

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

EDN: <https://elibrary.ru/hywsnb>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-10-694-699>

УДК 612.766.1:613.6

Коллектив авторов, 2022

Юшкова О.И., Капустина А.В., Сериков В.В., Рубцов М.Ю.

К 100-летию со дня рождения**Физиология трудовой деятельности в работах Ю.В. Мойкина**

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275

В работах Ю.В. Мойкина представлена система формирования утомления, переутомления, перенапряжения при локальных и других видах мышечных нагрузок. Теория генезиса утомления, выдвинутая и разработанная Ю.В. Мойкиным базируется на результатах исследования физиологических реакций на различных уровнях нервно-мышечного аппарата (работающей мышцы, сегментарного аппарата спинного мозга, подкорковых ядер, коры полушарий большого мозга). Изучены физиологические особенности функционального состояния, выделены информативные динамометрические показатели, электромиографические критерии оценки уровня утомления. Ю.В. Мойкиным и его учениками показана важная роль величины мышечного напряжения (в процентах от максимальной произвольной силы — МПС данной мышцы или групп мышц). Установлено в ходе физиологической оценки работников многочисленных профессий физического труда, что для динамической работы определяющим будет количество движений, для статической — суммарное время удерживаемого усилия. В соответствии с основными теоретическими положениями Ю.В. Мойкиным разработан и научно обоснован комплекс оздоровительных мероприятий для работников различных видов деятельности.

Ключевые слова: физиология труда; локальные мышечные нагрузки; утомление; перенапряжение**Для цитирования:** Юшкова О.И., Капустина А.В., Сериков В.В., Рубцов М.Ю. Физиология трудовой деятельности в работах Ю.В. Мойкина. *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(10): 694–699. <https://elibrary.ru/hywsnb> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-10-694-699>**Для корреспонденции:** Юшкова Ольга Игоревна, главный научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики ФГБНУ «НИИ МТ», д-р мед. наук, профессор. E-mail: doktorolga@inbox.ru**Участие авторов:**

Юшкова О.И. — сбор материала, написание текста;

Капустина А.В. — сбор материала, написание текста;

Сериков В.В. — сбор материала, написание текста;

Рубцов М.Ю. — редактирование текста статьи;

Все авторы участвовали в обсуждении и одобрении окончательной версии статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 07.11.2022 / Дата принятия к печати: 11.11.2022 / Дата публикации: 25.11.2022

Olga I. Yushkova, Angelina V. Kapustina, Vasilii V. Serikov, Mikhail Yu. Rubtsov

Physiology of labor activity in the works of Yu.V. Moikin

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275

In the works of Yu.V. Moikin, the system of fatigue, overwork, overstrain creation under local and other types of muscle loads is presented. Fatigue genesis theory advanced and developed by Yu.V. Moikin, is based on the results of physiological reactions at various levels of neuromuscular apparatus study (working muscle, spinal cord segmental apparatus, subcortical nuclei, cerebral cortex). Functional state physiological specificities were investigated, informative dynamometric indicators, dynamometric indicators, as well as fatigue level assessment electromyographic criteria were determined. Yu.V. Moikin and his disciples showed the magnitude of muscle tension important significance, as maximum arbitrary force (MAF) percentage of given muscle or muscle group. Numerous professions of physical labor workers physiological assessment allowed to establish that the number of movements is determinant for dynamic work and retained effort total time — for static work. In accordance with Yu.V. Moikin basic theoretical provisions there was scientifically substantiated and developed recreational activities complex for employees of various types of economic activity.

Keywords: labor physiology; local muscle loads; fatigue; overstrain**For citation:** Yushkova O.I., Kapustina A.V., Serikov V.V., Rubtsov M.Yu. Physiology of labor activity in the works of Yu.V. Moikin. *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(10): 694–699. <https://elibrary.ru/hywsnb> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-10-694-699> (in Russian)**For correspondence:** Olga I. Yushkova, Chief Researcher, Laboratory of Occupational Physiology and Preventive Ergonomics, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Doctor of Medical Sciences, Professor. E-mail: doktorolga@inbox.ru**Contribution:**

Yushkova O.I. — collecting material, writing text;

Kapustina A.V. — collecting material, writing text;

Serikov V.V. — collecting material, writing text;

Rubtsov M.Yu. — paper text edition;

All the authors participated in the discussion and approval of the final version of the article.

Funding. The study had no funding.**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interests.

Received: 07.11.2022 / Accepted: 11.11.2022 / Published: 25.11.2022

Физиология труда как отрасль медицины труда изучает факторы трудового процесса (тяжести и напряжённости), физиологические реакции организма на воздействие трудовой нагрузки, даёт научное обоснование профилактическим оздоровительным мероприятиям при различных видах трудовой деятельности.

Ю.В. Мойкин сформулировал новую гипотезу генезиса утомления при мышечной работе, которая в соответствии с основными положениями теории П.К. Анохина о функциональных системах определяет значение периферических и центральных образований нервно-мышечного аппарата (НМА) в развитии утомления. Результатами исследований Ю.В. Мойкина показано, что воздействие трудовых факторов на некоторые локальные структуры, как, например, на мышечно-связочный аппарат при выполнении большого количества стереотипных локальных мышечных напряжений, или на мышечный аппарат глаза при выполнении прецизионных работ (зрительно-напряжённые работы с малым объектом различения), приводит к специфическим реакциям с последующим возможным повреждением именно этих структур [1, 2].

В то же время воздействие факторов трудового процесса на нервную и эндокринную системы с их весьма разнообразными взаимосвязями с сердечно-сосудистой системой, может приводить к выраженным неспецифическим реакциям, которые в дальнейшем могут быть причиной самых различных заболеваний [3].

Важная задача физиологии труда — определение количественных характеристик факторов трудового процесса, которые могут вызывать развитие перенапряжения функциональных систем организма. Физиологическое нормирование труда предполагает установление предельно допустимых уровней (ПДУ), ограничивающих трудовые нагрузки не только сверху (по максимуму), но и снизу (по минимуму). Таким образом, должны исключаться малые нагрузки, при которых выявляется недовосстановление, неполная компенсация затрат организма (например, атрофия мышц от бездействия). Следует исключить очень большие нагрузки, когда угрожает срыв компенсации. По мнению профессора В.В. Розенблата, [4, 5] нормированию подлежат с одной стороны предельно-допустимые, с другой — оптимальные уровни нагрузок.

В отличие от факторов физической или химической природы факторы трудового процесса в определённых пределах оказывают благоприятное воздействие на организм человека. Тот уровень нагрузки, который обеспечивает сохранение здоровья работника и повышение его физических и психических ресурсов называется оптимальным.

По результатам исследований Ю.В. Мойкиным и его учениками разработана физиологическая классификация по тяжести и напряжённости труда включённая в «Гигиеническую классификацию труда» (1986), Руководство Р 2.2.013-94, переизданное в 1999 г. и ныне действующее Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [6–9]. Научно обоснованы количественные значения физической тяжести труда и нервно-эмоциональной напряжённости труда, что позволило достоверно и значимо оценивать степень тяжести (по 7 видам нагрузок) и напряжённости (по 5 видам нагрузок) трудового процесса у работников различных профессий.

Дальнейшее развитие физиологического нормирования обеспечило разработку методических подходов к

оценке напряжённости и тяжести труда по физиологическим показателям, что нашло отражение в методических рекомендациях «Совершенствование критериев и методов оценки напряжённости трудового процесса у работников современных видов труда» [10, 11].

Установлено, что мышечные нагрузки локальные, (физическая работа, в которой занято менее $\frac{1}{3}$ мышечной массы), региональные (от $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$), общие (более $\frac{2}{3}$) могут быть как динамического (изотонического), так и статического (изометрического) характера [12]. Ю.В. Мойкиным, О.И. Муравьевой убедительно показана важная роль величины мышечного напряжения (в процентах от максимальной произвольной силы — МПС данной мышцы или группы мышц) [13]. При этом для динамической работы определяющим будет количество движений (напряжений), что исследовалось Б.В. Ананьевым у работников полиграфии и контролёров-сортировщиков ценных бумаг на фабрике «Гознак» [14, 15]. Для статической работы определяющим является суммарное время удерживаемого усилия за рабочую смену, что наблюдала А.С. Побережская в ходе физиологической оценки труда монтажников при зачистке сварных швов с помощью ручных шлифовальных машин [16].

При изучении механизмов развития утомления на различных уровнях нервно-мышечного аппарата Ю.В. Мойкиным было показано на уровне работающей мышцы, что при появлении признаков утомления и чувства усталости наблюдалось рекрутирование новых двигательных единиц (ДЕ) в работающих мышцах [3]. Это позволило компенсировать начавшееся снижение напряжения мышцы и обеспечивало первоначальную (запрограммированную) величину механического эффекта. Е.Г. Сологуб [17] эту начальную стадию утомления назвал «компенсированным утомлением».

Исследование особенностей развития утомления на уровне сегментарного аппарата спинного мозга выявило повышение рефлекторной возбудимости альфа-мотонейронов мышц, обеспечивающих это движение. Методика измерения Н — рефлекса свидетельствовала о том, что одновременно угнетаются тормозные системы спинного мозга. Изменение уровня активации ЦНС при поддержании статического мышечного напряжения выявлено путём регистрации импульсной активности подкорковых структур головного мозга. Исследования проводили у больных, подвергшихся стереотаксической операции вживления множественных долгосрочных глубинных электродов по поводу гиперкинезов, обусловленных паркинсонизмом. Изучали активность 22 нейронных популяций таламических специфических и неспецифических ядерных образований (центрального и ретикулярного ядер). Регистрация импульсной активности выявила её повышение, которое было пропорционально величине мышечного напряжения. Полученные результаты свидетельствуют о повышении активности подкорковых структур головного мозга в процессе поддержания утомительного мышечного напряжения.

Электромиографическая картина утомления позволила установить увеличение биоэлектрической активности (БА) вспомогательных мышц в результате иррадиации возбуждения по двигательному анализатору.

Характер пространственной синхронизации активности коры головного мозга при мышечной работе до отказа показало, что в стадии компенсированного утомления происходит нарастание взаимосвязанности

(синхронности) корковых потенциалов, как при динамической, так и статической работе. Одновременно наблюдаются компенсаторные перестройки внутри- и межсистемной регуляции функций: нарастание амплитуды электромиограммы (ЭМГ) работающих мышц, ЧСС и частоты дыхания, повышения вариативности длительности сердечных и дыхательных циклов. Наблюдалось повышение чувства усталости [3].

В работах Ю.В. Мойкина было показано, что основной механизм мобилизации физиологических резервов для преодоления утомления — это повышение активации центральных структур нервно-мышечного аппарата и коры полушарий большого мозга.

При любой мышечной деятельности наступает момент отказа от работы. При этом было установлено, что функциональное состояние всех звеньев нервно-мышечного аппарата (НМА) в динамике развития утомления поддерживается на высоком уровне активности. Полученные материалы позволили Юрию Викторовичу сформулировать новую гипотезу генезиса утомления при локальной мышечной работе, которая в соответствии с основными положениями теории П.К. Анохина о функциональных системах определяет конкретные значения периферических и центральных образований НМА в развитии утомления и постулирует ведущую роль коркового программно-контрольного механизма (акцептора действия) в прекращении деятельности в результате утомления [18]. Это положение подтверждают результаты исследования характера мышечной деятельности и особенностей изменения картины электромиограмм при развитии утомления, связанной с работой до отказа, у лиц, находящихся в сомнамбулической стадии гипноза [19].

Продолжительность утомительной мышечной работы определяется также уровнем функционального состояния восходящей активирующей системы. Исследования с применением фармакологических средств показали, что вещества, повышающие возбудимость соответствующих структур (фенамин), способствуют увеличению длительности удержания статических усилий в среднем на 30%, а вещества, снижающие возбудимость (амназин, амизил), вызывают уменьшение длительности напряжения [20].

Изменение уровня возбудимости подкорковых структур, достигнутое в модельных исследованиях путём фармакологических воздействий, и возможное в производственных условиях за счёт влияния факторов окружающей среды и трудового процесса, может способствовать замедлению или ускорению наступления утомления при выполнении локальной мышечной работы.

Основным фактором, определяющим уровень утомления в результате ритмической локальной работы, является число движений, выполняемых работником за смену. Менее значительно влияние величины прикладываемого усилия (в исследованных пределах). На степень утомления НМА рук работников оказывают влияние также мышечные напряжения, необходимые для поддержания рабочих поз, и некоторые другие моменты трудового процесса.

Значительный уровень утомления, развивающийся в динамике смены у работников этих профессий, не полностью ликвидируется за время ежедневного и еженедельного отдыха, может кумулироваться в течение длительных отрезков времени, переходить в переутомление и перенапряжение НМА рук и вызывать появление профессиональных заболеваний. Частота случаев их возникновения находится в достоверной положительной корреляционной зависимости от уровня утомления в динамике смены.

Длительное поддержание малоподвижных рабочих поз «сидя» и «стоя», характерных для видов труда с локальными мышечными напряжениями, вызывает застой крови в областях малого таза и ног. Это способствует возникновению напряжения и перенапряжения, а в дальнейшем — появлению заболеваний венозной системы.

В настоящее время интересной оказалась дискуссия по проблеме перенапряжения. При этом у физиологов труда наблюдались общие с Ю.В. Мойкиным взгляды на состояние перенапряжения:

- неблагоприятное функциональное состояние организма;
- формируется в ответ на воздействие интенсивных и длительных факторов;
- приводит к развитию патологии.

Ю.В. Мойкиным было сформулировано следующее определение перенапряжения — это пограничное между нормой и патологией состояние организма, характеризующееся функциональными нарушениями отдельных физиологических систем или органов, обусловленных чрезмерным по величине или длительности напряжениями этих образований. Перенапряжение может явиться: 1 — фактором риска развития заболеваний нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной, пищеварительной систем организма, 2 — в связи со значительным снижением в состоянии перенапряжения активности иммунной системы — фактором риска развития инфекционных заболеваний простудной этиологии, 3 — причиной развития профессиональной патологии ряда систем организма.

Это определение было представлено в монографии Ю.В. Мойкина «Психофизиологические основы профилактики перенапряжения» [3] по результатам производственных исследований работников многочисленных профессий текстильной и электротехнической отраслей промышленности, машиностроения и приборостроения, полиграфии, операторов дисплеев и лиц других профессий.

Наблюдалось различие с Ю.В. Мойкиным во взглядах на перенапряжение:

- пограничное между нормой и патологией функциональное состояние организма;
- состояние отдельных физиологических систем или органов;
- развитие обусловлено чрезмерными по величине или длительности напряжениями этих систем или органов;
- неблагоприятные изменения в невозбудимых тканях: связки, сухожилия, кости, хрящи (потеря эластичности, разрастания, механическое выщелачивание, перестройки внутренней структуры и т. д.).

Профессор В.В. Матюхин определял перенапряжение:

- как результат воздействия производственных факторов;
- как следствие формирования предпатологических синдромов и в конечном итоге к производственно-обусловленным и профессиональным заболеваниям [21].

В настоящее время общепризнанным можно считать следующее определение: перенапряжение следует понимать как неблагоприятное функциональное состояние организма человека, обусловленное воздействием чрезмерно сильных или длительных производственных раздражителей, проявляющееся в повышении или снижении активности физиологических систем организма человека и характеризующееся формированием предпатологических синдромов [21].

Разработанный Юрием Викторовичем Мойкиным в соответствии с основными теоретическими положениями комплекс оздоровительных мероприятий был направлен в первую очередь на снижение уровня напряжения основных нагруженных систем организма: уменьшение уровня утомления НМА и степени напряжений венозной системы областей ног и таза (малая механизация ряда операций, рациональный режим труда и отдыха с сеансами самомассажа рук и ног и производственной гимнастикой, рациональная организация рабочих мест и рабочих поз). Кроме того, ряд мероприятий имеет целью повышение степени активации подкорковых структур в динамике рабочей смены (ранняя физкультпауза, производственная гимнастика, улучшение санитарно-гигиенических характеристик производственных помещений).

Особое место среди оздоровительных мер занимало внедрение мероприятий технической эстетики (производственная музыка, окраска и цветовое оформление производственных помещений, основного и вспомогательного оборудования, комнат и мест отдыха) [22].

Внедрение рекомендованных мероприятий было осуществлено Ю.В. Мойкиным и его учениками на ряде предприятий различных отраслей промышленности (Московский электромеханический завод им. Владимира Ильича, обувная фабрика «Заря», Владимирский электромоторный завод, печатная фабрика «Гознак», типография «Наука», трикотажная фабрика «Красная заря», перчаточная фабрика «Восток», шёлкоткацкий комбинат «Красная роза», московская экспериментальная обойная фабрика, вычислительный центр автозавода им. Лихачева и др.).

Достаточно высокая эффективность научно-обоснованных и внедрённых на ряде предприятий оздоровительных мероприятий явилась основанием для включения их в систему общесоюзных, республиканских и отраслевых нормативно-законодательных документов (ГОСТов, Методических рекомендаций).

Особое направление исследований Ю.В. Мойкина состояло в изучении функционального состояния организма, включая зрительный анализатор, у работников — профессиональных пользователей дисплеев. Исследованиями показано, что у операторов в процессе трудовой деятельности особенно быстро формирования функционального состояния тесно взаимосвязаны с величиной рабочей нагрузки, определяемой по суммарной за смену продолжительности фиксации взгляда на экране дисплея и типу изображения информации. Наиболее неблагоприятные физиологические реакции отмечались при работе с буквенно-цифровой информацией свыше 4 часов. Выявлена зависимость между развитием утомления, степенью физиологических сдвигов и суммарным временем фиксации взгляда на дисплее при различном типе изображения информации. Это нашло отражение в разработке и утверждении «Временных санитарных норм и правил для работников вычислительных центров. № 4559-88», в последующем СанПиН 2.2.2.545-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (позже в ред. 2003 г.).

К настоящему времени факторы трудового процесса и механизмы развития перенапряжения при различных видах трудовой деятельности изучены недостаточно. Для современных профессий физического труда показано, что независимо от характера мышечных нагрузок функцио-

нальное состояние и, соответственно, степень рабочего напряжения организма работающих находится в тесной зависимости от величины ведущих факторов трудового процесса (показателей тяжести трудового процесса). При этом чрезмерно большие нагрузки вызывают очень раннее появление признаков утомления нервно-мышечной системы работающих. При большом стаже длительное выполнение подобной работы может приводить к перенапряжению нервно-мышечной системы и нередко к возникновению профессиональных заболеваний, причём с тем большей степенью вероятности этого явления, чем больше и интенсивнее в течение смены нагрузки на нервно-мышечный аппарат работающих [23–27]. Это убедительно подтверждено и результатами клинко-функциональных исследований. Установлено, что значительные систематические мышечные нагрузки играют потенциальную роль в развитии профессиональных заболеваний определённой этиологии. Труд, связанный с повреждениями в области поясницы, широко распространён среди строительных работников. Исследования состояния здоровья строителей-мигрантов из Республик Южных регионов показали, что со стажем работы возрастает число заболеваний опорно-двигательного аппарата, вследствие использования труда мигрантов на тяжёлых работах (поднятие и перемещение тяжестей, работа в вынужденной рабочей позе и др.) [28–30].

В настоящее время актуальность проведённых Ю.В. Мойкиным исследований определяется выраженной распространённостью профессиональной патологии периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата. В соответствии с Государственным докладом «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 г.» в структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора на третьем месте находятся профессиональные заболевания, связанные с воздействием физических перегрузок и перенапряжения отдельных органов и систем и составляют 16,74% от всех впервые выявленных профессиональных заболеваний в РФ в 2021 году.

Важной задачей физиологии труда является совершенствование гигиенической классификации тяжести и напряжённости труда с научным обоснованием физиологических критериев оценки функционального состояния, подтверждающих класс условий труда с учётом вида трудовой деятельности (физической, зрительно-напряженной, умственной). Новое научное направление исследований включает нормирование факторов тяжести труда для несовершеннолетних (лиц моложе 18 лет) с учётом гендерных различий.

Результаты научной деятельности Юрия Викторовича Мойкина, которые представлены в его работах обосновывают дальнейшие направления исследований в области физиологии труда — это разработка принципов, основ дифференцированной диагностики утомления, переутомления, перенапряжения и системы мониторинга текущего функционального состояния. Актуальна разработка методических подходов к изучению физиологических критериев зрительного утомления с применением айтрекера (видеоокулографа), у врачей-стоматологов при работе с микроскопом, научное обоснование комплекса оздоровительных мероприятий у работников различных видов деятельности для сохранения здоровья и обеспечения трудового долголетия.

Список литературы

- Мойкин Ю.В. Роль физиологии труда в оздоровлении условий труда на современных производствах. В кн.: *Теоретические, исторические и этические проблемы медицины труда*. (Актовые речи ведущих учёных НИИ Медицины труда РАМН). М.: МП «МАР»; 1994: 214–30.
- Мойкин Ю.В. Физиология труда, её успехи и задачи в условиях современного производства. *Мед. труда и пром. экол.* 1994; 11: 2–6.
- Мойкин Ю.В., Киколов А.И., Тхоревский В.И., Милков Л.Е. *Психофизиологические основы профилактики перенапряжения*. М.: Медицина, 1987.
- Розенблат В.В. Человеческий фактор и нормирование труда. *Мед. труда и пром. экол.* 1994; 11: 13–17.
- Розенблат В.В. *Проблема утомления*. М.: Медицина; 1975.
- Гигиеническая классификация труда (по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса). Утв. Зам главного государственного санитарного врача Министерства здравоохранения СССР А.И. Заиченко, 12.08.1986 г. № 4137-86. Москва; 1986.
- Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса Р 2.2.013-94. Утв. первый зам. председателя Госкомсанэпиднадзора РФ 12.07.1994 г. Москва; 1994.
- Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса. Руководство Р 2.2.755-99 (Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 23.04.1999 г.). Москва, 1999.
- Руководство Р 2.2.2006-05 по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. *Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора*. Москва; 2005.
- Совершенствование критериев и методов оценки напряжённости трудового процесса у работников современных видов труда. Методические рекомендации. Москва; 2021.
- Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В. Совершенствование критериев и методов оценки напряжённости трудового процесса у работников современных видов труда. *Материалы 16 Российского Национального Конгресса с международным участием «Профессия и здоровье», 21–24 сентября 2021 г., Владивосток*. М.: НКО АМТ; 2021: 473–7. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-2-1-473-477>
- Шеррер Ж. *Физиология труда (эргономия)*. М.: Медицина; 1973.
- Муравьева О.И. О характере кумуляции утомления в динамике длительных периодов локальной мышечной работы. *Гигиена труда и профзаболевания*. 1981; 11: 25–9.
- Мойкин Ю.В., Ананьев Б.В. К вопросу об информативности показателей мышечной силы в качестве теста утомления. «Материалы VI Всесоюзной конференции по физиологии труда». М.; 1973: 247–9.
- Тарасенко Н.Ю., Ананьев Б.В., Мойкин Ю.В., Решетов Е.Т. *Гигиена труда в полиграфии*. М.: Медицина; 1989.
- Побережская А.С. Электромиографические показатели утомления при статических усилиях. В кн.: *Физиология труда*. Материалы V Всероссийской конференции по физиологии труда. М.; 1967: 240–241.
- Сологуб Е.Б. *Корковая регуляция движений человека*. Л.: Медицина; 1981.
- Мойкин Ю.В. Профилактика перенапряжения при локальной мышечной работе (критерии и механизмы утомления, условия развития и меры профилактики перенапряжения). Дис. д-ра биол. наук. М.; 1983.
- Мойкин Ю.В., Побережская А.С. Электромиографические критерии утомления при статических усилиях. *Гигиена труда*. 1973; 4: 17–20.
- Гарасева Т.С., Мойкин Ю. В. Роль подкорковых структур в механизме развития утомления при статических мышечных напряжениях человека. *Физиология человека*. 1979; 5 (6): 1066–72.
- Матюхин В.В., Бухтияров И.В., Шардакова Э.Ф., Юшкова О.И., Капустина А.В. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности. Достижения и перспективы развития. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; 6: 19–24.
- Мойкин Ю.В. *Физиологические основы научной организации труда*. М.: Медицина; 1971.
- Theorell T., Perski A., Akerstedt T., Sigala F., Ahlberg-Hultén G., Svensson J., Eneroth P. Changes in job strain in relation to changes in physiological state. *Scand. J. Work Environ. Health*. 2013; 14(3): 189–196. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1932>
- Punnett L., Prüss-Ustün A., Nelson D.I. et al. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *American journal of industrial medicine*. 2005; 48: 459–69. <https://doi.org/10.1002/ajim.20232>
- Bruce P., Bernard M.D. *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back*. U.S. Department of health and human services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health. 1997: 590.
- Ariëns G.A.M., Mechelen W. Van, Bongers P.M., Bouter L.M. Physical risk factors for neck pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2000; 26(1): 7–19. <https://doi.org/10.5271/sjweh.504>
- Musculoskeletal disorders and the workplace: Low Back and Upper Extremities*. National Research Council and the Institute of Medicine. – Washington; 2001: 492. <https://doi.org/10.17226/10032>
- Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Khodzhiev M., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Physiological criteria for improving labor intensity classification used in occupational risks assessment. *Health Risk Analysis*. 2021; 1: 90–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.09.eng>
- Ходжиев М., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Оценка функционального состояния трудовых мигрантов, занятых на строительных работах. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 9: 207.
- Шардакова Э.Ф., Юшкова О.И., Елизарова В.В., Лагутина Г.Н. Физиологическая оценка физических и нервно-психических перегрузок в медицине труда. *Вестник Тверского Государственного Университета. Серия: Биология и экология*. 2018; 3: 7–20.

References

- Moikin Yu.V. The role of labor physiology in improving working conditions in modern industries. In: *Theoretical, historical and ethical problems of occupational medicine*. (Assembly speeches of leading scientists of the Research Institute of Occupational Medicine of the Russian Academy of Medical Sciences). Moscow: MP "MAR"; 1994: 214-30 (in Russian)
- Moikin Yu.V. Labor physiology, its successes and challenges in the conditions of modern production. *Med. труда i prom. ekol.* 1994; 11: 2–6 (in Russian).
- Moikin Yu.V., Kikolov A.I., Tkhorevsky V.I., Milkov L.E. *Psychophysiological foundations of overstrain prevention*. Moscow: Medicine, 1987 (in Russian).
- Rosenblat V.V. The human factor and labor rationing. *Med. труда i prom. ekol.* 1994; 11: 13–7 (in Russian).
- Rosenblat V.V. *The problem of fatigue*. M.: Medicine; 1975 (in Russian).
- Hygienic classification of labor (according to the indicators of harmfulness and danger of factors of the production

- environment, severity and intensity of the labor process). Approved. Deputy Chief State Sanitary Doctor of the Ministry of Health of the USSR A.I. Zaichenko, 12.08.1986, No. 4137-86. Moscow, 1986(in Russian).
7. Hygienic criteria for assessing working conditions according to the indicators of harmfulness and danger of factors of the production environment, severity and intensity of the labor process P 2.2.013-94. Approved by the first Deputy Chairman of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Federation 12.07.1994. Moscow, 1994 (in Russian).
 8. Hygienic criteria for assessing and classifying working conditions according to the indicators of harmfulness and danger of factors of the production environment, severity and intensity of the labor process. Manual P 2.2.755-99 (Approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 23.04.99). Moscow; 1999 (in Russian).
 9. Manual R 2.2.2006-05 on hygienic assessment of factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions. *Byulleten normativnykh i metodicheskikh dokumentov Gossanepidnadzora*. Moscow; 2005(in Russian).
 10. Improvement of criteria and methods for assessing the intensity of the labor process among workers of modern types of labor. Methodological recommendations. Moscow; 2021 (in Russian).
 11. Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V. Improvement of criteria and methods for assessing the intensity of the labor process among workers of modern types of labor. *Materials of the 16th Russian National Congress with International participation "Profession and Health", September 21–24, 2021, Vladivostok*. M.: INCO AMD; 2021: 473–7. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-2-1-473-477> (in Russian).
 12. Scherrer J. *Physiology of labor (ergonomics)*. M.: Medicine; 1973 (in Russian).
 13. Muravyeva O.I. On the nature of fatigue accumulation in the dynamics of long periods of local muscle work. *Gigiena truda i profzabolevaniya*. 1981; 11: 25–9 (in Russian).
 14. Moikin Yu.V., Ananyev B.V. On the question of the informativeness of muscle strength indicators as a fatigue test. *Materials of the VI All-Union Conference on the Physiology of Labor*. M.; 1973: 247–9 (in Russian).
 15. Tarasenko N.Yu., Ananyev B.V., Moikin Yu.V., Reshetov E.T. *Occupational hygiene in printing*. M.: Medicine; 1989 (in Russian).
 16. Berezhskaya A.S. Electromyographic indicators of fatigue with static efforts. In the book: *Physiology of labor. Materials of the V All-Russian Conference on Labor Physiology*. M.; 1967: 240–1 (in Russian).
 17. Sologub E.B. *Cortical regulation of human movements*. L.: Medicine; 1981 (in Russian).
 18. Moikin Yu.V. Prevention of overstrain in local muscle work (criteria and mechanisms of fatigue, conditions of development and measures of prevention of overstrain). Dis. Doctor of Biological Sciences. M.; 1983 (in Russian).
 19. Moikin Yu.V., Berezhskaya A.S. Electromyographic criteria of fatigue under static forces. *Occupational hygiene*. 1973; 4: 17–20.
 20. Garaseva T.S., Moikin Yu.V. The role of subcortical structures in the mechanism of fatigue development under static human muscle tension. *Human physiology*. 1979; 5(6): 1066–72 (in Russian).
 21. Matyukhin V.V., Bukhtiyarov I.V., Shardakova E.F., Yushkova O.I., Kapustina A.V. The role of labor physiology in maintaining working capacity and health in workers of various types of labor activity. Achievements and development prospects. *Med. truda i prom. ekol*. 2013; 6: 19–24(in Russian).
 22. Moikin Yu.V. *Physiological foundations of scientific organization of labor*. M.: Medicine; 1971 (in Russian).
 23. Theorell T., Perski A., Akerstedt T., Sigala F., Ahlberg-Hultén G., Svensson J., Eneroth P. Changes in job strain in relation to changes in physiological state. *Scand. J. Work Environ. Health*. 2013; 14(3): 189–196. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1932>
 24. Punnett L., Prüss-Utün A., Nelson D.I. et al. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *American journal of industrial medicine*. 2005; 48: 459–469 <https://doi.org/10.1002/ajim.20232>
 25. Bruce P., Bernard M.D. *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity and low back*. U.S. Department of health and human services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health. 1997: 590.
 26. Ariens G.A.M. , Mechelen W. Van, Bongers P.M., Bouter L.M. Physical risk factors for neck pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2000; 26(1): 7–19. <https://doi.org/10.5271/sjweh.504>
 27. *Musculoskeletal disorders and the workplace: Low Back and Upper Extremities*. National Research Council and the Institute of Medicine. – Washington; 2001: 492. <https://doi.org/10.17226/10032>
 28. Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Khodzhev M., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Physiological criteria for improving labor intensity classification used in occupational risks assessment. *Health Risk Analysis*. 2021; 1: 90–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.1.09.eng>
 29. Hodzhiev M., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Assessing functional state of labor migrants engaged into construction works. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; 9: 207 (in Russian).
 30. Shardakova E.F., Yushkova O.I., Elizarova V.V., Lagutina G.N. Physiological evaluation of physical and nervous-mental overloads in medicine of labor. *Vestnik Tverskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*. 2018; 3: 7–20 (in Russian).