

УДК 617.7

Медведева Н.Е.¹, Рыжов А.Я.², Юшкова О.И.³**ОСОБЕННОСТИ МАНУАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ЛИЦ УМСТВЕННОГО ТРУДА**¹МОУ Гимназия № 44, Октябрьский пр-т, 57, Тверь, РФ, 170043;²ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», ул. Желябова, 33, Тверь, РФ, 170100;³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», 31, пр-т Буденного, Москва, РФ, 105275

При исследовании медико-биологических параметров мануальной асимметрии выявлены статистически достоверные различия, а также определенные корреляционные взаимоотношения временных и качественных характеристик движений рук. Вычислены коэффициенты асимметрии, позволившие выделить лиц со скрытой леворукостью при выполнении определенных элементов операторского труда.

Ключевые слова: *сенсомоторная деятельность; операторский труд; оператор; моторная асимметрия; леворукость; реакция; мануальная асимметрия*

Medvedeva N.E.¹, Ryzhov A.Y.², Yushkova O.I.³ **Features of manual asymmetry in modelling of operator activity in mental workers.** ¹Grammar school № 44, 57, Oktyabrsky Ave., Tver, Russian Federation, 170043; ²Tver State University, 33, Zhelyabova str., Tver, Russian Federation, 170100; ³Izmerov Research Institute of occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russian Federation, 105275

Study of medical and biologic parameters of manual asymmetry revealed statistically reliable differences and certain correlation relationships of time and quality characteristics of hand movements. The authors calculated asymmetry coefficients that helped to identify individuals with occult left-handedness in performing certain elements of operator work.

Key words: *sensomotory activities; operator work; operator; motor asymmetry; left-handedness; reaction; manual asymmetry*

Проблема функциональной асимметрии актуальна как в аспекте изучения различных форм сенсомоторной трудовой деятельности, так и для определения соответствия работников профессии операторов автоматизированных систем управления (АСУ) и видеодисплейных терминалов (ВДТ) параметрам напряженности трудового процесса при спецоценке условий труда. Это важно для снижения аварийности и травматизма с устранением причин нанесения тяжкого вреда здоровью работающих в ряде профессий, в которых при утомлении и снижении внимания работника в его трудовой процесс с равнонагруженными конечностями спорадически включается изначально «ведущая» (не всегда правая) рука [1,3,5].

В настоящее время трудовой процесс работников умственного труда и, в частности, операторов характеризуется профессиональным усложнением, обусловленным большим потоком поступающей информации, выраженной ответственностью за конечный результат и значимостью ошибочных действий. Центральное место в деятельности оператора занимает решение тех или иных задач, возникающих в ходе процесса управления. Оператор, участвующий в сложных системах управления, имеет дело с проблемными ситуациями, необходимостью осмысления их, выявления основной задачи и нахождения решения. При этом оператор нередко испытывает дефицит времени, когда опоздание

становится равносильным ошибке и может привести к еще большему усложнению ситуации, а иногда к частичному или полному нарушению системности всего трудового процесса

Цель работы — изучение и сравнительный анализ состояния обеих верхних конечностей субъективно праворуких испытуемых с различными формами регуляции нервно-мышечного аппарата. Обоснование рекомендаций к профессиональному отбору или обучению лиц операторских профессий (операторы ВДТ, операторы сопровождения) с учетом показателей мануальной моторной асимметрии.

Задачи исследования: дать объективную физиологическую оценку субъективной праворукости, используя функциональные пробы, направленные на выявление параметров мануальной асимметрии; определить информативные физиологические требования — вероятность внутри- и межгрупповых различий при экспериментальном моделировании сенсомоторной деятельности; определить психодиагностические признаки функционального состояния для прогнозирования деятельности операторов в стрессовых ситуациях; выявить профессиографические особенности и требования к кандидатам на должность операторов ВДТ, операторов АСУ по параметрам мануальной асимметрии.

Методика и организация исследования. Производственные и профессиографические исследования

включали изучение тяжести и напряженности труда операторов в соответствии с руководством Р 2.2.2006–05 и ФЗ №426 по специальной оценке условий труда. Организация исследовательской работы предусматривала проведение лабораторного эксперимента при участии 60 практически здоровых женщин — субъективно праворуких 19–23 лет, с моделированием элементов операторского труда. Профессиографическими исследованиями показано, что физическая тяжесть труда операторов обусловлена выполнением локальных движений пальцами рук, количество которых, достигает значительных величин при обследовании операторов ВДТ. Нервно-эмоциональная напряженность труда характеризуется выраженными сенсорными и эмоциональными нагрузками, что соответствует, согласно Р 2.2.2006–05, классу 3.1–3.2. и 3.1. по ФЗ №426. Согласно требованиям к кандидатам на должность, для операторов пульта (кнопочного оборудования) характерно сочетание высокой концентрации и распределения внимания, наглядно-действенное мышление, способность предвидеть события, взвешенность оценок, высокая эмоционально-волевая устойчивость, наблюдательность.

Проведение экспериментальной работы предусматривало создание специальных установок для регистрации и анализа ритмических движений пальцев рук. В процессе обработки цифрового сигнала электронно-вычислительного комплекса Stepper, специально разработанная программа Impuls фиксировала моменты времени, соответствующие факту размыкания ключа измерительной системы, что, в совокупности с одинаковым по длине рычагом «пястно-фаланговый сустав — пальцы» и фиксированной кисти, давало возможность идентификации движения при треморе и теппинге с дальнейшей четкой регистрацией разницы значений длительности ДЦ. Тремография осуществлялась при помощи специально разработанного электронно-вычислительного комплекса «Tremor» [2,7,8].

Эксперимент проведен в определенной последовательности: 1) регистрация и количественный анализ произвольных ритмических движений пальцев рук (физиологический тремор); 2) регистрация и количественный анализ произвольной ритмической активности пальцев рук (теппинг и теппингография) в идентичных условиях; 3) регистрация и количественный анализ показателей произвольной активности при выполнении элементарных действий, связанных с двигательной реакцией на раздражитель, с измерением латентных периодов простых (ЛПДР) и дифференцировочных двигательных реакций (ЛПДР диф.); 4) вычисление коэффициента асимметрии рук (Кас) при выполнении сенсомоторных проб.

Результаты и их обсуждение. При анализе тремограмм нами установлено, что по внешнему виду статистический ряд и распределение его данных, осциллографически характеризующих физиологический тремор как правой, так и левой рук, практически идентичны распределению Релея-Райса, т. е. не являются нормальными.

Согласно проведенным исследованиям видно, что в генезе физиологического тремора пальцев правой и левой рук женщин 17–23 лет существенную роль играет 7–12-герцевый компонент, при естественном наличии определенной части экстремальных частот, которые, в данном случае, можно объяснить как поисковыми функциями пястно-фаланговых и межфаланговых суставных соединений, так и некоторыми погрешностями опыта. Кроме того, на тремограмму накладываются определенные низкочастотные компоненты мозжечкового и рубрального влияния, что можно увидеть на одном из наиболее типичных случаев при анализе спектральной плотности мощности сигнала (PSD) (рис. 1 А, Б).

В данном случае обе руки одинаково готовы к генерации тремора, хотя отмечается тенденция к большей стабильности и меньшей дисперсии. У большинства испытуемых среднее время двигательного цикла (ДЦ) теппинга пальцев правой ($0,153 \pm 0,004$ с) и левой ($0,167 \pm 0,004$ с) рук достоверно различно при наличии тесной корреляции между данными показателями $r = 0,761$, $p < 0,001$.

Согласно анализу спектральной плотности мощности и интерваллограмм, можно утверждать, что ведущая правая рука более стабильна при реализации данной двигательной задачи, нежели левая. О различиях свидетельствует и проведенный нами анализ спектральной плотности мощности сигнала при записи теппингографии, на которой можно видеть значения при максимальной готовности правой и левой рук к генерации нервных сигналов [2,6,7].

При анализе динамики показателей от простых к более сложным формам деятельности видно, что по мере усложнения двигательных реакций мануальная асимметрия нивелируется исключением показателей теппинг-теста и ЛПДР, о чем свидетельствуют достоверные их различия (рис. 2).

Вычисление Кас (формула 1), позволило выделить группу лиц (10 человек), со стабильно отрицательными коэффициентами выполнения функциональных двигательных проб разной степени сложности. Средняя длительность двигательного цикла у данных испытуемых для правой и левой рук равна соответственно ($0,168 \pm 0,008$) и ($0,146 \pm 0,005$) с.

$$\text{Кас} = (\text{УФВл} - \text{УФВп}) / (\text{УФВл} + \text{УФВп}) \times 100\% \quad (1),$$

где п — правая рука, л. — левая рука

Сравнение индивидуальных данных с общим статистическим массивом дает право представлять испытуемых со стабильным Кас как скрытых леворуких (рис. 3). На рисунке четко заметно, что интерваллограммы правой и левой рук у испытуемой с положительным Кас и отрицательным Кас различаются по средним значениям скорости реакции и отрицательным (Б) Кас (статистическая достоверность различий — $p < 0,01$).

Интерпретировать изложенные данные, по всей вероятности, можно так: в процессе обучения почти всегда имеется стадия бимануальных альтернирующих

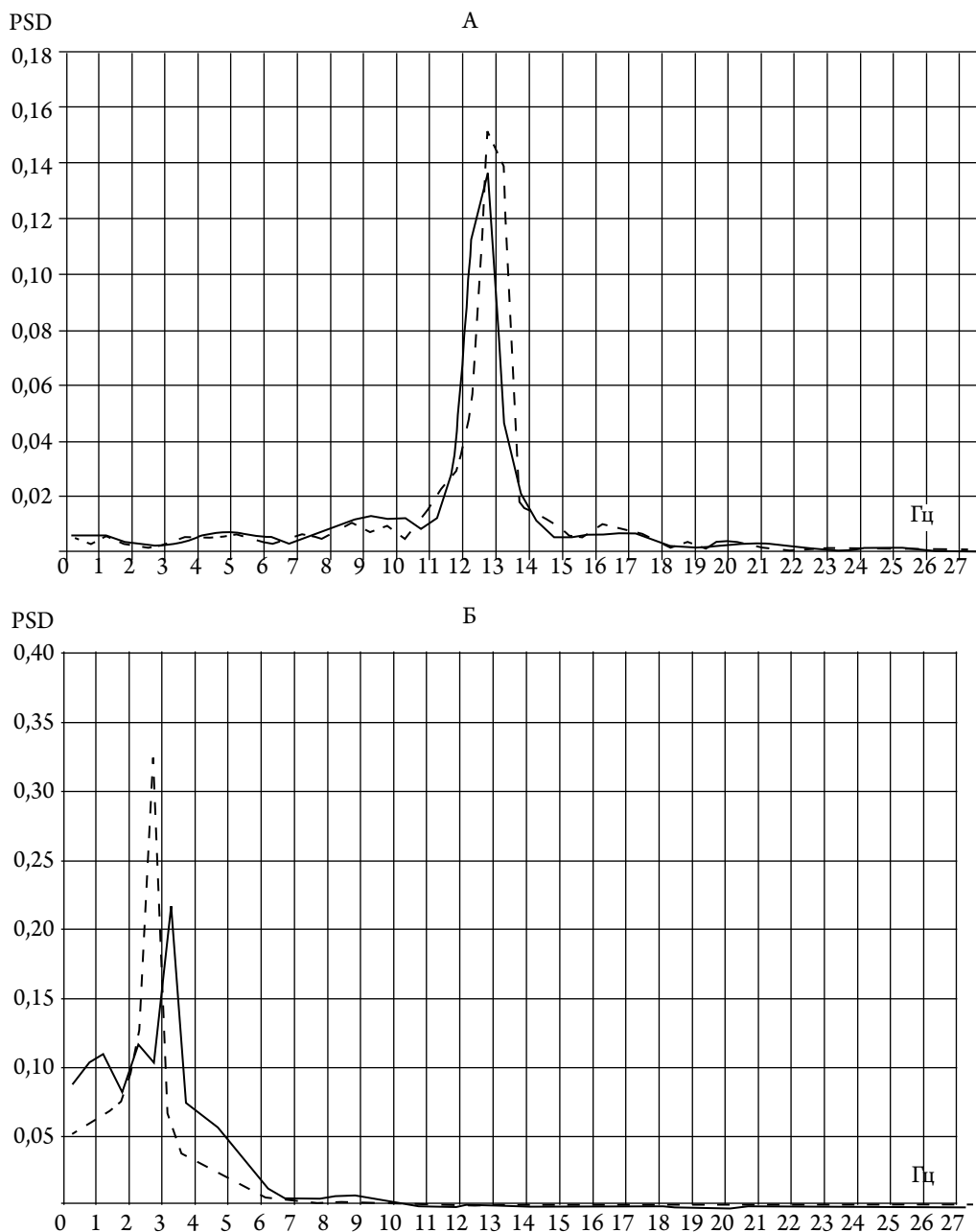


Рис. 1: А. Значение спектральной плотности мощности тремора правой (сплошная линия) и левой рук (штриховая); Б. Спектральная плотность мощности (PSD) сигнала теппинга правой (сплошная линия) и левой (штриховая) рук испытуемой Н., 20 лет ($p < 0,01$)

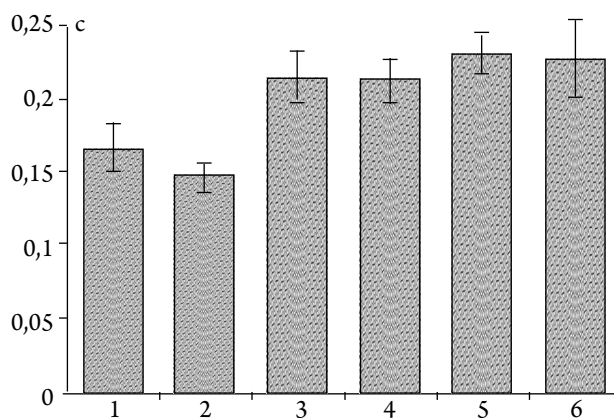


Рис. 2. Значения ДЦ теппинга правой (1) и левой (2) рук, ДЦ простой зрительно-моторной реакции правой (3) и левой (4) рук, ДЦ дифференцированной зрительно-моторной реакции правой (5) и левой (6) рук субъективно праворуких испытуемых N=10.

Примечание: между показателями категорий 1 и 2 достоверность различий составляет ($p < 0,001$), а так же между категориями 1 и 3, 1 и 5, 2 и 4, 2 и 6 статистическая достоверность составляет ($p < 0,01$)

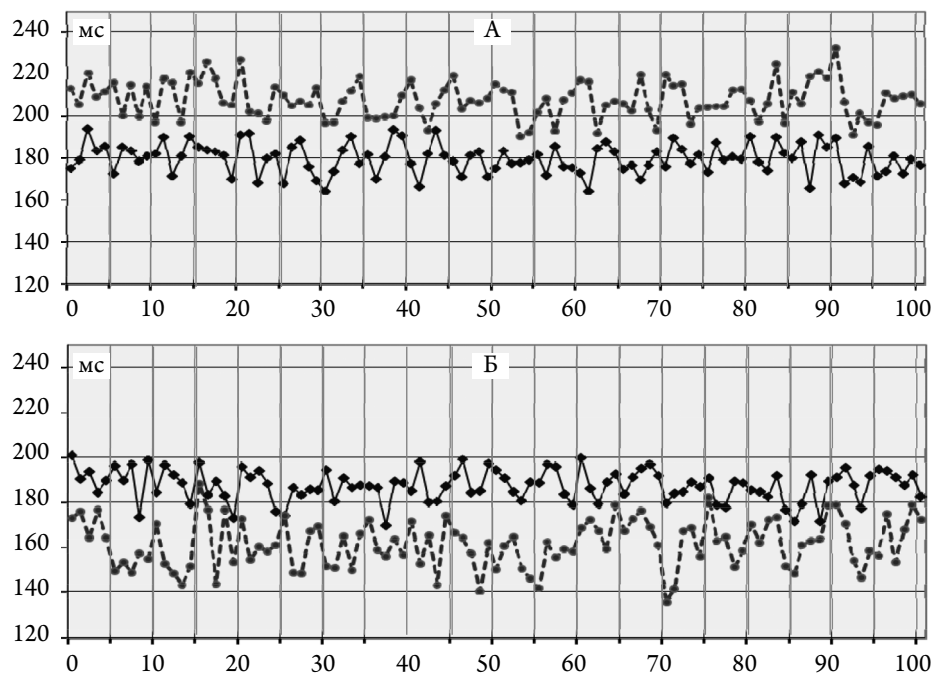


Рис. 3. Теппингограмма правой (сплошная ломанная линия, на А — снизу, на Б — сверху) и левой (штриховая) рук испытуемых с положительным (А) Кас и отрицательным (Б) Кас (статистическая достоверность различий — $p < 0,01$)

движений, после которой человек начинает преимущественно использовать только одну руку, в данном случае, правую. Применяемые методики требовали от испытуемых повышенной сосредоточенности, что в данной ситуации моделирует некоторые элементы операторской работы с кнопочными устройствами. При этом зарегистрированный графически теппинг-тест отражает общий уровень функциональных возможностей нервно-мышечного аппарата, а также экстрапирамидной и пирамидной систем, участвующих в реализации ритмических элементарных и сложных двигательных актов. Теппингография, таким образом, визуально отражает физиологическую кривую сенсомоторной работоспособности, а ЛПДР и ЛПДР (диф.) — устойчивость и аналитические возможности ЦНС [3–5].

При этом следует учитывать и то, что при тенденции к сокращению времени ДЦ левой руки у испытуемых с отрицательным значением Кас, возникают признаки дезадаптации нервных центров, задействованных в реализации исследуемых движений, что выражается в снижении качества выполняемого теста. Среднее количество ошибок при выполнении дифференцировки составило у общего массива испытуемых $4,380 \pm 0,151$ ошибок при выполнении пробы правой рукой и $4,582 \pm 0,211$ — при выполнении левой рукой ($p < 0,01$). В то время, как у испытуемых с отрицательным Кас количество ошибок было достоверно меньше при выполнении правой рукой ($3,321 \pm 0,170$), а количество ошибок при выполнении теста левой рукой существенно выше ($7,270 \pm 0,213$) ($p < 0,001$).

Полученные данные согласуются с результатами работ М.К. Ржепецкой и Байгужина П.А. [1,6], кото-

рые характеризуют первую фазу снижения умственной работоспособности как мобилизационную, отличающуюся высокой концентрацией внимания на фоне сохранения качества деятельности. Нами также показано, что особенно ярко это может проявляться у переученных левшей, которые продолжают считать себя субъективно праворукими. Характерно, что при этом происходит перестройка структуры деятельности за счет снижения качества выполнения простых психофизиологических тестов как своеобразных моделей легких элементов профессионального труда.

Выводы:

1. По данным количественного анализа характеристик сенсомоторной деятельности, праворукость работающих проявляется во время выполнения произвольных движений разного уровня организации. Теппингограммы выявляют наличие достоверной ($p < 0,01$) разницы в длительности ДЦ при выполнении ритмических движений данного типа.

2. Тремография отчетливо показывает тенденцию к отсутствию различий в длительности и амплитуде ДЦ правой и левой рук. Спектральная плотность мощности сигналов по результатам теппингографии, демонстрирует достоверную разницу ($p < 0,01$) в энергетических характеристиках рук. Установлена тесная корреляционная зависимость ($p < 0,01$) временных характеристик правой и левой рук при выполнении теппинг-теста.

3. Вычисление Кас сенсомоторной деятельности двигательных тестов по результатам функциональных возможностей обеих конечностей, выявило скрытых леворуких по данному способу действия испытуемых. Установлены достоверные различия в качестве выполнения теста у лиц с различным Кас.

4. *Использованные аппаратные неинвазивные методики измерения и вычисления пространственно-временных параметров двигательного акта фиксированной кинематической цепи, способствуют наиболее полному определению особенности асимметрической сенсомоторной деятельности испытуемых. Это может быть использовано в качестве характеристики работоспособности и функционального состояния лиц операторских профессий, требующих высокой координации рук при выполнении рабочих заданий.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 7,8)

1. *Байгузин П.А. Оптимизация оценки показателей сенсомоторной реакции — предикторов функционального состояния центральной нервной системы // Совр. проблемы науки и образ. — 2011. — № 6. — С. 41–44.*

2. *Гречишкин Р.М., Сошин С.С., Комин С.В., Рыжов А.Я., Щербак Н.Е. Физиологическая оценка системы управления произвольными и произвольными движениями руки // Актуальные проблемы физиологии труда. — Тверь, Изд-во Тверского гос. ун-та, 2005. — 153 с.*

3. *Исаев А.В., Ивлиева А.В., Исачев С.А. Теоретические подходы антиципации в психологии и физиологии человека // Мир науки, культуры, образования. — 2014. — №6 (49) — С. 247–259.*

4. *Матюхин В.В., Елизарова В.В., Порошенко А.С., Рыжов А.Я., Суворов В.Г., Шардакова Э.Ф., Юшкова О.И., Ямпольска Е.Г. Роль факторов трудового процесса в формировании функциональных и патологических нарушений / Профессиональный риск. Справочник. Под ред. Академика РАМН Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. — М., 2011.*

5. *Медведева Н.Е., Рыжов А.Я., Волнухина Л.В., Игнатъев Д.И., Комин С.В. К вопросу об индивидуальных формах анализа тремо- и теппингограмм пальцев рук // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология», — 2014. — Вып. № 1. — С. 47–56.*

6. *Ржепецкая М.К. Степени снижения работоспособности операторов при действии различных факторов среды // Физиология человека. — 1995. — Т. 21, № 4. — С. 69–72.*

REFERENCES

1. *Bayguzhin P.A. Optimization of evaluating parameters of sensomotor reaction — predictors of functional state of central nervous system // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. — 2011. — 6. — P. 41–44 (in Russian).*

2. *Grechishkin R.M., Soshin S.S., Komin S.V., Ryzhov A.Ya., Shcherbakova N.E. Physiologic evaluation of system controlling involuntary and voluntary motions of hand. Aktual'nye problemy fiziologii truda. — Tver', Izd-vo Tverskogo gos. universiteta, 2005. — 153 p. (in Russian).*

3. *Isaev A.V., Ivlicheva A.V., Isaychev S.A. Theoretic approach of anticipation in human psychology and physiology // Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. — 2014. — 6 (49). — P. 247–259 (in Russian).*

4. *Matyukhin V.V., Elizarova V.V., Poroshenko A.S., Ryzhov A.Ya., Suvorov V.G., Shardakova E.F., Yushkova O.I., Yampol'ska E.G. Role of working process factors in formation of functional and pathologic disorders / In: Izmerov N.F., Academician of RAMSC, Denisov E.I., eds. Occupational risk. Reference book. — Moscow, 2011 (in Russian).*

5. *Medvedeva N.E., Ryzhov A.Ya., Volnukhina L.V., Ignat'ev D.I., Komin S.V. On individual forms of analyzing tremor and teppingograms of fingers // Vestnik TvGU. Seriya «Biologiya i ekologiya». — 2014. — issue 1. — P. 47–56 (in Russian).*

6. *Rzhpetskaya M.K. Degrees of operators' performance decrease under exposure to various environmental factors // Fiziologiya cheloveka. — 1995. — Vol. 21. — 4. — P. 69–72 (in Russian).*

7. *Hellwig B., Haussler S., Schelter B., Lauk M., Guschlbauer B., Timmer J., C. H. Lucking Tremor-correlated cortical activity in essential tremor // Lancet. — Vol. 357. — №9255. — Feb. 2001. — P. 519–23.*

8. *Pfurtscheller O., Neuper C., Kalcher J. 40 — Oscillations during motor behavior in man // Neurosci Lett. — 1993. — №12. — P. 179–182.*

Поступила 02.02.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Медведева Надежда Евгеньевна (Medvedeva N.E.),
учитель биол. МОУ Гимназия №44. E-mail: nmedvedeva2011@yandex.ru.

Рыжов Анатолий Яковлевич (Ryzhov A.Y.),
рук. лаб. мед.-биол. проблем человека ТвГУ, проф. каф. биологии биологич. ф-та ТвГУ, д-р биол. наук, проф. E-mail: Ryjov.anat@yandex.ru.

Юшкова Ольга Игоревна (Yushkova O.I.),
гл. науч. сотр. лаб. физиологии труда и профилактич. эргономики ФГБНУ «НИИ МТ», проф. НИТУ «МИСиС», д-р мед. наук, проф. E-mail: doktorolga@indox.ru.