

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга

В.Е. Крийт¹, М.В. Санников², А.Б. Гудков³, Ю.Н. Сладкова¹, А.Н. Никанов¹, А.О. Пятибрат⁴¹ Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Санкт-Петербург, Российская Федерация;² Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова, Санкт-Петербург, Российская Федерация;³ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Российская Федерация;⁴ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Выполнение пожарными своих профессиональных обязанностей связано со значительным психоэмоциональным напряжением, а также комплексным влиянием вредных и опасных факторов, являющихся источником риска для их здоровья и жизни. Одной из важнейших задач профессиональной подготовки сотрудников в системе МЧС России является оценка психофизиологических резервов. В настоящее время традиционные методы психологического и психофизиологического тестирования не позволяют в полной мере провести оценку психофизиологических резервов, так как степень адаптации к экстремальным нагрузкам детерминирована наследственными признаками.

Цель. Изучить особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга.

Материал и методы. Обследовано 453 человека, из них 234 — основная группа (пожарные), 219 — контрольная группа. При тестировании использовали корректурную пробу с кольцами Ландольта, тест Мюнстерберга и таблицы Шульте, тест «Реакция на движущийся объект», методику «Простая зрительно-моторная реакция» и батареи интеллектуальных тестов КР-3-85. Генотипирование проводили по 5 кандидатным генам: *5HTT*, *5HT2A*, *COMT*, *DRD1*, *DRD2/ANKK1*. Исследовали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и стажа работы.

Результаты. Установлено наличие напряжения функциональных систем организма при длительной работе (более 5 лет) в основной группе. У пожарных — носителей генотипов *5HTT L/L*, *5HT2A C/C*, *COMT Val/Val*, *DRD2/ANKK1 Glu/Glu* — по результатам проведённого тестирования с применением большинства методик отмечены статистически значимо более высокие показатели, чем у пожарных — носителей генотипов *5HTT S/S*, *5HT2A T/T*, *COMT Met/Met*, *DRD2/ANKK1 Lys/Lys*, и в то же время более низкие показатели относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности практического применения исследования генов *5HTT*, *5HT2A* и *DRD2/ANKK1*. Изменений уровня внимания и нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдалось, а показатели познавательных психических процессов у лиц контрольной и основной групп различались в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT*.

Ключевые слова: безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарный; стресс-факторы пожара; нейродинамические свойства центральной нервной системы; гены-регуляторы моноаминовой системы; полиморфизм генов.

Как цитировать:

Крийт В.Е., Санников М.В., Гудков А.Б., Сладкова Ю.Н., Никанов А.Н., Пятибрат А.О. Особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга // Экология человека. Т. 29, № 6. С. 437–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Рукопись получена: 22.10.2021

Рукопись одобрена: 06.07.2022

Опубликована online: 02.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters depending on polymorphisms of the regulators' genes of the brain monoamine system

Vladimir E. Kriyt¹, Maksim V. Sannikov², Andrey B. Gudkov³, Yuliya N. Sladkova¹, Aleksandr N. Nikanov¹, Alexander O. Pyatibrat⁴

¹ North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russian Federation;

² Nikiforov's All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation;

³ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation;

⁴ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Firefighters' performance of their occupational duties is associated with significant psycho-emotional stress, as well as the complex influence of harmful and dangerous factors that are a source of risk to their health and life. One of the most important modern tasks of vocational training of employees in the EMERCOM of Russia is the problem of assessing psychophysiological reserves. Currently, traditional methods of psychological and psychophysiological testing do not allow a full assessment of psychophysiological reserves because the degree of adaptation to extreme loads is determined by hereditary traits.

AIM: To study the features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters that depend on the polymorphisms of the regulators genes of the monoamine system of the brain.

MATERIAL AND METHODS: Methodologically, 453 people were examined, of which 234 were the main group (firefighters), and 219 were the control group. Assessment was conducted using the following methods: "Correction test with Landolt rings", "Münsterberg test", "Schulte tables", "Reaction to a moving object", "Simple visual-motor reaction", and KR-3-85 test batteries. Genotyping was performed using five candidate genes of *5-HTTLPR* or *5HTT*, *5HT2A*, *COMT*, *DRD1*, and *DRD2/ANKK1*.

RESULTS: The results of indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes, depending on the nature of the occupational tasks performed and employment duration, indicates the strain of the functional systems of the body during long-term work (more than five years) in the main study group (firefighters). Firefighters carrying *5HTT* L/L, *5HT2A* C/C, *COMT* Val/Val, and *DRD2/ANKK1* Glu/Glu genotypes have significantly higher rates than those of *5HTT* S/S, *5HT2A* T/T genotypes, *COMT* Met/Met, and *DRD2/ANKK1* Lis/Lis, and at the same time lower indicators compared to individuals with similar genotypes from the control group.

CONCLUSION: The data obtained indicate the feasibility of practical application of studies of the *5HTT*, *5HT2A*, and *DRD2/ANKK1* genes. Changes in the level of attention and neurodynamic properties of the central nervous system depending on the polymorphic variants of the *DRD1* gene were not observed. The indicators of cognitive mental processes in the control and main groups differed depending on the polymorphic variants of the *COMT* gene.

Keywords: emergency safety; firefighter; fire stress factors; neurodynamic properties of the central nervous system; regulatory genes of the monoamine system; gene polymorphism.

To cite this article:

Kriyt VE, Sannikov MV, Gudkov AB, Sladkova YN, Nikanov AN, Pyatibrat AO. Features of cognitive mental processes and neurodynamic properties of the central nervous system in firefighters depending on polymorphisms of the regulators' genes of the brain monoamine system. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(6):437–456. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83528>

Received: 22.10.2021

Accepted: 06.07.2022

Published online: 02.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение пожарными своих профессиональных обязанностей связано со значительным психоэмоциональным напряжением, а также комплексным влиянием вредных и опасных факторов, являющихся источником риска для их здоровья и жизни [1–4]. Под психоэмоциональным напряжением следует понимать пограничное состояние, которое формируется в результате чрезмерного эмоционального напряжения и характеризуется временным понижением устойчивости психических и психомоторных функций, выраженных соматовегетативными реакциями, а также снижением профессиональной работоспособности при невозможности полноценной эмоциональной разрядки и отключения от тревожно-депрессивных переживаний [5, 6]. Кроме того, трудовая деятельность пожарных характеризуется психотравмирующими факторами, наиболее характерными и часто встречающимися из которых являются высокая температура окружающей среды, высокая плотность дыма, новизна раздражителей, воздействие шума, действие ограниченного пространства, опасность отравления химическими веществами, эмоционально-психологическое давление пострадавших людей [7]. Нервно-эмоциональная напряжённость ослабляет сознательный контроль и может привести к панике, быстро распространяющейся в условиях экстремальной обстановки с переходом к массовой психической реакции [8]. Именно поэтому одной из важнейших задач профессиональной подготовки сотрудников в системе МЧС России является проблема оценки психофизиологических резервов, под которыми понимают скрытые возможности организма переносить повышенную функциональную нагрузку, связанную с изменениями окружающей среды и гомеостаза [9].

В зарубежной литературе данные о риске стрессовых расстройств у пожарных весьма противоречивы. С одной стороны, существуют данные о более высоком риске травматических стрессовых расстройств у пожарных относительно других категорий государственных служащих [10], а с другой — описан более низкий уровень тревожности, депрессии, эмоциональной нестабильности и отрицательных эмоций у пожарных по сравнению с городскими полицейскими и служащими, что объясняется профессиональным отбором для работ в чрезвычайных ситуациях [11].

Кроме того, в настоящее время в МЧС России для пожаротушения и спасательных операций широко используются наземные, подводные робототехнические средства, как зарубежные, так и отечественного производства [12]. В соответствии с Концепцией развития робототехнических комплексов (систем) специального назначения в системе МЧС России до 2030 года использование спасательной робототехники в настоящее время направлено на снижение риска для жизни и здоровья личного состава Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы без ущерба эффективности

проведения противопожарных, аварийно-спасательных и восстановительных работ. Широкое освоение и внедрение новых робототехнических технологий требует от личного состава сохранения высоких кондиций нейродинамических и когнитивных функций [13–17].

Профессиональный отбор состоит из нескольких последовательных этапов, одним из которых является психологический отбор. В зарубежной практике для обеспечения высокого качества тестов используются две основные процедуры: рецензирование и сертификация тестов [18]. Обеспечиваются также компетентность при использовании тестов, эффективность и безопасность тестирования [19]. Широко распространена и индивидуальная психологическая оценка (IPA), включающая стандартизованные тесты и собеседования, что позволяет оценивать более широкий спектр информации о кандидате [20].

В настоящее время традиционные методы психологического и психофизиологического тестирования с применением разнородных по характеру и структуре методик и их модификаций, прошедших проверку надёжности, валидности и репрезентативности, не позволяют в полной мере провести оценку психофизиологических резервов, так как степень адаптации к экстремальным нагрузкам детерминирована наследственными признаками [21, 22]. Несоответствие предъявляемых требований и функциональных резервов организма может приводить к истощению его адаптационных и компенсаторных механизмов и развитию явлений дезадаптации [23–25].

Цель исследования. Изучить особенности когнитивных психических процессов и нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных в зависимости от полиморфизмов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 453 человека (мужчины), из них 234 — оперативно-тактические сотрудники Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы России, занимающиеся непосредственно пожаротушением, и 219 — контрольная группа, включающая сотрудников Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы России, не участвующих в пожаротушении, в том числе 116 сотрудников надзорного звена. По социально-демографическим параметрам различий в группах не наблюдалось. Возраст обследуемых составил в основной группе 34,5±7,6 года, в контрольной группе — 31,3±8,4 года. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия на участие до включения в исследование. Исследование состояло из трёх этапов.

На первом этапе в группах сравнения изучали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы в зависимости от стажа работы (1 год и более 5 лет).

На втором этапе в группах сравнения изучали показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы в зависимости от генотипов 5 кандидатных генов. Генотипирование проводили по генам *5HTT* (serotonin-transporter-linked polymorphic region); *5HT2A* (5-hydroxytryptamine (serotonin) receptor 2A); *COMT* (catechol-O-methyltransferase); *DRD1*; *DRD2/ANKK1* (dopamine D2 receptor TaqI A C > T polymorphism). Основным методом исследования — полимеразно-цепная реакция (ПЦР). Оценку частоты аллелей проводили с помощью анализа полиморфизма длин рестрикционных фрагментов. Для выявления рестрикционных полиморфизмов обрабатывали продукты ПЦР рестриктазами (New England Biolabs, Великобритания) в соответствии с инструкцией. Структура праймеров, применяемых в исследовании, и рестриктазы, использованные для выявления рестрикционных полиморфизмов, представлены в табл. 1.

На третьем этапе в группах сравнения изучали отдельные показатели внимания, нейродинамические свойства центральной нервной системы и познавательные психические процессы. Выделяли 2 подгруппы, имеющие статистически значимые различия по большинству изучаемых показателей. Подгруппу 1 ($n=106$) (из них 54 пожарных и 52 — контроль) составили носители генотипов *5HTT* L/L, *5HT2A* C/C, *COMT* Val/Val, *DRD1* T/T, *DRD2/ANKK1* Glu/Glu. Подгруппу 2 ($n=117$) (из них 60 пожарных и 57 — контроль) составили носители генотипов *5HTT* S/S, *5HT2A* T/T, *COMT* Met/Met, *DRD1* C/C, *DRD2/ANKK1* Lys/Lys.

Внимание исследовали с помощью корректурной пробы с кольцами Ландольта, теста Мюнстерберга и таблицы Шульте (по методу А.Ю. Козыревой). В корректурной пробе с кольцами Ландольта, к которой не наступает привыкания и на результат которой не оказывает влияние упрямость [26], оценивали скорость переработки

зрительной информации (Q , бит/с), которая является показателем продуктивности и устойчивости внимания и рассчитывается по формуле: $Q=V-2,807(P+O)/t$, где t — время выполнения задания (с), P — количество пропущенных знаков, Q — количество ошибочно или неправильно зачёркнутых знаков, V — объём зрительной информации (бит) за время t (с). Потеря информации, приходящейся на один пропущенный знак, приравнивалась к 2,807 бита [26]. С помощью теста Мюнстерберга оценивали избирательность внимания, с помощью таблицы Шульте определяли устойчивость внимания и динамику работоспособности. Для интерпретации результатов таблицы Шульте по методу А.Ю. Козыревой рассчитывали эффективность работы (ЭР) и психическую устойчивость (выносливость) (ПУ) по формулам: $ЭР=(T_1+T_2+T_3+T_4+T_5)/5$, где T_i — время работы с i -й таблицей, с; $ПУ=T_4/ЭР$ [27].

Оценку психических познавательных процессов проводили с помощью батареи тестов КР-3-85 (тесты структуры интеллекта), состоящей из 7 субтестов, в которых исследуются мышление («Аналогии», «Числовые ряды», «Образное мышление», «Арифметический счёт», «Установление закономерностей»), оперативная и кратковременная зрительная память («Зрительная память», «Арифметический счёт», «Вербальная (словесная) память»), внимание («Установление закономерностей», «Арифметический счёт») [28].

Тесты «Реакция на движущийся объект» (РДО) и «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), позволяющие оценить нейродинамические показатели сенсомоторного реагирования [29, 30], проводили с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» («Нейрософт», Россия). Методика РДО позволяет определить точность реагирования на раздражитель и судить об уравновешенности процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга, применяется для оценки способности

Таблица 1. Праймеры и рестриктазы, использованные для выявления полиморфизмов исследуемых кандидатных генов

Table 1. Primers and restriction enzymes used to identify polymorphisms of the studied candidate genes

Полиморфизм Polymorphism	Праймер Primer	Рестриктаза Restrictase	Температура инкубирования, °C Incubation temperature, °C
Val158Met (G472A) гена <i>COMT</i> Val158Met (G472A) of gene <i>COMT</i>	F: TCACCATCGAGATCAACCCC R: ACAACGGGTCAAGGCATGCA	Nla III	62
L/S гена <i>5HTT</i> L/S of gene <i>5HTT</i>	F: CAATGCTGGCGCTCCCTACATAT R: GACATAATCTGTCTCTGGCCTCTCAA	—	58
T102C гена <i>5HT2A</i> T102C of gene <i>5HT2A</i>	F: CAAGGTGAATGGTGAGCAGAAA R: TGGCAAGTGACATCAGGAAATAGT	Msp I	58
A-48G 5'-нетранслируемая область гена <i>DRD1</i> A-48G 5'-untranslated area of gene <i>DRD1</i>	F: GGCTTTCTGGTGCCCAAGACAGTG R: AGCACAGACCAGCGTGTCCCSA	DrdI	63
C2137 гена <i>DRD2</i> C2137 of gene <i>DRD2</i>	F: CCGTCGACCCTTCCTGAGTGTATCA R: CCGTCGACGGCTGGCCAAAGTTGTCTA	Taq I	65

ориентации в пространстве и во времени, а также предвидения хода событий [28, 31, 32]. Время сенсомоторных реакций отражает динамику скорости нервных процессов и их переключения, моторную координацию и активность нервной системы [33].

Статистическую обработку материалов, полученных в ходе исследования, проводили с помощью программы Statistica 6. Отдельные группы предварительно сравнивали с помощью непараметрического теста Краскела–Уоллиса, а затем значимость различий уточняли с помощью теста Манна–Уитни [34].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование психологического и психофизиологического тестирования пожарных с различным стажем работы в сравнении с группой контроля (табл. 2) показало, что пожарные, выполняющие профессиональные задачи по пожаротушению, при стаже работы более 5 лет демонстрировали статистически значимо более низкие показатели внимания по интерпретации всех используемых методик относительно исследуемых основной группы со стажем работы до одного года. В отношении лиц из аналогичной по стажу группы контроля отмечены статистически значимо более низкие показатели только по результатам тестирования с применением методики Мюнстерберга и корректурной пробы с кольцами Ландольта.

В результате исследования функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Зрительная память», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» выявлено, что у пожарных основной группы со стажем более 5 лет определялись статистически значимо более низкие показатели как в отношении лиц из аналогичной по стажу группы контроля, так и относительно исследуемых из основной группы со стажем работы до одного года.

Результаты сравнительной оценки нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют, что у пожарных со стажем работы более 5 лет установлены статистически значимо более низкие показатели РДО и более высокие показатели латентных периодов ПЗМР как в отношении работников из аналогичной по стажу контрольной группы, так и относительно пожарных из основной группы со стажем работы до одного года.

Основной задачей второго этапа исследования являлось определение генетических признаков поддержания высоких кондиций когнитивных функций и нейродинамических свойств центральной нервной системы на фоне профессиональных нагрузок при пожаротушении.

Распространённость генотипов рассматриваемых пяти кандидатных генов в группах сравнения представлена в табл. 3.

Полученные результаты исследования внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы

и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от полиморфных вариантов генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга представлены в табл. 4 и 5.

Результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания (табл. 4 (блок I)) свидетельствуют о более высоких значениях показателей у исследуемых с генотипом 5HTT L/L по интерпретации данных всех методик оценки внимания. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания по результатам тестирования по всем методикам были статистически значимо выше в группе контроля с аналогичным генотипом.

Результаты анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что у пожарных — носителей генотипа 5HTT L/L — показатели батареи тестов были статистически значимо выше (за исключением показателей методик «Образное мышление» и «Вербальная память») относительно пожарных — носителей генотипа 5HTT S/S. При оценке психических познавательных процессов с применением субтестов «Арифметический счёт», «Установление закономерностей» и «Числовые ряды» у пожарных были получены статистически значимо более низкие показатели, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась у лиц с генотипом 5HTT L/L как в основной, так и в контрольной группе. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют о лучшей подвижности нервных процессов у лиц контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена 5HTT. Стоит отметить, что по анализу показателей нейродинамических свойств центральной нервной системы исследуемые с генотипом 5HTT S/L заняли промежуточное место.

Аналогичные тенденции в изменении оцениваемых показателей были отмечены при анализе результатов исследования в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов гена *DRD2/ANKK1*.

По интерпретации данных всех методик оценки внимания результаты анализа свойств внимания свидетельствуют, что у пожарных с генотипом ANKK1 Glu/Glu показатели были статистически значимо более высокими, чем у носителей генотипа Lys/Lys. При этом оцениваемые показатели внимания по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичным генотипом.

Анализ данных, полученных с применением батареи тестов КР 3-85, показал, что у пожарных основной группы с генотипами ANKK1 Glu/Glu и Glu/Lys показатели по всем методикам были статистически значимо выше, чем с генотипом ANKK1 Lys/Lys. В результате исследования функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые

Таблица 2. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и стажа работы по специальности, $M \pm \sigma$, $n=453$

Table 2. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and work experience in the specialty, $M \pm \sigma$, $n=453$

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group		Контрольная группа Control group	
		1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years	1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics					
Корректирующая проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,64±0,12	1,34±0,16*#	1,58±0,14	1,52±0,13
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	21,20±1,70	18,10±0,80*#	20,70±2,10	19,30±1,20
Таблицы Шульце Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	43,80±3,10	47,20±2,40#	45,20±2,30	46,80±1,70
	Психическая устойчивость Mental stability	0,70±0,10	0,90±0,20	0,80±0,10	0,90±0,10
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system					
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	14,50±1,40	11,80±1,80*#	14,10±1,30	13,70±1,50
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	8,20±0,40	7,20±0,70*#	8,70±0,30	9,80±0,60
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	8,10±0,30	11,40±1,40*#	8,10±0,90	7,10±0,40
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	837,20±46,30	752,30±74,50*#	861,50±87,60	946,50±72,40
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	819,30±39,10	1192,30±114,98*#	841,70±82,20	715,70±51,30
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	217,5±9,2	251,4±11,4*#	216,7±8,5	218,3±9,7
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes					
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	27,2±1,4	23,7±1,6*#	26,9±1,2	27,4±1,5
	Числовые ряды Numerical series	25,9±0,9	22,5±2,2*#	24,8±1,4	24,1±1,9
	Зрительная память Visual memory	27,4±1,6	24,2±1,2*#	26,9±0,8	27,1±1,3

Окончание таблицы 2 / End of the Table 2

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group		Контрольная группа Control group	
		1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years	1 год 1 year	Более 5 лет More than 5 years
	Образное мышление Image thinking	25,9±1,3	27,9±1,2	25,3±1,6	23,5±1,6
	Арифметический счет Arithmetic count	23,8±1,6	16,9±1,2*#	24,1±1,8	23,3±1,5
	Вербальная память Verbal memory	27,7±0,9	26,2±1,2	27,5±0,8	26,7±1,3
	Установление закономерностей Pattern establishment	28,2±1,4	23,5±1,7*#	27,9±1,6	27,1±1,5

* различия значений с лицами из аналогичной по стажу контрольной группы, $p=0,048$; # различия с пожарниками из основной группы со стажем до 1 года, $p < 0,001$. U — критерий Манна–Уитни.

* Differences relative to the control group similar in employment period, $p=0.048$; #Differences relative to the main group with employment period up to 1 year, $p < 0.001$. U — Mann–Whitney U-test.

ряды», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» выявлено, что у пожарных оцениваемые показатели были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов также определялась у исследуемых с генотипом ANKK1 Glu/Glu как среди пожарных, так и среди лиц контрольной группы. Носители генотипа Glu/Lys демонстрировали промежуточные значения. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют о лучшей подвижности нервных процессов у лиц из контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена ANKK1.

Представленные в табл. 4 (блок II) результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания свидетельствуют о более высоких показателях у пожарных с генотипом 5HT2A C/C по интерпретации данных всех методик оценки внимания. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичными генотипами.

Результаты анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что у пожарных — носителей генотипа 5HT2A C/C — показатели, полученные по результатам тестирования с применением батареи тестов, были статистически значимо выше (за исключением показателей методики «Образное мышление») относительно пожарных — носителей генотипа 5HT2A T/T. Исследование функций логического мышления, памяти и внимания при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Арифметический счёт» и «Установление закономерностей» показало, что оцениваемые показатели у пожарных были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с аналогичными генотипами.

Таблица 3. Распространённость генотипов генов 5HTT, 5HT2A, COMT, DRD1 и DRD2 в группах сравнения, абс. число/%

Table 3. The prevalence of 5HTT, 5HT2A, COMT, DRD1 and DRD2 gene genotypes in the comparison groups, abs. number/%

Генотипы генов Gene genotypes	Группы Groups	
	Основная Main (n=234)	Контрольная Control (n=219)
5HTT:		
S/S	105/45	88/40
L/S	70/30	76/35
L/L	59/25	55/25
5HT2A:		
C/C	47/20	55/25
C/T	70/30	66/30
T/T	117/50	98/45
COMT:		
Val/ Val	59/25	66/30
Val/Met	128/55	98/45
Met/ Met	47/20	55/25
DRD2:		
Lys/Lys	82/35	120/55
Glu/Lys	93/40	55/25
Glu/Glu	59/25	44/20
DRD1:		
C/C	105/45	132/60
C/T	82/35	55/25
T/T	47/20	32/15

Таблица 4. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов *5HTT*, *5HT2A*, $M \pm \sigma$

Table 4. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and the genotypes of the *5HTT*, *5HT2A* genes, $M \pm \sigma$

I. Результаты исследования гена <i>5HTT</i> ($n=453$)							
I. <i>5HTT</i> gene study results, $n=453$							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		S/S	L/S	L/L	S/S	L/S	L/L
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректирующая проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,16±0,14	1,32±0,13	1,45±0,17 ^{1#}	1,41±0,16	1,53±0,14	1,62±0,21
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	16,3±1,8	18,2±1,2	22,4±1,5 ^{1#}	17,3±1,6	19,8±1,4	24,5±1,5 ¹
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	48,1±2,7	45,9±1,6	42,6±2,4 ^{1#}	41,3±2,1	37,6±2,8	35,3±2,7
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	8,4±0,3	8,7±0,3 ¹	13,8±0,4 ^{1#}	11,4±0,7	12,9±0,5 ¹	15,2±0,6 ¹
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	8,4±0,4 [#]	7,3±0,7 ^{1#}	7,9±0,3 ^{1#}	9,1±0,6	8,2±0,4 ¹	8,2±0,4 ¹
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	16,2±0,7 [#]	15,6±0,3 [#]	11,7±0,5 ^{1#}	10,2±0,4	8,4±0,7 ¹	8,3±0,5 ¹
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	752,6±45,2 [#]	748,4±62,5 [#]	712,4±56,7 ^{1#}	923,7±54,2	827,5±47,2	824,9±49,3 ¹
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1532,3±51,4 [#]	1483,6±67,4 [#]	1134,2±48,9 ^{1#}	912,7±46,5	841,7±52,9	738,4±45,6
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	262,5±9,3 [#]	253,7±7,5 [#]	248,7±7,2 ^{1#}	224,6±9,7	219,5±7,6	216,5±8,6 ¹

Продолжение таблицы 4 / Continuation of the Table 4

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		S/S	L/S	L/L	S/S	L/S	L/L
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Числовые ряды Numerical series	21,2±1,2 [#]	22,7±1,3 [#]	24,2±1,4 ^{1#}	23,8±0,9	25,2±1,3	26,9±2,5 ¹
	Арифметический счёт Arithmetic count	16,4±2,5 [#]	16,8±1,6 [#]	18,3±0,7 ^{1#}	21,4±1,4	23,5±2,2	24,7±1,6
	Установление закономерностей Pattern establishment	21,8±2,4 [#]	23,3±1,5 ^{1#}	23,8±3,2 ^{1#}	25,2±2,2	28,3±3,1	28,7±1,3 ¹
II. Результаты исследования гена 5HT2A (n=453) II. 5HT2A gene study results, n=453							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректурная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,42±0,21 ^{2#}	1,33±0,17 ^{2#}	1,21±0,17 [#]	1,59±0,12 ²	1,52±0,19 ²	1,39±0,14
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	22,6±1,8 ^{2#}	17,8±0,9 ²	15,9±1,4	25,2±1,6 ²	18,9±1,4 ²	16,9±1,7
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	43,1±1,8 ^{2#}	46,2±1,5 [#]	47,9±2,1 [#]	34,9±2,2 ²	38,1±3,1 ²	42,4±2,5
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	12,1±0,5 ²	10,5±0,3 ²	9,1±0,4	15,1±0,4	13,4±0,5	10,9±0,7
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	7,2±0,3 ²	7,6±0,8 ²	8,2±0,4	7,4±0,5	8,7±0,7	12,8±0,4
	Количество запаздывающих реакций Number of deferred reactions	12,9±0,3 ²	13,2±0,6 ²	7,8±0,8 [#]	7,6±0,4	8,2±0,6	8,9±0,7

Окончание таблицы 4 / End of the Table 4

Тест/батарея тестов Test/Test battery	Показатель/ субтест Indicator/Subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		С/С	С/Т	Т/Т	С/С	С/Т	Т/Т
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	727,3±51,5 ²	751,3±54,3 ²	794,5±62,2	757,4±57,4	851,3±64,2	1146,2±71,3
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1037,40±73,22	1362,70±68,62	821,30±71,40	779,30±57,30	824,50±74,60	897,60±52,80
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	247,50±8,72	252,90±9,22	254,30±11,50	226,70±9,70	221,80±9,62	217,90±12,40
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	26,7±1,5 ^{2#}	23,9±1,2 ^{2#}	21,7±1,4 [#]	27,3±1,5 ²	26,1±1,5	24,5±1,4
	Числовые ряды Numerical series	24,2±0,3 ^{2#}	22,6±0,5 ^{2#}	21,5±0,7 [#]	27,4±0,7 ²	25,7±0,3	24,2±0,3
	Арифметический счёт Arithmetic count	18,4±0,5 ^{2#}	17,4±0,4 [#]	16,2±0,7 [#]	24,8±0,5 ²	22,3±0,6	19,7±0,3
	Установление закономерностей Pattern establishment	25,6±0,2 ^{2#}	25,2±0,4 ^{2#}	21,2±0,5 [#]	28,7±0,4 ²	27,3±0,7	24,2±0,5

¹ — различия относительно носителей генотипа 5HTT S/S, $p < 0,001$; ² — относительно носителей генотипа 5HT2A T/T, $p < 0,001$; # — относительно группы контроля с аналогичным генотипом, $p = 0,034$. U — критерий Манна-Уитни.

¹ — differences relative to carriers of the 5HTT S/S genotype, $p < 0,001$; ² — differences relative to carriers of the 5HT2A genotype T/T, $p < 0,001$; # — differences relative to the control group with the same genotype, $p = 0,034$. U — Mann-Whitney U-test.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась у пожарных основной группы с генотипами С/С и С/Т гена 5HT2A. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствуют об отсутствии статистически значимых различий в подвижности нервных процессов у лиц контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена 5HT2A.

По интерпретации данных всех методик оценки внимания, представленных в табл. 5 (блок I), результаты анализа концентрации, объёма и устойчивости внимания свидетельствуют, что у пожарных с генотипом COMT Val/Val показатели были статистически значимо более высокими, чем у носителей генотипа COMT Met/Met. При этом показатели концентрации, объёма и устойчивости внимания

по всем методикам были статистически значимо выше у лиц группы контроля с аналогичным генотипом. Эти данные демонстрируют высокую степень стрессированности у пожарных, профессиональная деятельность которых связана с пожаротушением.

Анализ данных, представленных в табл. 5 (блок I), свидетельствует о ряде статистически значимых отличий по показателям методик оценки познавательных психических процессов у обследуемых с различными генотипами гена COMT. У пожарных показатели познавательных психических процессов были статистически значимо ниже или не имели статистически значимых различий относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. Среди пожарных — носителей генотипа COMT Met/Met — определялись статистически значимо более

Таблица 5. Показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в группах сравнения в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов *COMT*, *DRD1*, $M \pm \sigma$

Table 5. Indicators of attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes in the comparison groups depending on the nature of the professional tasks performed and the genotypes of the *COMT*, *DRD1* genes, $M \pm \sigma$

I. Результаты исследования гена <i>COMT</i> ($n=453$)							
I. <i>COMT</i> gene study results, $n=453$							
Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/ субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		Met/Met	Val/Met	Val/Val	Met/Met	Val/Met	Val/Val
Исследование свойств внимания Study of attention characteristics							
Корректирующая проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,17±0,16 [#]	1,37±0,21 ^{1#}	1,39±0,28 ^{1#}	1,41±0,21	1,54±0,18 ¹	1,55±0,19 ¹
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	15,3±1,8	19,4±1,3 ^{1#}	21,2±0,9 ^{1#}	17,6±1,5	23,2±1,3 ¹	24,6±1,7 ¹
Таблицы Шульце Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	47,6±1,5 [#]	47,1±1,4 [#]	42,6±1,8 ^{1#}	41,9±2,3	41,2±2,7	35,7±1,8 ¹
Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы Study of the neurodynamic properties of the central nervous system							
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	10,2±0,3	10,8±0,5	12,4±0,7 [#]	11,3±0,7	14,2±0,61	14,8±0,41
	Длительность опережающих реакций, мс Duration of antedating reactions, ms	735,4±62,7	715,7±51,71	782,3±56,31	878,5±64,3	732,1±61,4	712,2±58,61
	Длительность запаздывающих реакций, мс Duration of deferred reactions, ms	1254,3±53,2	1162,7±61,41	1051,6±59,71	1145,3±64,7	932,6±63,2	982,6±52,51
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	249,8±14,5 [#]	249,2±12,3 [#]	245,5±9,81	231,7±12,7	225,3±11,6	221,4±16,31
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	22,8±1,5	24,2±1,4	24,5±1,6 ¹	24,2±1,2	25,8±1,3	26,3±1,5 ¹

Продолжение таблицы 5 / Continuation of the Table 5

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		Met/Met	Val/Met	Val/Val	Met/Met	Val/Met	Val/Val
	Числовые ряды Numerical series	22,5±0,6	24,9±0,4	25,3±0,3 ¹	23,7±0,6	26,1±0,5	26,8±0,3 ¹
	Арифметический счёт Arithmetic count	15,3±0,5 [#]	18,6±0,2 ^{1#}	19,4±0,6 ^{1#}	17,2±0,4	25,3±0,6 ¹	26,4±0,5 ¹
	Вербальная память Verbal memory	22,3±0,5 [#]	25,8±0,5 ¹	27,6±0,7 ¹	29,1±0,5	27,6±0,3	26,7±0,7 ¹
	Установление закономерностей Pattern establishment	23,7±0,2 [#]	25,2±0,3	26,2±0,3 ¹	27,8±0,6	26,1±0,7	25,8±0,2 ¹

II. Результаты исследования гена *DRD1* (*n*=453)
II. *DRD1* gene study results, *n*=453

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		C/C	C/T	T/T	C/C	C/T	T/T

Исследование свойств внимания
Study of attention characteristics

Корректирующая проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,28±0,16 [#]	1,32±0,14 [#]	1,33±0,17 [#]	1,49±0,16	1,51±0,12	1,52±0,14
Методика Мюнстерберга Münsterberg's technique	Избирательность внимания, баллов Attention selectivity, points	17,6±1,7 [#]	18,2±1,5 [#]	18,9±0,4 [#]	19,3±1,3	21,1±1,6	21,9±1,4
Таблицы Шульте Schulte tables	Эффективность работы, с Performance efficiency, s	46,3±1,3 [#]	45,4±1,7 [#]	44,2±1,4 ^{2#}	40,3±2,6	39,7±2,4	38,7±1,5

Исследование нейродинамических свойств центральной нервной системы
Study of the neurodynamic properties of the central nervous system

Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	11,2±0,3	11,4±0,4 [#]	11,7±0,3 [#]	12,5±0,7	13,2±0,5	14,2±0,3
	Количество опережающих реакций Number of antedating reactions	7,9±0,5 [#]	8,2±0,6 [#]	8,6±0,6 [#]	7,3±0,4	7,5±0,3	7,1±0,4
	Длительность опережающих реакций, мс Number of antedating reactions	794,6±58,2	816,4±56,5 [#]	872,1±59,4 [#]	742,6±61,7	761,4±66,8	714,7±51,2

Окончание таблицы 5 / End of the Table 5

Тест/батарея тестов Test/test battery	Показатель/субтест Indicator/subtest	Основная группа Main group			Контрольная группа Control group		
		С/С	С/Т	Т/Т	С/С	С/Т	Т/Т
Простая зрительно-моторная реакция Simple visual-motor reaction	Скорость сенсомоторной реакции, мс Sensorimotor reaction speed, ms	248,5±13,7 [#]	248,1±12,4 [#]	247,2±11,3 [#]	227,8±12,7	227,4±11,6	226,3±14,3
Исследование познавательных психических процессов Study of cognitive mental processes							
КР 3-85 KR 3-85	Аналогии Analogies	20,6±0,3 [#]	25,1±0,4 ^{2#}	25,8±0,2 ^{2#}	22,8±1,4	27,2±1,6 ²	27,9±1,8 ²
	Числовые ряды Numerical series	23,2±1,3 [#]	24,3±1,4 [#]	24,8±1,2 ^{2#}	25,9±0,6	26,2±0,7	26,4±0,5
	Зрительная память Visual memory	21,4±0,3	26,2±0,5 ²	27,7±0,6 ²	21,3±0,3	28,4±0,4 ²	29,2±0,5 ²
	Образное мышление Image thinking	23,9±0,5	29,3±0,2 ²	29,8±0,3 ²	23,1±0,4	29,6±0,3 ²	29,2±0,5 ²
	Арифметический счет Arithmetic count	16,9±0,4	17,2±0,3 ^{2#}	17,6±0,6 ^{2#}	21,8±0,4	22,7±0,6	23,1±0,3
	Вербальная память Verbal memory	21,4±0,4	28,2±0,3 ²	28,6±0,4 ²	23,4±0,5	28,9±0,2 ²	29,2±0,7 ²
	Установление закономерностей Pattern establishment	19,8±0,8	27,9±0,4 ²	28,3±0,5 ²	21,2±0,7	28,1±0,3 ²	29,1±0,5 ²

¹ — различия значений относительно носителей генотипа COMT Met/Met, $p < 0,001$; ² — относительно носителей генотипа DRD1 C/C, $p < 0,001$; # — относительно группы контроля с аналогичным генотипом, $p = 0,041$. U — критерий Манна–Уитни.

¹ — differences relative to carriers of the COMT Met/Met genotype, $p < 0.001$; ² — differences relative to carriers of the DRD1 C/C genotype, $p < 0.001$; # — differences relative to the control group with the same genotype, $p = 0.041$.

U — Mann–Whitney U-test.

низкие показатели относительно пожарных с генотипом COMT Val/Val (за исключением показателей методик «Зрительная память» и «Образное мышление»). В то же время у лиц контрольной группы показатели познавательных психических процессов различались в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT*. Так, результаты исследования функций логического мышления, памяти и внимания, полученные при тестировании по субтестам «Установление закономерностей» и «Вербальная память», были статистически значимо выше у носителей генотипа COMT Met/Met. В то же время показатели, полученные при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды» и «Арифметический счёт», были статистически значимо выше у носителей генотипа COMT Val/Val.

Анализ показателей нейродинамических свойств центральной нервной системы у пожарных основной группы в зависимости от полиморфных вариантов гена *COMT* в сравнении с лицами контрольной группы, профессиональная деятельность которых не связана

с каждодневным стрессом, свидетельствует о некотором снижении подвижности нервных процессов. Статистически значимые различия получены только по количеству точных реакций в методике РДО и по скорости сенсомоторной реакции в методике ПЗМР. На снижение подвижности нервных процессов также влияет носительство генотипа COMT Met/Met. По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов статистически значимо определялась в группе контроля с генотипом COMT Val/Val, среди пожарных статистически значимые отличия определялись только по длительности опережающих и запаздывающих реакций в методике РДО и скорости сенсомоторной реакции в методике ПЗМР.

Результаты анализа оценки внимания, представленные в табл. 5 (блок II), свидетельствуют, что у пожарных показатели свойств внимания были статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с соответствующими генотипами. В то же время изменений уровня

Таблица 6. Отдельные показатели по методикам оценки внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и познавательных психических процессов в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и генотипов генов, $M \pm \sigma$

Table 6. Some indicators of methods for assessing attention, neurodynamic properties of the central nervous system, and cognitive mental processes, depending on the nature of the professional tasks performed and gene genotypes, $M \pm \sigma$

Тест Test	Показатели Indicators	Основная группа Main group		Контрольная группа Main group	
		Подгруппа 2 Subgroup 2 ($n=60$)	Подгруппа 1 Subgroup 1 ($n=54$)	Подгруппа 2 Subgroup 2 ($n=57$)	Подгруппа 1 Subgroup 1 ($n=52$)
Корректурная проба с кольцами Ландольта Landolt's rings visual acuity test	Скорость переработки зрительной информации, Q, бит/с Visual information processing rate, Q, bps	1,12±0,13*	1,54±0,12 [#]	1,35±0,14	1,57±0,14 [#]
Реакция на движущийся объект Reaction to a moving object	Количество точных реакций Number of exact reactions	8,6±0,3*	14,2±0,8 [#]	12,1±0,5	15,3±0,7 [#]
КР 3-85 KR 3-85	Числовые ряды Numerical series	20,4±0,5*	25,4±0,4 [#]	23,72±0,6	27,1±0,4 [#]
	Арифметический счёт Arithmetic count	15,2±0,6*	19,1±0,5* [#]	17,8±0,7	26,2±0,6 [#]

* различия значений относительно носителей аналогичной подгруппы контрольной группы, $p=0,037$; [#] относительно подгруппы 2 аналогичной группы, $p < 0,001$. U — критерий Манна–Уитни.

* — differences relative to carriers of a similar subgroup of the control group, $p=0.037$; [#] — differences relative to subgroup 2 of the similar group, $p < 0.001$. U — Mann–Whitney U-test.

внимания в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдается.

Анализ познавательных психических процессов в зависимости от характера выполняемых профессиональных задач и полиморфных вариантов гена *DRD1* свидетельствует о ряде статистически значимых отличий по показателям методик оценки познавательных психических процессов у обследуемых с различными генотипами гена *DRD1*. Результаты исследования функций логического мышления, памяти и внимания, полученные при тестировании по субтестам «Аналогии», «Числовые ряды», «Арифметический счёт», у пожарных были статистически значимо ниже относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. Среди пожарных в группах носителей генотипов *DRD1 T/T* и *DRD1 C/T* определялись статистически значимо более высокие показатели по всем методикам батареи тестов относительно пожарных с генотипом *DRD1 C/C*. Среди лиц контрольной группы показатели, полученные по результатам тестирования по субтестам «Аналогии», «Зрительная память», «Образное мышление», «Вербальная память» и «Установление закономерностей», также были статистически значимо выше у носителей генотипов *DRD1 T/T* и *DRD1 C/T*.

Результаты анализа подвижности нервных процессов свидетельствуют, что у пожарных показатели РДО и ПЗМР статистически значимо ниже, чем у лиц контрольной группы с соответствующими генотипами. В то же время изменений нейродинамических свойств центральной нервной

системы в зависимости от полиморфных вариантов гена *DRD1* не наблюдается.

Результаты третьего этапа исследования — анализ отдельных показателей (табл. 6) — свидетельствуют, что анализируемые показатели внимания, нейродинамических свойств центральной нервной системы и уровня логического математического мышления в подгруппе 1 основной группы с генотипами генов-регуляторов моноаминовой системы головного мозга были статистически значимо выше результатов, полученных в подгруппе 2 основной группы, а также показывают отсутствие статистически значимых различий относительно лиц с аналогичными генотипами из группы контроля. В то же время показатели оперативной и кратковременной памяти при исследовании функций логического мышления с помощью субтеста «Арифметический счёт» в подгруппе 1 основной группы были статистически значимо ниже, чем в контрольной группе с аналогичными генотипами. Необходимо также отметить, что по всем проанализированным показателям у лиц подгруппы 2 основной группы выявлены статистически значимые различия в сравнении с носителями аналогичных генотипов контрольной группы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов первого этапа исследования показал снижение функций познавательных психических процессов, нейродинамических свойств центральной

нервной системы, объёма, концентрации и устойчивости внимания у пожарных при длительной работе по специальности в сравнении как с аналогичной по стажу группой контроля, так и с пожарными со стажем работы 1 год. Необходимо также отметить, что статистически значимых различий в группах сравнения со стажем работы 1 год не установлено.

Данные, полученные рядом авторов [3, 11], свидетельствуют о важной роли метаболизма серотонина в регуляции эмоциональных реакций человека. Расположенный в гене *SLC6A4* ген *5HTT* кодирует белок-переносчик серотонина [8, 33]. Полиморфизм гена-транспортера серотонина, выраженный тандемными повторами (*VNTR*) в промоторном регионе гена, характеризуется повторяющимися последовательностями; короткий аллель *S* несет 14 повторов, а длинный *L*-аллель — 16 повторов. Короткий аллель *S* ассоциирован с меньшей степенью транскрипции, что сопровождается более низкой экспрессией белка-транспортера серотонина на пресинаптической мембране, чем длинный аллель *L*. Некоторые источники [35] свидетельствуют, что при экстремальных физических нагрузках носители аллеля *S* характеризуются лучшей подвижностью нервных процессов, но при этом устойчивость нейродинамических свойств центральной нервной системы у них ниже, чем у носителей аллеля *L*. Гомозиготные носители аллеля *S* в большей степени подвержены формированию посттравматического стрессового расстройства, при этом они отличаются меньшим уровнем агрессии и тревожности, чем носители аллеля *L* [35].

Ген *5HT2A*, расположенный на 13-й хромосоме, кодирует рецептор серотонина 2A, участвующий в контроле терморегуляции, циркадных ритмов, деятельности кардиоваскулярной системы и регуляции механизмов мышечных сокращений. Наиболее изучен полиморфизм *T102C*, представленный однонуклеотидной заменой (SNP) *T/C* в положении 102. Полиморфизм *C102T* является наиболее значимым для исследования в связи с ассоциацией аллеля *5HT2A T* с повышенной экспрессией гена, что проявляется повышенной агрессией, высокой утомляемостью при физических нагрузках, в то же время аллель *5HT2A T* ассоциирован с лучшей продуктивностью кратковременной памяти [36].

Ген *COMT*, расположенный на 22-й хромосоме в локусе *q11*, кодирует катехол-О-метилтрансферазу — цитоплазматический фермент, участвующий в распаде моноаминов головного мозга [37]. В литературных источниках [37–39] отмечается, что некоторые полиморфизмы связаны с нарушениями регуляции дофаминергической системы мозга, формированием когнитивной дисфункции и с рядом психических заболеваний. Известно более чем 134 SNP полиморфизмов гена *COMT*. Большинство этих полиморфизмов находятся в интронах, поэтому не проявляются фенотипически, из-за чего мало изучены. Наиболее изучен полиморфизм *rs4680*, который связан с заменой валлина на метионин в аминокислотной последовательности

белка в положении 158 мембраносвязанной (*Val158Met*) [38]. Результаты, полученные рядом исследователей [40], свидетельствуют о снижении активности фермента у носителей аллеля *Met*, что приводит к повышению концентрации дофамина в префронтальной коре. Частота встречаемости аллеля *Met* для популяции европейской части России составляет 52%. По мнению авторов [38], аллель *Val* ассоциирован с высокой стрессоустойчивостью, в то время как носители аллеля *Met* демонстрируют лучшие показатели в решении когнитивных задач при спокойной обстановке. Другие авторы [39] отмечают, что при влиянии физических нагрузок и стрессогенных факторов, наоборот, носители генотипа *Val/Val* демонстрируют большую когнитивную гибкость при неизменной рабочей памяти.

Дофамин, гормон и нейромедиатор, обеспечивающий когнитивные функции и отвечающий за чувство удовлетворения, любви и привязанности, называют «молекулярным пряником» из-за его связи с формированием целенаправленного поведения. Дофаминовые рецепторы разделяют на 5 главных подтипов, к которым относят рецепторы *D1*, *D2*, *D3*, *D4* и *D5*. Представленные 5 подтипов по фармакогенетическому механизму делят на *D1*-подобные, к которым относят рецепторы *D1* и *D5*, и *D2*-подобные (*D2*, *D3*, *D4*). Различие в механизмах обусловлено тем, что *D1*-подобные рецепторы активируют аденилатциклазу, а рецепторы группы *D2*, наоборот, ингибируют.

Расположенный на 5-й хромосоме в локусе *q35.1* ген *DRD1* кодирует белок подтипа *D1* дофаминового рецептора, который стимулирует аденилатциклазу и киназы *цАМФ* [40]. Наиболее изученным SNP полиморфизмом *rs686* является замена *C/T*. Хронический стресс способен уменьшать экспрессию *D1*-рецепторов, что может приводить к нарушениям нервно-эмоциональной регуляции и влиять на когнитивные способности за счёт снижения экспрессии ряда нейропластических факторов. Авторы [40] отмечают ассоциированные с поведенческими расстройствами мутации гена *DRD1*. По их мнению, существует взаимосвязь мутаций гена *DRD1* и возникновения патологических аддикций, проявляющихся никотиновой, кокаиновой и алкогольной зависимостью, а также вовлечением в этиологию различных психоневрологических заболеваний. Есть мнение о связи мутаций гена *DRD1* с регуляцией артериального давления и формированием атеросклероза [41, 42].

Расположенный на 11-й хромосоме ген *DRD2* кодирует и регулирует экспрессию белка дофаминового рецептора второго типа (*D2*-рецептор), который в сопряжении с *G*-белками ингибирует аденилатциклазу под воздействием дофамина и принимает участие в регуляции процессов синтеза и высвобождения дофамина. Его стимуляция приводит к торможению передачи нервного импульса в симпатических ганглиях, снижая выделение дофамина и норадреналина из симпатических окончаний.

На регуляцию экспрессии гена *DRD2* оказывает влияние ген *ANKK1*, локализующийся с ним рядом. Полиморфизм гена *ANKK1* (TaqI A), в котором цитозин (C) заменяется на тимин (T) — генетический маркер C2137T, в результате чего происходит замена аминокислоты глутамин на лизин (Glu713Lys) в позиции 713 аминокислотной последовательности белка ANKK1 (dopamine D2 receptor TaqIA C > T polymorphism), определяет плотность рецепторов дофамина второго типа в синаптической щели. Основной аллель гена *ANKK1* с азотистым основанием C обозначается как A2 или по названию аминокислоты Glu, а изменённый аллель T — как A1 или Lys. Результаты исследования [41] свидетельствуют о снижении сродства рецепторов к дофамину у носителей аллеля Lys, при этом плотность дофаминовых рецепторов D2 во всех участках полосатого тела снижается на 30%, что влияет на поведение человека при стрессовых ситуациях.

Результаты, полученные с помощью молекулярно-генетического анализа для носителей различных генотипов 5 кандидатных генов, показали следующее.

Пожарные — носители генотипов 5HTT L/L, 5HT2A C/C, COMT Val/Val, DRD2/ANKK1 Glu/Glu — отличаются статистически значимо более высокими показателями внимания, чем пожарные — носители генотипов 5HTT S/S, 5HT2A T/T, COMT Met/Met, DRD2/ANKK1 Lys/Lys. При этом у лиц группы контроля с аналогичным генотипом показатели внимания по всем методикам были статистически значимо выше. Необходимо отметить, что изменений уровня внимания в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось.

По интерпретации методик РДО и ПЗМР, лучшая подвижность нервных процессов определялась в основных группах носителей генотипов 5HTT L/L, DRD2/ANKK1 Glu/Glu, 5HT2A C/C и 5HT2A C/T, по отдельным показателям — в основных группах носителей генотипов COMT Val/Val. Изменений нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось. В то же время показатели нейродинамических свойств центральной нервной системы свидетельствовали о лучшей подвижности нервных процессов у лиц из группы контроля относительно пожарных с аналогичными генотипами генов 5HTT, DRD2/ANKK1, DRD1, по отдельным показателям — гена COMT. Необходимо отметить отсутствие статистически значимых различий в подвижности нервных процессов у исследуемых контрольной группы относительно пожарных с аналогичными генотипами гена 5HT2A.

Данные анализа познавательных психических процессов свидетельствуют, что по результатам тестирования с применением батареи тестов КР 3-85 оцениваемые показатели были статистически значимо выше у пожар-

ных — носителей генотипов 5HTT L/L, 5HT2A C/C, DRD2/ANKK1 Glu/Glu и Glu/Lys, DRD1 T/T и DRD1 C/T, COMT Val/Val (по большинству субтестов), но статистически значимо ниже, чем в контрольной группе с аналогичными генотипами (по отдельным субтестам).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности практического применения исследований генов 5HTT, 5HT2A и DRD2/ANKK1. Изменений уровня внимания и нейродинамических свойств центральной нервной системы в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD1 не наблюдалось, а показатели познавательных психических процессов у лиц контрольной и основной групп различались в зависимости от полиморфных вариантов гена COMT.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов. В.Е. Крийт — концепция и дизайн исследования, получение и анализ данных; М.В. Санников — анализ данных и подготовка первого варианта статьи; А.Б. Гудков — интерпретация данных, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи; Ю.Н. Сладкова — анализ данных и подготовка первого варианта статьи; А.Н. Никанов — анализ и интерпретация данных; А.О. Пятибрат — анализ данных, подготовка окончательного варианта статьи. Все авторы внесли существенный вклад в планирование и проведение исследования, анализ и интерпретацию результатов, подготовку рукописи и публикацию статьи.

Authors' contributions. V.E. Kriyt made a significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition and analysis; M.V. Sannikov participated in the data analysis and preparation of the initial draft of the article; A.B. Gudkov took part in the data interpretation, approved finally the manuscript sent to the editorial office; Yu.N. Sladkova participated in the data analysis and preparation of the initial draft of the article; A.N. Nikanov made a significant contribution to the data analysis and interpretation; A.O. Pyatibrat participated in data analysis, and preparation of the final version of the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have contributed significantly to the development of the concept, research, and preparation of the article, read, and approved the final version before publication).

Финансирование исследования. Исследование не имело финансовой поддержки.

Funding. The study had no external funding.

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

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексанин С.С., Санников М.В., Астафьев О.М. Медицинские последствия влияния производственных факторов на пожарных // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. № 3. С. 158–160.
2. Дранников А.А., Мандрыка В.С., Бутенко Ю.Л. Методы корректировки психологического состояния пожарного при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2. С. 136–139.
3. Карапетян Л.В. Психологические детерминанты профессиональной успешности спасателей МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 3. С. 106–115. doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-106-115
4. Фуфаева И.Г., Гудилина В.А. Анализ влияния стресса на развитие соматогенной патологии у пожарных-спасателей МЧС // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 1. С. 274–278.
5. Картавенко М.В., Чекина А.Д. Определение уровней психоэмоциональной напряженности и стресса // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 6. С. 80–83.
6. Панин Л.Е., Соколов В.П. Психосоматические взаимоотношения при хроническом эмоциональном напряжении. Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1981. 179 с.
7. Кошкаров В.С., Трошунин А.В. Влияние стресс-факторов на психику пожарных // I международная научная конференция «Актуальные вопросы современной психологии»; март 20–23, 2011; Челябинск. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25405003&selid=25405319>.
8. Чермянин С.В., Решетников М.М., Корзунин В.А. Динамика процессов адаптации у военнослужащих — участников боевых действий // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы повышения работоспособности и восстановления здоровья военнослужащих и гражданского населения в условиях чрезвычайных ситуаций»; Декабрь 6–7, 2006; Санкт-Петербург : ВМедА.
9. Черкесов В.В., Ермак В.А. Профессионально-важные качества пожарных-спасателей МЧС // Вестник гигиены и эпидемиологии. 2020. Т. 24, № 2. С. 207–209.
10. Han M., Park S., Park J.H., et al. Do police officers and firefighters have a higher risk of disease than other public officers? A 13-year nationwide cohort study in South Korea // BMJ Open. 2018. Vol. 8, N 1. P. e019987. doi: 10.1136/bmjopen-2017-019987
11. Marco T., Marco C.M., Aristide S. Stress, psychological disease, psychological well-being and personality in Italian firefighters compared to other working categories // Cogent Psychology. 2021. Vol. 8, N 1. P. 1–20. doi: 10.1080/23311908.2021.1912249
12. Северов Н.В., Байков А.В., Носков С.С., и др. Основы спасательной робототехники. Химки : АГЗ МЧС РФ, 2017. 99 с.
13. Кондаурова О.П., Горбунова Я.А. Особенности показателей стрессоустойчивости у сотрудников государственной противопожарной службы МЧС России // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62. С. 72–75. doi: 10.18411/lj-06-2020-446
14. Куликова Т.И. Влияние профессионального стресса на психическое здоровье специалистов пожарной службы МЧС // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2017. № Т43. С. 34–38.
15. Паниотова Д.Ю., Красавин Н.Э. К вопросу об особенностях стресса и стрессоустойчивости пожарных // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2. С. 312–314.
16. Тимчук И.А., Соколов К.Е. Стрессовые состояния пожарных // Научный электронный журнал Меридиан. 2019. № 15. С. 495–497.
17. Травникова Е.Е. Уровень адаптивности и нервно-психическая устойчивость у пожарных на примере сотрудников пожарной службы ФГКУ «2 отряд ФПС» (по Приморскому краю) // Молодой ученый. 2016. № 11. С. 1785–1790.
18. Линдлей П. Государственные и международные подходы к стандартам качества в тестировании: позиция Великобритании // Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология». 2011. № 18. С. 60–65.
19. Бертрам Д. Стандарты тестов, квалификация и сертификация пользователей тестов // Психология. Психофизиология. 2011. № 5. С. 15–24.
20. Kwaske I., Morris S. The validity of individual psychological assessments for entry-level police and firefighter positions // Personnel assessment and decisions. 2015. Vol. 1, N 1. P. 18–29. doi: 10.25035/pad.2015.003
21. Барташ В.А. Пути повышения эффективности системы профессионального отбора сотрудников спецподразделений силовых структур // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2012. № 5. С. 18.
22. Гусева И. В. Психологические детерминанты успешности профессиональной деятельности пожарных МЧС // European Social Science Journal. 2016. № 8. С. 237–239.
23. Гудков А.Б., Небученных А.А., Попова О.Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-морского флота России в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2008. № 1. С. 39–43.
24. Дерягина Л.Е., Цыганок Т.В., Рувинова Л.Г., Гудков А.Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. Т. 35, № 3. С. 40–44.
25. Рыбников В.Ю., Бобрищев А.А., Голуб Я.В., и др. Аудиовизуальная коррекция функционального состояния спортсменов: теория и практика. Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2009. 48 с.
26. Бруннер Е.Ю. Новые возможности диагностики внимания по корректурной пробе на основе офтальмологических колец Е. Ландольта // Проблемы современного педагогического образования. 2015. № 48. С. 364–372.
27. Дьяконов И.Ф., Овчинников Б.В. Психологическая диагностика в практике врача. Санкт-Петербург : СпецЛит, 2008. 143 с.
28. Решетников М.М., Кулагин Б.В. Исследование общего уровня развития познавательных психических процессов // Ленинград : ВМедА, 1987.

29. Ларионова О.В., Дравица Л.В. Нейродинамические показатели сенсомоторного реагирования детей младшего школьного возраста с ортофорией и гетеротропией // Проблемы здоровья и экологии. 2020. № 2. С. 85–90.
30. Розенталь С.Г., Яковлев А.В., Яфарова Г.Г. Практикум по дифференциальной психофизиологии. Казань : Казанский университет, 2015. 84 с.
31. Фамильникова Н.В., Полевщиков М.М., Роженцов В.В. Оценка точности реакции человека на движущийся объект // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 2. Часть 1. С. 176–179.
32. Халфина Р.Р., Галин М.Р., Минуллин А.З. Психофизиологические особенности сенсомоторных качеств сотрудников, обеспечивающих государственную защиту // Успехи современного естествознания. 2014. № 11. С. 99–102.
33. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Яковлева К.Н., Аксенова А.В. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы // Ульяновский медико-биологический журнал. 2019. № 3. С. 38–51. doi: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51
34. Унгурияну Т.Н., Гржибовский А.М. Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскела–Уоллиса в программе STATA // Экология человека. 2014. Т. 21, № 6. С. 55–58. doi: 10.17816/humeco17232
35. Murdoch J.D., Speed W.C., Pakstis A.J., et al. Worldwide population variation and haplotype analysis at the serotonin transporter gene SLC6A4 and implications for association studies // Biol Psychiatry. 2013. Vol. 74, N 12. P. 879–889. doi: 10.1016/j.biopsych.2013.02.006
36. Sigmund J.C., Vogler C., Huynh K.D., et al. Fine-mapping at the HTR2A locus reveals multiple episodic memory-related variants // Biol Psychol. 2008. Vol. 79, N 2. P. 239–242. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.06.002
37. Hosák L. Role of the COMT gene Val158Met polymorphism in mental disorders: a review // Eur Psychiatry. 2007. Vol. 22, N 5. P. 276–281. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.02.002
38. Ronkainen P., Pöllänen E., Törmäkangas T., et al. Catechol-O-methyltransferase gene polymorphism is associated with skeletal muscle properties in older women alone and together with physical activity // PLoS One. 2008. Vol. 3, N 3. P. e1784. doi: 10.1371/journal.pone.0001819
39. Papaleo F., Crawley J.N., Song J., et al. Genetic dissection of the role of catechol-O-methyltransferase in cognition and stress reactivity in mice // J Neurosci. 2008. Vol. 28, N 35. P. 8709–8723. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2077-08.2008
40. Jiménez K.M., Pereira-Morales A.J., Forero D.A. A functional polymorphism in the DRD1 gene, that modulates its regulation by miR-504, is associated with depressive symptoms // Psychiatry Investig. 2018. Vol. 15, N 4. P. 402–406. doi: 10.30773/pi.2017.10.16.1
41. Krushkal J., Xiong M., Ferrell R., et al. Linkage and association of adrenergic and dopamine receptor genes in the distal portion of the long arm of chromosome 5 with systolic blood pressure variation // Hum Mol Genet. 1998. Vol. 7, N 9. P. 1379–1383. doi: 10.1093/hmg/7.9.1379
42. Yasunari K., Kohno M., Kano H., et al. Anti-atherosclerotic action of vascular D1 receptors // Clin Exp Pharmacol Physiol Suppl. 1999. N 26. P. 36–40.

REFERENCES

1. Aleksanin SS, Sannikov MV, Astaf'ev OM. Medical consequences of occupational factors influence for firefighters. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii [Bulletin of the Russian military medical academy]*. 2008;(3):158–160. (In Russ).
2. Drannikov AA, Mandryka VS, Butenko YL. Methods for adjusting the psychological state of a firefighter during fire-fighting and emergency response. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2020;(2):136–139. (In Russ).
3. Karapetyan LV. Psychological determinants of professional success of rescuers of emercom of Russia. *Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*. 2019;(3):106–115. (In Russ). doi: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-106-115
4. Fufaeva IG, Gudilina VA. Analysis of the stress effect on the development of somatogenic pathology in firemen-rescuers of emercom DPR. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2019;(1):274–278. (In Russ).
5. Kartavenko MW, Chekina AD. Definition of levels psychoemotional of intensity and stress. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*. 2008;(6):80–83. (In Russ).
6. Panin LE, Sokolov VP. *Psychosomatic relationships in chronic emotional stress*. Novosibirsk: Novosibirskoe otdelenie izdatel'stva «Nauka»; 1981. 179 p. (In Russ).
7. Koshkarov VS, Troshunin AV. *The influence of stress factors on the psyche of firefighters*. In: International scientific conference "Topical issues of contemporary psychology". 2011 March 20–23; Chelyabinsk. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25405003&selid=25405319>. (In Russ).
8. Chermyanin SV, Reshetnikov MM, Korzunin VA. *The dynamics of adaptation processes among military personnel — participants in hostilities*. In: All-Russian scientific and practical conference "Topical issues of increasing the working capacity and recovering the health of servicemen and civilians in emergency situations"; 2006 Dec 6–7; Saint Petersburg: VMedA. (In Russ).
9. Cherkosov VV, Ermak VA. Professionally important qualities fire and rescue workers of the ministry of emergency situations. *Bulletin of hygiene and epidemiology*. 2020;24(2):207–209. (In Russ).
10. Han M, Park S, Park JH, et al. Do police officers and firefighters have a higher risk of disease than other public officers? A 13-year nationwide cohort study in South Korea. *BMJ Open*. 2018;8(1):e019987. doi: 10.1136/bmjopen-2017-019987
11. Marco T, Marco CM, Aristide S. Stress, psychological disease, psychological well-being and personality in Italian firefighters compared to other working categories. *Cogent Psychology*. 2021;8(1):1–20. doi: 10.1080/23311908.2021.1912249
12. Severov NV, Baikov AV, Noskov SS, et al. *Rescue robotics fundamentals*. Himki: AGZ MCHS RF; 2017. 99 p. (In Russ).

13. Kondaurova OP, Gorbunova YaA. Features of stress resistance indicators among employees of the state fire service EMERCOM of Russia. *Trends in the development of science and education*. 2020;(62):72–75. (In Russ). doi: 10.18411/lj-06-2020-446
14. Kulikova TI. The impact of occupational stress on the mental health of fire department specialists of the Ministry of Emergency Situations. *The periodical scientific and methodological electronic journal "Koncept"*. 2017;(T43):34–38. (In Russ).
15. Paniotova DU, Krasavin NA. To the issue of stress and stress resistance of firefighters. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya [Civil defence academy journal]*. 2020;(2):312–314. (In Russ).
16. Timchuk IA, Sokolov KE. Stress states of firemen. *Scientific electronic journal Meridian*. 2019;(15):495–497. (In Russ).
17. Travnikova EE. The level of adaptability and neuropsychic stability in firefighters by the example of the fire service employees of the FGKU "2nd detachment of the FPS" (across the Primorsky Territory). *Young Scientist*. 2016;(11):1785–1790. (In Russ).
18. Lindley P. National and international approaches to quality standards in testing: position of Great Britain. *Bulletin of the South Ural state university. Series "Psychology"*. 2011;(18):60–65.
19. Bartram D. Test standards, test user qualification and certification. *Psychology. Psychophysiology*. 2011;(5):15–24. (In Russ).
20. Kwaskie I, Morris S. The validity of individual psychological assessments for entry-level police and firefighter positions. *Personnel assessment and decisions*. 2015;1(1):18–29. doi: 10.25035/pad.2015.003
21. Bartash VA. Ways to improve the efficiency of the system of professional selection of employees of special forces of power structures. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies*. 2012;(5):18. (In Russ).
22. Guseva IV. Psychological determinants of the professional activity of emergency firemen. *European Social Science Journal*. 2016;(8):237–239. (In Russ).
23. Gudkov AB, Nebuchennykh AA, Popova ON. Indices of cardiovascular system activity in military men from Russian navy training center in conditions of European North. *Ekologiya cheloveka [Human ecology]*. 2008;(1):39–43. (In Russ).
24. Deryagina LE, Tsyganok TV, Ruvina LG, Gudkov AB. Psychophysiological traits of personality and specific features of cardiac rhythm regulation during occupational activity. *Biomedical Engineering*. 2001;35(3):166–170. (In Russ).
25. Rybnikov VYu, Bobrishchev AA, Golub YaV, et al. *Audiovizual correction of the functional state of athletes: theory and practice*. Saint Petersburg: Politehnika-servis; 2009. 48 p. (In Russ).
26. Brunner EY. New opportunities for the attention diagnostics with the help of a proof-reading test based on e.landolt's ophthalmological rings. *Problems of modern pedagogical education*. 2015;(48):364–372. (In Russ).
27. D'yakov IF, Ovchinnikov BV. *Psychological diagnostics in the practice of a doctor*. Saint Petersburg: SpecLit; 2008. 143 p. (In Russ).
28. Reshetnikov MM, Kulagin BV. *Study of the general level of development of cognitive mental processes*. Leningrad: VMedA; 1987. (In Russ).
29. Larionova OV, Dravitsa LV. Neurodynamic indicators of the sensorimotor response of primary school age children with orthophoria and heterotropia. *Health and ecology issues*. 2020;(2):85–90. (In Russ).
30. Rozental' SG, YAKovlev AV, YAFarova GG. *Workshop on differential psychophysiology*. Kazan': Kazanskij universitet; 2015. 84 p. (In Russ).
31. Familnikova NV, Polevshchikov MM, Rozhentsov VV. Accuracy evaluation of a human's reaction to a moving object. *Modern high technologies*. 2016;(2Pt 1):176–179. (In Russ).
32. Khalfina RR, Galin MR, Minullin AZ. Physiological characteristics of sensorimotor skills of the employees providing state protection. *Advances in current natural sciences*. 2014;11:99–102. (In Russ).
33. Ignatova YuP, Makarova II, Yakovleva KN, Aksenova AV. Visual-motor reactions as an indicator of CNS functional state. *Ulyanovsk medico-biological journal*. 2019;(3):38–51. (In Russ). doi: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51
34. Unguryanu TN, Grzhibovskij AM. Comparison of three or more independent groups using the nonparametric Kruskal–Wallis test in the STATA program. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(6):55–58. (In Russ). doi: 10.17816/humeco17232
35. Murdoch JD, Speed WC, Pakstis AJ, et al. Worldwide population variation and haplotype analysis at the serotonin transporter gene SLC6A4 and implications for association studies. *Biol Psychiatry*. 2013;74(12):879–889. doi: 10.1016/j.biopsych.2013.02.006
36. Sigmund JC, Vogler C, Huynh KD, et al. Fine-mapping at the HTR2A locus reveals multiple episodic memory-related variants. *Biol Psychol*. 2008;79(2):239–242. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.06.002
37. Hosák L. Role of the COMT gene Val158Met polymorphism in mental disorders: a review. *Eur Psychiatry*. 2007;22(5):276–81. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.02.002
38. Ronkainen PH, Pöllänen E, Törmäkangas T, et al. Catechol-O-methyltransferase gene polymorphism is associated with skeletal muscle properties in older women alone and together with physical activity. *PLoS One*. 2008;3(3):e1819. doi: 10.1371/journal.pone.0001819
39. Papaleo F, Crawley JN, Song J, et al. Genetic dissection of the role of catechol-O-methyltransferase in cognition and stress reactivity in mice. *J Neurosci*. 2008;28(35):8709–8723. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2077-08.2008
40. Jiménez KM, Pereira-Morales AJ, Forero DA. A functional polymorphism in the DRD1 gene, that modulates its regulation by miR-504, is associated with depressive symptoms. *Psychiatry Investig*. 2018;15(4):402–406. doi: 10.30773/pi.2017.10.16.1
41. Krushkal J, Xiong M, Ferrell R, et al. Linkage and association of adrenergic and dopamine receptor genes in the distal portion of the long arm of chromosome 5 with systolic blood pressure variation. *Hum Mol Genet*. 1998;7(9):1379–1383. doi: 10.1093/hmg/7.9.1379
42. Yasunari K, Kohno M, Kano H, et al. Antiatherosclerotic action of vascular D1 receptors. *Clin Exp Pharmacol Physiol Suppl*. 1999;(26):36–40.

ОБ АВТОРАХ

***Владимир Евгеньевич Крийт**, к.х.н.;

адрес: Россия, 191036, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., 4;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598>;

eLibrary SPIN: 8249-9420;

e-mail: vladimirkriit@list.ru

Максим Валерьевич Санников;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3969-9501>;

eLibrary SPIN: 3663-4650;

e-mail: smakv@mail.ru

Андрей Борисович Гудков, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;

eLibrary SPIN: 4369-3372;

e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Юлия Николаевна Сладкова;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663>;

eLibrary SPIN: 1892-2912;

e-mail: Sladkova.julia@list.ru

Александр Николаевич Никанов;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>;

eLibrary SPIN: 6838-5002;

e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Александр Олегович Пятибрат, д.м.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6285-1132>;

eLibrary SPIN: 9812-4780;

e-mail: a5brat@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Vladimir E. Kriyt**, Cand. Sci. (Chem.);

address: 4, 2-ja Sovetskaj street, 191036,

Saint Petersburg, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598>;

eLibrary SPIN: 8249-9420; e-mail: vladimirkriit@list.ru

Maksim V. Sannikov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3969-9501>;

eLibrary SPIN: 3663-4650;

e-mail: smakv@mail.ru

Andrey B. Gudkov, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5923-0941>;

eLibrary SPIN: 4369-3372;

e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Yuliya N. Sladkova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663>;

eLibrary SPIN: 1892-2912;

e-mail: Sladkova.julia@list.ru

Aleksandr N. Nikanov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>;

eLibrary SPIN: 6838-5002;

e-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Alexander O. Pyatibrat, MD, Dr. Sci. (Med.), associate professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6285-1132>;

eLibrary SPIN: 9812-4780;

e-mail: a5brat@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author