pdf)
21. Gilbert-Ouimet M, Trudel X, Brisson C, Milot A, Vézina M. Adverse effects of psychosocial work factors on blood pressure: systematic review of studies on demand-control-support and effort-reward imbalance models. *Scand J Work Environ Health*. 2014;40(2):109–132. doi: 10.5271/sjweh.3390
6. Pankova PE. [Effect of workers' fatigue on occupational risk level.] *Akademicheskaya Publitsistika*. 2019;(2):180–184. (In Russ.)
7. Maksimov SA, Ivanova OA, Maksimova EV. Influence of biologic and social factors on working capability of workers of brainwork. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra Sibirskogo Otdeleniya Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2012;(5-2(87)):86–89. (In Russ.)
8. Masyagutova LM, Gizatullina LG, Vlasova NV, Khairullin RU, Sadrtidinova GR, Bakirov AB. Personified approaches to organization of risk-oriented medical observation in conditions of opportunistic-pathogenic microbial air contamination of working zone. *Permskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018;35(5):51–56. (In Russ.) doi: 10.17816/pmj35551-56
9. Shendakova TA, Alibekova IV. Individual occupational risk of employees in allowable working conditions. *Problemy Analiza Riska*. 2020;17(2):86–93. (In Russ.) doi: 10.32686/1812-5220-2020-17-2-86-93
10. Voronin VA, Sorokin GA, Plekhanov VP. [An anamnestic method of studying cause-effect relationships between the status of public health and occupational, environmental and social factors.] *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 1995;(11):40–43. (In Russ.)
11. Sorokin GA. Integral assessment of psycho-somatic symptoms of occupational burnout and its prevention. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2018;(1):40–45. (In Russ.)
12. Trakhtenberg IM, Polyakov AA. [Essays on Physiology and Occupational Health of the Elderly.] Kiev: Avicenna Publ.; 2007. (In Russ.)
13. Boisard P, Gollac M, Valeyre A, Cartron D. Time and work: work intensity (report). European Foundation for the Improvement of Living and Working Condition, Dublin. Published May 8, 2003. Accessed August 20, 2022. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2003/working-conditions/time-and-work-work-intensity-report>
14. Conway SH, Pompeii LA, de Porras DGR, Follis JL, Roberts RE. The identification of a threshold of long work hours for predicting elevated risks of adverse health outcomes. *Am J Epidemiol*. 2017;186(2):173–183. doi: 10.1093/aje/kwx003
15. Sorokin GA, Shilov VV. Assessment of annual growth in health disturbance risks among high work intensity employees. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):618–623. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623
16. Sorokin GA. Physiological analysis and risk-based assessment of work regimes with a 4-day week. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2021;16(2):678–688. (In Russ.)
17. Souron R, Morel J, Gergelé L, et al. Relationship between intensive care unit-acquired weakness, fatigability and fatigue: What role for the central nervous system? *J Crit Care*. 2021;62:101–110. doi: 10.1016/j.jcrr.2020.11.019
18. Booker LA, Magee M, Rajaratnam SMW, Sletten TL, Howard ME.. Individual vulnerability to insomnia, excessive sleepiness and shift work disorder amongst healthcare shift workers. A systematic review. *Sleep Med Rev*. 2018;41:220–233. doi: 10.1016/j.smrv.2018.03.005
19. Sorokin GA. The imbalance of effort and reward factor of health and labor protection. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2018;13(1):126–132. (In Russ.)
20. Department of Medical Sociology, Duesseldorf University. Effort-reward imbalance at work questionnaire. Duesseldorf; 2006. Accessed February 8, 2023. [http://www.mentalhealthpromotion.net/resources/eriquest\\_psychometric\\_information.pdf](http://www.mentalhealthpromotion.net/resources/eriquest_psychometric_information.pdf)
21. Gilbert-Ouimet M, Trudel X, Brisson C, Milot A, Vézina M. Adverse effects of psychosocial work factors on blood pressure: systematic review of studies on demand-control-support and effort-reward imbalance models. *Scand J Work Environ Health*. 2014;40(2):109–132. doi: 10.5271/sjweh.3390

## REFERENCES

1. Sorokin GA, Chistyakov ND, Suslov VL. Influence of fatigue and overwork on the general morbidity of workers. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;(8):494–500. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2019-59-8-494-500
2. Roked S. *The Tiredness Cure: How to Beat Fatigue and Feel Great for Good*. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow: Alpina Publ.; 2016. (In Russ.)
3. Sorokin GA, Chistyakov ND, Shilov VV. Age-related vulnerability of employees to factors of the occupation environment. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(8):807–811. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
4. Sorokin GA, Kir'yanova MN, Bulavina ID. Professional and individual features of age-related dynamics of decreased working capacity. *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2021;16(3):923–928. (In Russ.)
5. Semina EV. Evaluation of the effect of work environment upon working people health. *Samar'skaya Luka: Problemy i Posledstviya Global'noy Ekologii*. 2016;25(1):198–206. (In Russ.)

### Сведения об авторах:

✉ Сорокин Геннадий Александрович – д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: [sorgen50@mail.ru](mailto:sorgen50@mail.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Чистяков Николай Дмитриевич – к.м.н., врач-дерматовенеролог отдела клинических исследований; e-mail: [ndvision@yandex.ru](mailto:ndvision@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

**Кирьянова Марина Николаевна** – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: mrm@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

**Булавина Ирина Дмитриевна** – младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения; e-mail: mia\_ira@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0516-7390>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования; анализ и интерпретация результатов: *Сорокин Г.А., Кирьянова М.Н.*; сбор и обработка материала: *Чистяков Н.Д., Кирьянова М.Н., Булавина И.Д.*; подготовка проекта рукописи: *Сорокин Г.А., Кирьянова М.Н.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** Работа соответствует этическим принципам Хельсинкской декларации (2013 г.) проведения научных медицинских исследований с участием человека и одобрена в установленном порядке локальным этическим комитетом ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора (протокол № 2021/30.4 от 16.03.2021). От каждого пациента, включенного в выборку, получено письменное информированное согласие на добровольное участие в обследовании.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 14.03.22 / Принята к публикации: 06.02.23 / Опубликована: 28.02.23

**Author information:**

✉ Gennady A. **Sorokin**, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Health Risk Analysis; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Nikolay D. **Chistyakov**, Cand. Sci. (Med.), dermatology and venereology specialist, Clinical Research Department; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

Marina N. **Kir'yanova**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis; e-mail: mrm@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Irina D. **Bulavina**, Junior Researcher, Department of Health Risk Analysis; e-mail: mia\_ira@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0516-7390>.

**Author contributions:** study conception and design, analysis and interpretation of results: *Sorokin G.A., Kir'yanova M.N.*; data collection: *Chistyakov N.D., Kir'yanova M.N., Bulavina I.D.*; draft manuscript preparation: *Sorokin G.A., Kir'yanova M.N.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The work complies with the ethical principles for medical research involving human subjects of the World Medical Association Declaration of Helsinki 2013. Ethics approval was provided by the Local Ethical Committee of the North-West Public Health Research Center, Minutes No. 30.4/2021 of March 16, 2021. Written informed consent was obtained from all study participants.

**Funding:** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: March 14, 2022 / Accepted: February 6, 2023 / Published: February 28, 2023