

УДК 612.825.8:613.685

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2022.50.42-49>І. Пампуха, канд. техн. наук, доц.
ramp@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-4807-3984,

М. Макаrchук, д-р біол. наук, проф.

mykola.makarchuk@gmail.com

ORCID ID 0000-0002-0982-3463,

Н. Філімонова, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.
filimonova@knu.ua

ORCID ID 0000-0002-5133-3003

Scopus ID 36891718200,

О. Подковка, асп.

ol.podkovka@gmail.com

ORCID ID 0000-0002-3606-5098,

М. Нікіфоров, канд. військ. наук, ст. досл.

nik.nikif@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-2849-5688,

В. Лоза, канд. техн. наук, ст. досл.

lozich@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-8050-3614,

В. Кальниш, д-р біол. наук, проф.

vkalnysh@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-5033-6659

Scopus ID 6602870017

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

НЕЙРОПСИХОФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ЯК ДОДАТКОВИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ

Незважаючи на таке широке і всеосяжне психологічне та психофізіологічне обстеження рекрутів у сучасних системах профвідбору як в арміях країн НАТО, так і України, ефективність процесу недостатня. Для виявлення причин недостатньої прогностичної ефективності сучасних психофізіологічних методик проведено дослідження варіативності організації структур головного мозку для забезпечення реалізації швидкості простої сенсомоторної реакції (ПСМР) високого рівня як базової характеристики функціонального стану центральної нервової системи. У результаті проведеного обстеження 54 військовослужбовців різних спеціальностей було виявлено, що однакові показники стану психофізіологічних функцій забезпечуються різними стратегіями їхньої реалізації. Проводилась реєстрація електроенцефалограми під час виконання військовослужбовцями комп'ютерного тесту на визначення швидкості ПСМР. Виявлено, що за приблизно однакової швидкості ПСМР у військовослужбовців були активовані різні структури головного мозку. Оскільки одне і те саме значення ПСМР реалізовується різними нейронними мережами, що не виявляємо при психофізіологічному тестуванні, то при стресі, навантаженні тощо у військовослужбовців можуть проявитись різні поведінкові стратегії. Такі типи поведінки дозволяють досягти найкращих результатів у різних видах діяльності та відповідають профілям різних військових спеціальностей і навпаки, можна припустити, що нейромережі приблизно одного типу можуть реалізовувати дещо різні показники психофізіологічних функцій. Один і той самий психофізіологічний профіль може відповідати різним профілям військових спеціальностей і навпаки, одній спеціальності можуть відповідати декілька психофізіологічних профілів, оскільки приблизно однакові значення психофізіологічних функцій можуть бути реалізовані різними нейронними мережами. Тому психофізіологічне тестування треба доповнити нейрофізіологічним, оскільки тільки воно дає змогу виявити внутрішні особливості організації головного мозку і спрогнозувати подальшу поведінку військовослужбовців.

Ключові слова: професійний відбір, психофізіологічне тестування, нейрофізіологія, електроенцефалограма.

Постановка проблеми. За своїм призначенням системи профвідбору спрямовані на надання людині можливості розкрити власні індивідуальні можливості, здібності, навички та визначити, у якій саме професійній діяльності вона буде найбільш успішною. Визначення профпридатності людини може бути здійснено в результаті інтеграції двох процесів [1]. Перший процес має ідентифікувати знання, навички та інші характеристики, які передбачають успішне виконання завдання, що моделює професійну діяльність, і визначає результати його виконання. Другий процес використовує методи визначення основних психофізіологічних і когнітивних можливостей людини, необхідних для успішного виконання поставленого завдання. Успішність оволодіння тією чи іншою професією значною мірою залежить від здібностей людини, тобто від стійких психологічних, психофізіологічних і фізичних якостей особистості, які проявляються в певній сфері практичної діяльності [2]. Окрім таких вроджених здібностей, як музичні, математичні тощо, можливості людини обмежені її вродженою центральною нервовою системою (ЦНС). Ефективність професійної діяльності людини залежить від цілого ряду

індивідуально-типологічних особливостей і функціонального стану ЦНС, а також від особистісних якостей, які забезпечують координацію психофізіологічних проявів функціонального стану, його якісну своєрідність.

Додатковим фактором, який впливає на ефективність професійної діяльності, є здатність працювати в умовах надзвичайної напруги. Це одна з найбільш затребуваних якостей як у спортивних, так і у військових, правоохоронних, пожежно-рятувальних тощо професіях. Хоча ефективність досягнення бажаного результату залежить від фізичних і психофізіологічних та розумових здібностей людини, їй часто заважає стресове середовище, у якому вона працює. Пережитий гострий стрес може заважати професійній діяльності військовослужбовців, впливаючи як на фізичне виконання завдань, так і на якість прийняття рішень [3].

Сучасні військові дії часто відбуваються у мінливій, невизначеній, складній та неоднозначній обстановці, що супроводжується фізичними та когнітивними навантаженнями, обмеженням сну та нестачею калорій. Усе більш стрімкий характер цих операцій вимагає від військовослужбовців демонструвати готовність і стійкість

перед стресовою обстановкою, щоб підтримувати оптимальні когнітивні та фізичні показники, які необхідні для досягнення успіху [4]. Багатофакторна реакція зазвичай призводить до значних модифікацій поведінки та змін у гомеостазі та фізичному і психологічному статусі. Окрім того, стрес є емоційною реакцією, яка може призвести до психосоціальних і психофізіологічних проблем у військовослужбовців, впливаючи на їхню працездатність та здоров'я [5]. Ці високі фізіологічні та психологічні виклики можуть навіть призвести до того, що військовослужбовець добровільно може відмовитись від важкої військової підготовки під час тренування або вийти з активної військової операції, що може мати шкідливий вплив на успіх місії для всього підрозділу. Наприклад, як зазначили Дж. П. Ваара, Л. Еранен та інші, під час тривалих військових дій військовослужбовці часто стикаються з високим рівнем фізіологічного та психологічного стресу. Професійні стресові фактори, включаючи недосипання, тривалу фізичну активність, втому, постійну зміну зовнішніх умов, їхню нестабільність та ризикованість, разом можуть поставити під загрозу здатність людини виконувати певний військовий обов'язок, поставлені бойові задачі або місію [6].

Автори показали, що відсів у 29 % під час тренінгу з виживання взимку був зумовлений насамперед саме психологічним стресом, а не базовою фізичною підготовкою [6]. Однак те, що є стресом для однієї людини, може не бути стресом для іншої, тому актуальною задачею є визначення психофізіологічних характеристик людини, які дозволяють формувати стійкість до зовнішніх впливів для підвищення ефективності виконання військових завдань. Одним із важливих факторів, який дозволяє військовослужбовцям демонструвати оптимальні когнітивні та фізичні показники для досягнення ним успіху, є відповідність вроджених психофізіологічних можливостей тим вимогам, які необхідні для успішного виконання завдань у певній військовій спеціальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні завдання, що постають перед військовослужбовцями, вимагають наявності певних специфічних для цих завдань психофізіологічних властивостей нервової системи та когнітивних функцій, особливо для професій екстремального профілю діяльності та для виконання бойових завдань в екстремальних умовах. При професійному відборі в арміях країн НАТО широко використовується п'ятифакторна модель особистості, показники якої є дійсними предикторами продуктивності роботи та успіху в професіях з підвищеним ризиком. Теорія особистості Л. Голдберга (також відома як "велика п'ятірка" або "модель п'яти факторів" (FFM)) – це ієрархічна модель особистості, що використовує п'ять основних рис, які складають особистість людини: екстраверсія, доброзичливість, сумлінність, нейротизм (іноді називають його полярною протилежністю, емоційною стабільністю) і відкритість досвіду [7]. Т. Скоглунд, Т. Брекке та інші за результатами проведених досліджень з підрозділами Норвезьких сил спеціальних операцій (NORSOF) дійшли висновку щодо особистісних відмінностей між SOF-операторами та іншими категоріями персоналу в межах FFM [8]. Вони показали, що SOF-оператори (усі чоловіки) були менш екстравертними, менш доброзичливими та більш емоційно стабільними.

В армії США велике значення приділяють наявності лідерських якостей. Вчені П. Бартоун, Дж. Ейд та інші оцінили вплив психологічної витривалості, соціальних суджень та особистісних параметрів "великої п'ятірки" на ефективність лідера у курсантів військової академії США

у Вест-Пойнті [9]. Вони показали, що різні фактори особистості "великої п'ятірки" можуть впливати на лідерство в різних організаційних контекстах, і підтвердили важливість психологічної витривалості, екстраверсії та сумлінності як факторів, що впливають на ефективність лідера. Вони також припускають, що аспекти соціального судження емоційного інтелекту також можуть бути важливими в різних типах робочого середовища чи контексту.

Окрім моделі FFM, найбільш поширеними та уніфікованими тестами на профпридатність для військових є Віденська система тестування (Vienna Test System (VTS)) [10]. Віденська тестова система вже багато років використовується в багатьох військових установах по всьому світу і незамінна для військових досліджень профпридатності, її основі лежить установка: "Приймайте правильні рішення у потрібний час під тиском" [10]. Ефективність прийнятих рішень є актуальною не лише у щоденній практиці військовослужбовців, але може гарантувати виживання і необхідну безпеку при прийнятті рішень у кризових ситуаціях. Кожне неправильне рішення може мати серйозні наслідки. Увага, концентрація та подальша висока когнітивна працездатність потрібні на додаток до фізичної підготовки за активної військової служби. Віденська тестова система також використовується для тестування продуктивності і таких особистісних аспектів, як стійкість, емоційна стабільність, а також сумлінність і самоконтроль [10].

Також до зазначеної системи професійного відбору входять тести на здібність SCHUHFRIED, які дозволяють відібрати відповідних військовослужбовців із претендентів або перевірити здібності в наявних комбатантах. Австрійська компанія SCHUHFRIED займається створенням високоякісних комп'ютеризованих систем психологічного тестування вже 65 років [11]. Слід зазначити, що фірма SCHUHFRIED пропонує, окрім тестів пов'язаних з роботою, визначення когнітивних навичок і передбачення руху, широкий вибір тестів щодо здібностей до просторового сприйняття та розуміння технічних аспектів [12]. Пропонуються тести на визначення рівня уваги, тестування поведінкових реакцій і зорових функцій, сенсорних функцій, наявні здібності зорово-моторної координації тощо. Vienna Test System HR має модульну конструкцію та повністю налаштовується до потреб користувача: доступний широкий спектр психологічних тестів (тести особистості, тести інтелекту, тести здібностей, тести інтересів тощо), що дозволяє вибрати найкращі тести для певного профілю вимог [13].

Постає питання: чому, незважаючи на таке широке та всеосяжне обстеження рекрутів у сучасних системах профвідбору, ефективність процесу недостатня? Зокрема, у підсумковому звіті робочої групи HFM-171 "Психологічно-фізіологічний відбір військовослужбовців Сил спеціальних операцій" дослідницько-технічної організації (The Research and Technology Organisation (RTO)), яка є єдиним центром діяльності НАТО в галузі оборонних досліджень і технологій, зазначено, що доволі часто використання тестів для визначення профілю придатності для військовослужбовців надзвичайно проблематичне, а прогностична валідність таких оцінок сумнівна [14]. Метою діяльності RTO є підтримка розвитку та ефективне використання національних оборонних досліджень і технологій, а також забезпечення військових потреб Альянсу, утримання технологічного лідерства і надання консультацій НАТО та державним органам, які приймають рішення. RTO виконує свою місію за підтримки розгалуженої мережі національних експертів та забезпечує ефективну координацію з іншими органами НАТО,

залученими до науково-технічної діяльності. За результатами дослідження, проведеного RTO, Royal Netherlands Army повідомляє про 60–70 % успішного тренувального процесу у досвідчених військовослужбовців, які проходять попередній відбір. Показник відповідності після закінчення курсів спеціального призначення при відборі до Romanian Special Forces становить 80–85 %, до вступу у Belgian Special Forces лише 45 % кандидатів після тренувального періоду пройшли відбір, 33 % було відмовлено, а 22 % вибули з тренування через травмування або хворобу. У British Army Special Forces квота відбору становить лише 10 %, а у British Special Air Service – 15 %. У Israeli Defence Forces Special успішний рівень проходження відбору після тренувального періоду становить 62,6 % а у U.S. Special Forces він варіюється в межах 70–85 % [14]. Відрахування з навчання несе високу економічну вартість. Оптимально було б, якщо кандидати в підрозділи спеціального призначення були б відібрані на основі високої ймовірності успіху в навчанні під час військової підготовки.

Зазначимо, що у ЗС України були проведені експериментальні дослідження з апаратно-програмним комплексом "Психолог-1" [15] для проведення психофізіологічної експертизи, контролю функціонального стану та працездатності людини, а також для тестування її індивідуальних особливостей. Серед методів цього комплексу широко представлені методики дослідження часу простої, складної сенсомоторної реакції та інші методики визначення показників психофізіологічного стану людини. Деякі з них аналогічні методикам, представленим у Віденській тестовій системі. Оскільки науково-технічна організація The Research and Technology Organisation (RTO) НАТО визнала подібні методики недостатньо ефективними [14], то можна припустити, що аналогічні проблеми існують і в армії України.

Методи оцінки когнітивних можливостей військовослужбовців, які критично важливі при виконанні завдань за певними спеціальностями, також були визнані недостатньо ефективними. Зокрема, у березні 2016 р. дослідницька програма військової оперативної медицини (Military Operational Medicine Research Program (MOMRP)), медична дослідницька і матеріально-технічна команда (Medical Research and Materiel Command (MRMC)) та директор програми (PAD) ініціювали зусилля з надання рекомендацій щодо синхронізованого підходу до оцінки когнітивних характеристик і готовності військовослужбовців у межах військової підготовки та оперативної обстановки (Cognitive Performance and Readiness Assessment Initiative (CPRAI)) [16]. Дослідження С. Проктор, К. Хитон та ін. виявило, що поточні підходи до оцінки когнітивних можливостей військовослужбовців під час військової підготовки не дозволяють прогнозувати їхню продуктивність під час тренувань або в оперативній обстановці [16]. У роботі зазначено, що оптимальне виконання військових завдань вимагає постійної координації фізичних і когнітивних ресурсів для задоволення загальних і унікальних вимог, які висуваються як завданням, так і оперативною обстановкою. Однак точного та ефективного визначення когнітивного статусу військовослужбовця та прогнозування його діяльності в умовах військової підготовки ще не досягнуто [16].

Для вирішення зазначеної проблеми на сьогодні зусилля дослідників спрямовані насамперед на застосування методів нейрофізіології для оцінки як поточного стану військовослужбовців, так і визначення нейромаркерів потенційного успіху в опануванні певною

військовою спеціальністю. Н. Пхутела, Д. Релан та ін. розробили систему класифікації стресу з використанням показників електроенцефалограми (ЕЕГ) військовослужбовців [17]. П. Вольф, М. Стехлик та ін. пропонують метод оцінки варіацій ЕЕГ у пілотів-винищувачів під час навчання, який дозволяє кількісно оцінювати психічне навантаження, тобто стрес пілотів-винищувачів під час навчання на тренажері [18]. Результати такого аналізу можуть допомогти оцінити рівень стресу та готовність окремих пілотів-винищувачів. Результати дослідження С. Діаз-Піедра, М. Себастьян та Л. Ді Стасі підтвердили попередні результати, отримані цивільними фахівцями, про зв'язок між розумовим навантаженням водія та спектром потужності в тета-діапазоні ЕЕГ. Це підтверджує, що активність ЕЕГ у тета-діапазоні може бути нейромаркером, який сигналізує про зміни розумового навантаження об'єктивним, неупередженим способом навіть під час реальних тренувань та/або операцій. Безперервний моніторинг бойових дій не лише дозволяє миттєво виявити перевантаження або недовантаження, але й забезпечити зворотний зв'язок із системою (автоматизованим обладнанням або екіпажем) у режимі онлайн для прийняття контрзаходів та запобігання фатальним помилкам [19].

Оскільки здатність відстежувати та вимірювати мозкову активність в осіб, які проходять когнітивні завдання в динамічному середовищі, стала новим пріоритетом для військових, то було розроблено різноманітні мобільні електроенцефалографічні системи реєстрації ЕЕГ для когнітивного моніторингу в реальному часі. Для задоволення цього попиту створено різноманітні мобільні ЕЕГ-системи. У роботі В. Чжэн, Дж. Афрет та ін. проведено порівняльний аналіз можливостей, недоліків і переваг трьох із них, а саме: Wearable Sensing DSI-24 2., Advanced Brain Monitoring B-Alert X24 3. та ANT Neuro eego™sports 64 [20]. Після численних тестових випробувань автори рекомендують майбутнім користувачам із трьох оцінених мобільних ЕЕГ-систем обрати мобільну систему ЕЕГ ANT Neuro eego™sports 64 як кращий вибір для використання у складних і динамічних середовищах [20].

Зазначимо також, що дослідники з Дослідницької лабораторії армії США та Університету Буффало розробляють новий інструмент – обчислювальні моделі мозку, щоб дізнатися більше про те, як відмінності в архітектурі мозку кожної людини можуть впливати на швидкість виконання різних когнітивних завдань. Особливу увагу в дослідженні приділено взаємозв'язку всередині мозку, вивченню того, як різні регіони пов'язані та взаємодіють один з одним, оскільки це характеристики, які різняться у різних людей [21].

Таким чином, нові дослідження, які фокусуються на тому, як структура мозку може впливати на поведінку людини, одного дня можуть привести до створення технології, адаптованої до індивідуального військовослужбовця в тренувальному середовищі чи оперативній обстановці, а застосування новітніх методів нейрофізіології відкриють перспективи для розуміння взаємозв'язку між структурою мозку та продуктивністю під час виконання завдань [21].

Ґрунтуючись на проведених дослідженнях припускаємо, що недостатня прогностична ефективність психофізіологічного тестування людини може бути пов'язана з принциповим обмеженням, яке притаманне такому обстеженню. Тестування певного психофізіологічного параметра передбачає, що він критично важливий у здійсненні певного типу діяльності. Однак, можливо, військово-

службовці можуть показувати приблизно однакові значення психофізіологічних показників в умовах навчальних і тренінгових центрів, але в стресових умовах у них можуть проявитись абсолютно різні типи реакцій. Оскільки неможливо проводити тестування військовослужбовців в умовах гострого стресу, то необхідно знайти непрямі методи, які б уможливили прогнозування потенційних можливостей людини. Одним із таких методів може бути додаткове нейрофізіологічне обстеження військовослужбовців спеціальностей екстремального профілю діяльності. Як психофізіологічний параметр для дослідження було обрано просту сенсомоторну реакцію (ПСМР), яка є інтегральним показником стану ЦНС.

Метою дослідження було нейропсихофізіологічне дослідження варіативності організації структур головного мозку для забезпечення реалізації швидкості ПСМР високого рівня як критично важливого показника активації ЦНС, швидкості та координації інформаційних процесів при сенсорно-моторному реагуванні в задачах профвідбору.

Виклад основного матеріалу дослідження. В обстеженні взяли участь 54 добровольці (з них 9 жінок) віком 18–54 роки, без скарг на здоров'я – представники військових спеціальностей, які за експертними оцінками були визнані кращими (механіки, стрільці, водії, оператори радіолокаційної станції, службовці зенітно-ракетних військ, зв'язківці, планшетисти, льотчики та призовники військомату). Усі обстежувані були поінформовані стосовно схеми проведення обстежень і надали письмову згоду відповідно до Гельсінської етичної декларації. У всіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) до початку обстеження (по 3 хв фоновий запис із закритими та відкритими очима) і під час проходження комп'ютерного тесту на ПСМР упродовж приблизно 3 хв, тобто обстеження одного військовослужбовця тривало приблизно 9-10 хв.

У тесті ПСМР на екрані комп'ютера була інструкція, відповідно до якої обстежуваний мав реагувати на появу зображення (квадрата) якомога швидше, натисканням будь-якої клавіші. Після цього з'явилося слово "Пуск", 2 с було надано для фокусування уваги, після чого перші 15 зображень (квадратів) дано для адаптації та виключені з подальшого аналізу. Потім послідовно було пред'явлено 100 зображень квадрата. Пауза між ними була обрана випадково з інтервалу 500–600 мс, так що наступний стимул був очікуваним, але звикання до ритму появи зображень не відбувалося. Зображення зникало після натискання будь-якої клавіші, в іншому випадку його пред'явлення тривало 1500 мс. Точність реєстрації латентного періоду (ЛП) ПСМР становила 10 мс. Швидкість ПСМР (мс) розраховували як середнє значення 100 реакцій обстежуваної групи. Під час виконання тесту здійснювалась реєстрація ЕЕГ з використанням комплексу Нейрон-Спектр-4/ВП ("NeuroSoft"). Запис проводився у звукоізолюваній кімнаті, монополярно, з частотою квантування 500 Гц, референтні електроди були розташовані на мочках вух. У дослідженні були використані мостикові посріблені електроди, які наклали відповідно до міжнародної системи 10–20, формуючи 19 відведень: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2. Тривимірна локалізація зон активації головного мозку та статистичний аналіз ступеня їхньої активації проведені в програмі стандартизованої електромагнітної томографії низької роздільної здатності sLORETA v.20181107 (The KEY Institute for Brain-Mind Research, University Hospital of Psychiatry,

Zurich; An associated Institute of the University of Zurich, Zurich, Switzerland, 2002) [22].

Здійснення простої сенсомоторної реакції передбачає ефективну обробку інформації, будь-то керування автомобілем, виконання певних військових завдань або взаємодія в системі людина–машина. На ефективність такої обробки можуть впливати як зовнішні фактори, так і внутрішні [23]. Серед внутрішніх чинників виділимо вплив індивідуальних стратегій організації мозку на швидкість ПСМР.

У результаті проведеного дослідження було виявлено, що близькі значення ПСМР мали представники різних спеціальностей. Тобто, якщо б профвідбір здійснювався на підставі лише психофізіологічного показника ПСМР, усі військовослужбовці, які наразі найкращі в різних спеціальностях, могли б бути визнані відповідними одному професійному профілю. Або, якщо вимога до рівня швидкості ПСМР існує для профілів різних спеціальностей, то можна було б припустити, що здійснення цієї функції відбувається у схожих нейромережах головного мозку незалежно від спеціальності. Аналіз активності головного мозку військовослужбовців різних спеціальностей показав у них принципово різну організацію мозкової діяльності при приблизно однаковій швидкості ПСМР. На рис. 1 представлено результати активації структур мозку під час виконання тесту на ПСМР в обстежуваних БО (код обстежуваного) (стрілець, ПСМР = 281 м), КО (код обстежуваного) (оператор радіолокаційної станції (РЛС), ПСМР = 280 мс), ГН (код обстежуваного) (механік, ПСМР = 278 мс) та СІ (код обстежуваного) (зв'язківець, ПСМР = 283 мс). Коливання ПСМР у межах 10 мс є у межах точності її реєстрації та коливання психофізіологічного стану людини.

В обстежуваного БО до здійснення ПСМР були залучені в лівій півкулі Superior frontal gyrus (SFG), яка здійснює просторово-орієнтовану обробку інформації [24] та Inferior frontal gyrus (IFG), яка пригнічує невідповідні рухові реакції [25] (рис. 1). Права Middle frontal gyrus (MFG) була запропонована як місце злиття дорсальної та вентральної мереж уваги, що служить перемикачем для переривання поточних ендogenous процесів уваги в дорсальній мережі та переорієнтації уваги на екзогенний стимул, тобто відіграє важливу роль у переорієнтації уваги з екзогенного на ендogenous стимул [26], а Anterior Middle frontal gyrus (AMFG) вибірково реагує на об'єкти, які мають найбільший стосунок до поточної схеми завдання, тобто забезпечує виділення цілей [27]. Таким чином, у БО, який є стрільцем, була сформована локальна нейромережа у фронтальній зоні обох півкуль, у межах якої відбувалось виділення цілі та зосередження на ній, при цьому невідповідні рухові реакції пригнічувались, що забезпечувало точність реакції.

У обстежуваного КО при здійсненні ПСМР була сформована локальна нейромережа у правій півкулі в зонах Primary somatosensory cortex (S1), Primary motor cortex (M1), Premotor cortex or Lateral Premotor Area (PMA) та Inferior parietal lobule (IPL) (рис. 1). Ця мережа зосереджена на швидкому здійсненні рухів, а саме: активацію зони PMA пов'язують з плануванням моторної діяльності [28], зони S1 – з уявленням моторної відповіді [29], зони IPL – з контролем за здійсненням моторної реакції [30], а M1 – зі здійсненням довільних рухів руками [31]. Таким чином, у КО, який є оператором РЛС, була сформована нейромережа здійснення швидкої рухової реакції.

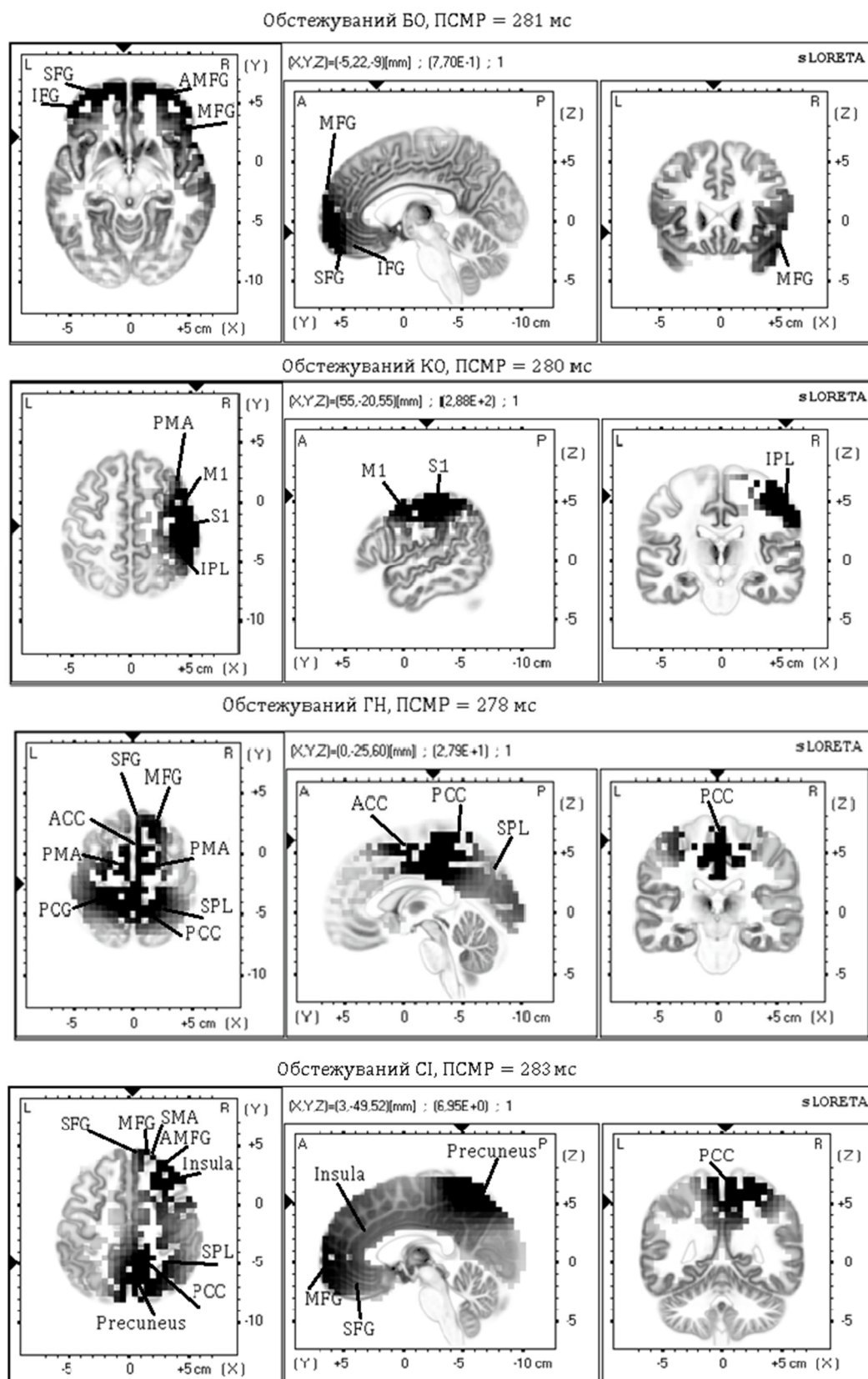


Рис.1. Активність головного мозку обстежуваних БО, КО, ГН та СІ при здійсненні ПСМР

У обстежуваного ГН при здійсненні ПСМР була сформована неймережа, яка охоплювала як праву, так і ліву півкулі головного мозку (рис. 1). Неймережа

включала зони Superior parietal lobule (SPL) та Posterior cingulate cortex (PCC) правої півкулі, які забезпечують контроль за увагою [32] та її стійкість, а також координацію

складної рухової поведінки [33]. Активация в лівій півкулі Precentral gyrus (PCG), яка задіяна в процесах уявлення моторної реакції, і PMA, як вже зазначалось раніше, яку пов'язують з плануванням моторної діяльності [28], свідчить про формування вербалізованої ментальної стратегії при здійсненні реакції. Залучення Superior frontal gyrus (SFG), Middle frontal gyrus (MFG) та Anterior cingulate cortex (ACC) свідчить про планування, уявлення та виконання самоконтрольованих рухів [34-35]. Таким чином, у ГН, який є механіком, ПСМР здійснювалась в межах широкої нейромережі, яка може підтримувати та реалізовувати складні поведінкові реакції.

У обстежуваного СІ при здійсненні ПСМР була сформована нейромережа переважно в правій півкулі та в потиличній зоні (рис. 1). Окрім активації нейромережі SPL контролю за увагою [32] та нейромережі SFG-MFG-Anterior middle frontal gyrus (AMFG) планування, уявлення та виконання самоконтрольованих рухів [34-35], у СІ було виявлено активацію зони Precuneus, яка здійснює інтеграцію інформації стосовно зовнішнього середовища, формує металні образи майбутньої поведінки та стратегії її реалізації, що в кооперації з РСС забезпечує зменшення часу реакції в завданні на реакцію вибору з чотирьох стимулів [36-37]. Також було виявлено активацію Insula, що вказувало на наявність емоційної складової при виконанні завдання [38]. Таким чином, в обстежуваного СІ, який є зв'язківцем, ПСМР здійснювалась при підвищеному рівні уваги, емоційного напруження та з орієнтацією на координацію поведінки з оточуючим середовищем.

У результаті отримуємо чотири різні стратегії реалізації приблизно однієї швидкості ПСМР. При традиційному психофізіологічному тестуванні ці військовослужбовці не відрізняються за швидкістю ПСМР, але аналіз відповідних нейромереж дозволяє спрогнозувати їхню поведінку при тривалому навантаженні під час військових дій, при фізіологічному та психологічному стресі. Можна спрогнозувати, що в напруженій складній ситуації БО сконцентрується на цілі і буде намагатись найшвидше досягти мети, КО – сконцентрується на швидкому виконанні певних дій. Водночас ГН радше спланує складну поведінкову стратегію для досягнення мети, а СІ буде орієнтованим на поведінку та реакцію оточуючих його людей, що дозволить йому ефективно працювати в команді. Такі типи поведінки дозволяють досягти найкращих результатів у різних видах діяльності та відповідають профілям різних військових спеціальностей і навпаки, можна припустити, що нейромережі приблизно одного типу можуть реалізовувати дещо різні показники психофізіологічних функцій.

Оскільки одне і те саме значення ПСМР може бути реалізоване різними нейронними мережами, при психофізіологічному тестуванні це не виявляємо, але у подальшому при стресі, навантаженні тощо у військовослужбовців можуть проявитись різні поведінкові стратегії.

Висновки. Один і той самий психофізіологічний профіль може відповідати різним профілям військових спеціальностей і навпаки, однієї спеціальності можуть відповідати декілька психофізіологічних профілів, оскільки приблизно однакові значення психофізіологічних функцій можуть бути реалізовані різними нейронними мережами. Тому психофізіологічну складову професійно-психологічного відбору треба доповнити нейрофізіологічним, оскільки тільки воно дає змогу виявити внутрішні особливості організації головного мозку та спрогнозувати подальшу поведінку військовослужбовців, особливо в кризових ситуаціях.

Список використаних джерел

- Schraagen J. M., Chipman S. F. L. Cognitive task analysis. Psychology Press. 2000. 547 s.
- Wei J., Salvendy G. The cognitive task analysis methods for job and task design : Review and reappraisal // Behaviour & Information Technology, 2004. № 23. P. 273–299.
- Stephenson M. D., Schram B., Canetti E. F., Orr R. Effects of Acute Stress on Psychophysiology in Armed Tactical Occupations : A Narrative Review // Internat. J. of Environmental Research and Public Health, 2022. 19(3), 1802.
- Perspectives on resilience for military readiness and preparedness: report of an international military physiology roundtable / B.C. Nindl, D.C. Billing, J. R. Drain et al. // J. of Sci. and Medicine in Sport, 2018. 21(11), P. 1116–1124.
- Effect of stress on autonomic and cardiovascular systems in military population / A. Bustamante-Sánchez, J.F. Tornero-Aguilera, V.E. Fernández-Elias et al. : a systematic review. // Cardiology Research and Practice, 2020.
- Can Physiological and Psychological Factors Predict Dropout from Intense 10-Day Winter Military Survival Training? / J.P. Vaara, L. Eränen, T. Ojanen et al. // Internat. J. of environmental research and public health, 2020. 17(23).
- Soto Christopher J. and Joshua J. Jackson. Five-factor model of personality. Oxford University Press, 2013.
- Big Five Personality Profiles in the Norwegian Special Operations Forces / T.H. Skoglund, T.H. Brekke, F.B. Steder & O. Boe // Frontiers in psychology, 2020. Vol. 11. P. 747.
- Big five personality factors, hardiness, and social judgment as predictors of leader performance / P.T. Bartone, J. Eid, B.H. Johnsen, J.C. Laberg & S.A. Snook // Leadership & Organization Development J., 2009. 30(6). P. 498–521.
- Випробування на придатність для військових // Віденська тестова система. URL: <https://www.schuhfried.com/en/safety/military-soldiers/> (дата звернення: 04.12.2021).
- Система тестування Vienna, VTS (Vienna Test System) // ПСИФАКТОР+. URL: <https://www.psyfactorplus.com/schuhfried> (дата звернення: 04.12.2021).
- VTS Marketplace – digitale psychologische Tests. URL: [https://marketplace.schuhfried.com/en/alltests?refinementList\[CategoryName\]\[0\]=HR#specFilters=3m#-19](https://marketplace.schuhfried.com/en/alltests?refinementList[CategoryName][0]=HR#specFilters=3m#-19) (дата звернення: 22.12.2021).
- Система тестування Vienna HR. // SCHUHFRIED. URL: <https://www.schuhfried.com/en/vienna-test-system/applications/hr/> (дата звернення: 22.11.2021).
- Психолого-фізіологічний відбір. Особовий склад Військових Сил спеціальних операцій: URL: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a577625.pdf> (дата звернення: 12.12.2021).
- Програмно-апаратний комплекс для психофізіологічної експертизи "психолог". URL: <http://base.uipv.org/search/INV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=191353> (дата звернення: 04.12.2021).
- Military Cognitive Performance and Readiness Assessment Initiative : final report / S.P. Proctor, K.J. Heaton, H.R. Lieberman et al., 30 November, 2017.
- Stress Classification Using Brain Signals Based on LSTM Network / N. Phutela, D. Relan, G. Gabrani et al. // Computational Intelligence and Neuroscience, 2022.
- Brain Electrical Activity Mapping in Military Pilots During Simulator Trainings / P. Volf et al. // Internat. Conf. on Military Technologies (ICMT), 2019, P. 1–6.
- Diaz-Piedra C., Sebastián M.V., Di Stasi L.L. EEG Theta Power Activity Reflects Workload among Army Combat Drivers: An Experimental Study // Brain Sci., 2020. Mar 28, 10(4). 199 p.
- Validating Mobile Electroencephalographic Systems for Integration into the PhyCORE and Application in Clinical Settings / W. Zheng, J.J. Afreth, P.H. Sessoms & B.D. Cox 2016.
- Army, university study suggests brain structure could influence behavior. URL: https://www.army.mil/article/212801/army_university_study_suggests_brain_structure_could_influence_behavior (дата звернення: 02.09.2021).
- Pascual-Marqui R. D. Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): Technical details // Methods Find. Exp. Clin. Pharmacol., 2002. 24(Suppl. D). P. 5–12.
- Vidal F., Meckler C., Hasbroucq T. Basics for sensorimotor information processing: some implications for learning // Frontiers in psychology, 2015. 6. 33 p.
- Functions of the left superior frontal gyrus in humans: a lesion study / Foucaud du Boisgueheneuc, Richard Levy, Emmanuelle Volle, Magali Seassau, Hughes Duffau, Serge Kinkingneuhun, Yves Samson, Sandy Zhang, Bruno Dubois, // Brain, 2006. Vol. 129, Is. 12. P. 3315–3328.
- Swick D., Ashley V., Turken A.U. Левая нижняя лобная извилина имеет решающее значение для ингибирования реакции // BMC Neurosci, 2008. 9, P. 102.
- A role of right middle frontal gyrus in reorienting of attention: a case study / Japee S., Holiday K., Satyshur M.D., Mukai I., Ungerleider L.G. // Front Syst Neurosci, 2015. Mar 3. 9:23.

27. Хемпшир А., Томпсон Р., Дункан Дж. Выборочная настройка правой нижней лобной извилины при обнаружении цели // Когнитивная, аффективная и поведенческая неврология, 2009. 9. С. 103–112.

28. Cortical Functional Domains Show Distinctive Oscillatory Dynamic in Bimanual and Mirror Visual Feedback Tasks / S.M.H. Al-Wasity, F. Pollick, A. Sosnowska, A. Vuckovic // Front Comput Neurosci, 2019. May 9. 13:30.

29. Contribution of the primary motor cortex to motor imagery: a sub-threshold TMS study / Pelgrims B., Michaux N., Olivier E., Andres M. // Hum Brain Mapp., 2011 Sep. 32(9). P. 1471–1482.

30. Author Correction: Characterising the unity and diversity of executive functions in a within-subject fMRI study / R. Saylik, A.L. Williams, R.A. Murphy, A.J. Szameitat // Sci Rep., 2022 Jun 14. 12(1). 9882.

31. Umeda T., Isa T., Nishimura Y. The somatosensory cortex receives information about motor output // Sci Adv., 2019 Jul 10; 5(7). 5388.

32. Shomstein S. Cognitive functions of the posterior parietal cortex: top-down and bottom-up attentional control // Front Integr Neurosci., 2012 Jul 4. 6. 38.

33. Robert Leech, David J. Sharp. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease // Brain, January 2014. Vol. 137, Is. 1. P. 12–32.

34. Brain Function and Upper Limb Deficit in Stroke With Motor Execution and Imagery: A Cross-Sectional Functional Magnetic Resonance Imaging Study / Z.Z. Ma, J.J. Wu, X.Y. Hua et al. // Front Neurosci., 2022, May 19. 16. 806406.

35. Koski L., Paus T. Functional connectivity of the anterior cingulate cortex within the human frontal lobe: a brain-mapping meta-analysis. In: W.X. Schneider, A.M. Owen, J. Duncan (eds). Executive Control and the Frontal Lobe: Current Issues. Springer, Berlin, Heidelberg, 2000.

36. Cavanna A.E., Trimble M.R. The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates // Brain, 2006 Mar. 129(Pt 3). P. 564–583.

37. Activation of the precuneus is related to reduced reaction time in serial reaction time tasks / K. Oishi, K. Toma, E.T. Bagarinao et al. // Neurosci Res., 2005 May. 52(1). P. 37–45.

38. Structure and Function of the Human Insula / Q. Uddin Lucina, S. Nomi Jason, Benjamin Hébert-Seropian et al. // J. of Clinical Neurophysiology, July 2017. Vol. 34. Is. 4. P. 300–306.

References

1. Schraagen, J.M.; Chipman, S.F.; Shalin V.L. (2000). Cognitive task analysis. Psychology Press. 547.

2. Wei, J.; Salvendy, G. (2004). The cognitive task analysis methods for job and task design: Review and reappraisal. *Behaviour & Information Technology*. №23. 273–299.

3. Stephenson, M.D.; Schram, B.; Canetti, E.F. & Orr, R. (2022). Effects of Acute Stress on Psychophysiology in Armed Tactical Occupations: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1802.

4. Nindl, B.C.; Billing, D. C.; Drain, J. R.; Beckner, M. E.; Greeves, J.; Groeller, H. ... & Friedl, K. E. (2018). Perspectives on resilience for military readiness and preparedness: report of an international military physiology roundtable. *Journal of science and medicine in sport*, 21(11), 1116–1124.

5. Bustamante-Sánchez, A.; Tornero-Aguilera, J. F.; Fernández-Ellas, V. E.; Horneño-Holgado, A. J.; Dalamitos, A. A. & Clemente-Suárez, V. J. (2020). Effect of stress on autonomic and cardiovascular systems in military population: A systematic review. *Cardiology Research and Practice*.

6. Vaara, J. P.; Eränen, L.; Ojanen, T.; Pihlainen, K.; Nykänen, T.; Kalinen, K.; Heikkinen, R. & Kyröläinen, H. (2020). Can Physiological and Psychological Factors Predict Dropout from Intense 10-Day Winter Military Survival Training? *International journal of environmental research and public health*, 17(23). 9064.

7. Soto, Christopher J. and Joshua J. Jackson. (2013). Five-factor model of personality. Oxford University Press.

8. Skoglund, T.H.; Brekke, T.H.; Steder, F.B. & Boe, O. (2020). Big Five Personality Profiles in the Norwegian Special Operations Forces. *Frontiers in psychology*, V. 11, 747.

9. Bartone, P.T.; Eid, J.; Johnsen, B.H.; Laberg, J.C. & Snook, S.A. (2009). Big five personality factors, hardiness, and social judgment as predictors of leader performance. *Leadership & Organization Development Journal*, 30(6), 498–521.

10. Military aptitude test. Vienna Test System: Website. <https://www.schuhfried.com/en/safety/military-soldiers/>

11. Testing system Vienna, VTS (Vienna Test System): PSIFACTOR+ website. <https://www.psyfactorplus.com/schuhfried>

12. VTS Marketplace – digitale psychologische Tests. [https://marketplace.schuhfried.com/en/alltests?refinementList\[CategoryName\]\[0\]=HR#specFilters=3mt#-19](https://marketplace.schuhfried.com/en/alltests?refinementList[CategoryName][0]=HR#specFilters=3mt#-19)

13. Testing system Vienna HR, SCHUHFRID: website. <https://www.schuhfried.com/en/vienna-test-system/applications/hr/>

14. Psychological and physiological selection. Personnel of the Special Operations Forces: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a577625.pdf>

15. Software and hardware complex for psychophysiological examination "Psycholot". <http://base.uipv.gov/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=191353>

16. Proctor, S.P.; Heaton, K.J.; Lieberman, H.R.; Smith, C.D.; Edens, E.N.; Kelley, A.; ... & Quartana, P.J. (2017). Military Cognitive Performance and Readiness Assessment Initiative.

17. Phutela, N.; Relan, D.; Gabrani, G.; Kumaraguru, P.; & Samuel, M. (2022). Stress Classification Using Brain Signals Based on LSTM Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*.

18. P. Volf et al. (2019). Brain Electrical Activity Mapping in Military Pilots During Simulator Trainings," *2019 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, pp. 1–6.

19. Diaz-Piedra, C.; Sebastián, M.V.; Di Stasi, L.L. (2020). EEG Theta Power Activity Reflects Workload among Army Combat Drivers: An Experimental Study. *Brain Sci.* 2020 Mar 28;10(4):199.

20. Zheng, W., Aftreth, J.J., Sessoms, P.H., & Cox, B.D. (2016). Validating Mobile Electroencephalographic Systems for Integration into the PhyCORE and Application in Clinical Settings.

21. Army, university study suggests brain structure could influence behavior. https://www.army.mil/article/212801/army_university_study_suggests_brain_structure_could_influence_behavior

22. Pascual-Marqui, R.D. (2002). Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): Technical details. *Methods Find. Exp. Clin. Pharmacol.*, 24(Suppl. D). pp. 5–12.

23. Vidal, F., Meckler, C., & Hasbroucq, T. (2015). Basics for sensorimotor information processing: some implications for learning. *Frontiers in psychology*, 6. 33.

24. Foucaud du Boisgueheneuc, Richard Levy, Emmanuelle Volle, Magali Seassau, Hughes Duffau, Serge Kinkingnehun, Yves Samson, Sandy Zhang, Bruno Dubois (2006). Functions of the left superior frontal gyrus in humans: a lesion study, *Brain*, Volume 129, Issue 12, December, Pages 3315–3328.

25. Swick, D.; Ashley, V. & Turken, A.U. (2008). The left inferior frontal gyrus is critical for the inhibition of the response. *BMC Neurosci* 9, 102.

26. Japee, S., Holiday, K., Satyshur, M.D., Mukai, I., Ungerleider, L.G. (2015). A role of right middle frontal gyrus in reorienting of attention: a case study. *Front Syst Neurosci.* Mar 3;9:23.

27. Hampshire, A.; Thompson, R.; Duncan, J. (2009). Selective tuning of the right inferior frontal gyrus upon target detection. *Cognitive, affective and behavioral neuroscience*. 9, 103–112.

28. Al-Wasity S.M.H., Pollick F., Sosnowska A., Vuckovic A. (2019). Cortical Functional Domains Show Distinctive Oscillatory Dynamic in Bimanual and Mirror Visual Feedback Tasks. *Front Comput Neurosci.* May 9;13:30.

29. Pelgrims B., Michaux N., Olivier E., Andres M. (2011). Contribution of the primary motor cortex to motor imagery: a subthreshold TMS study. *Hum Brain Mapp.* Sep;32(9):1471–82.

30. Saylik, R., Williams, A.L., Murphy, R.A., Szameitat, A.J. (2022). Author Correction: Characterising the unity and diversity of executive functions in a within-subject fMRI study. *Sci Rep.* Jun 14;12(1):9882.

31. Umeda, T.; Isa, T.; Nishimura, Y. (2019). The somatosensory cortex receives information about motor output. *Sci Adv.* Jul 10;5(7): eaaw5388.

32. Shomstein, S. (2012). Cognitive functions of the posterior parietal cortex: top-down and bottom-up attentional control. *Front Integr Neurosci.* Jul 4;6:38.

33. Robert, Leech; David, J. Sharp (2014). The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease, *Brain*, Volume 137, Issue 1, January, 12–32.

34. Ma Z.Z., Wu J.J., Hua X.Y., Zheng M.X., Xing X.X., Ma J., Li S.S., Shan C.L., Xu J.G. (2022). Brain Function and Upper Limb Deficit in Stroke With Motor Execution and Imagery: A Cross-Sectional Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Front Neurosci.* May 19; 16:806406.

35. Koski, L.; Paus, T. (2000). Functional connectivity of the anterior cingulate cortex within the human frontal lobe: a brain-mapping meta-analysis. In: Schneider, W.X., Owen, A.M., Duncan, J. (eds) Executive Control and the Frontal Lobe: Current Issues. Springer, Berlin, Heidelberg.

36. Cavanna, A.E.; Trimble, M.R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*. Mar;129(Pt 3):564–83.

37. Oishi, K.; Toma, K.; Bagarinao, E.T.; Matsuo, K.; Nakai, T.; Chihara, K., Fukuyama, H. (2005). Activation of the precuneus is related to reduced reaction time in serial reaction time tasks. *Neurosci Res.* May; 52(1):37–45.

38. Uddin, Lucina Q.; Nomi, Jason S.; Hébert-Seropian, Benjamin; Ghaziri, Jimmy; Boucher, Olivier. (2017). Structure and Function of the Human Insula. *Journal of Clinical Neurophysiology*. July. Volume 34. Issue 4. 300–306

Надійшла до редколегії 03.06.22

I. Pampukha, PhD in Engineering Sci., Ass. Prof.
pamp@ukr.net
ORCID ID 0000-0002-4807-3984,
M. Makarchuk, Dr of Biological Sci., Prof.
mykola.makarchuk@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-0982-3463,
N. Filimonova, PhD PhD Phys. and Math. Sci., Senior Res. Ass.
filimonova@knu.ua
ORCID ID 0000-0002-5133-3003
Scopus ID 36891718200,
O. Podkovka, Postgraduate Stud.
ol.podkovka@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-3606-5098,
M. Nikiforov, PhD in Military Sci., Senior Researcher
nik.nikif@ukr.net
ORCID ID 0000-0002-2849-5688,
V. Loza, PhD in Technical Sci., Senior Researcher
lozich@ukr.net
ORCID ID 0000-0002-8050-3614,
V. Kalnysh, Dr of Biological Sci., Prof.
vkalnysh@ukr.net
ORCID ID 0000-0002-5033-6659
Scopus ID 6602870017
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

NEUROPSYCHOPHYSIOLOGICAL EXAMINATION AS AN ADDITIONAL TOOL TO INCREASE THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF PROFESSIONAL SELECTION

Despite such a wide and comprehensive psychological and psychophysiological examination of recruits in modern professional selection systems both in the armies of NATO countries and Ukraine, the effectiveness of the process is insufficient. To identify the reasons for the insufficient prognostic effectiveness of modern psychophysiological methods, a study was made of the variability in the organization of brain structures to ensure the speed of a simple sensorimotor reaction (PSMR) of a high level as a basic characteristic of the functional state of the central nervous system. As a result of a survey of 54 servicemen of different specialties, it was found that the same indicators of the state of psychophysiological functions are provided by different strategies for their implementation. Electroencephalograms were recorded when military personnel performed a computer test to determine the speed of PSMR. It was revealed that at approximately the same rate of PSMR, different brain structures were activated in servicemen. Since the same PSMR value can be realized by different neural networks, what we do not detect during psychophysiological testing, but later on under stress, load, etc. military personnel may exhibit different behavioral strategies. Such types of behaviour make it possible to achieve the best results in various types of activity and correspond to the profiles of different military specialties, and vice versa, it can be assumed that neural networks of approximately the same type can implement somewhat different indicators of psychophysiological functions. The same psychophysiological profile can correspond to different profiles of military specialties and vice versa, several psychophysiological profiles can correspond to one specialty, since approximately the same values of psychophysiological functions can be realized by different neural networks. Therefore, psychophysiological testing should be supplemented with neurophysiological testing, since it allows revealing the internal features of the organization of the brain and predicting the further behavior of servicemen.

Keywords: professional selection, psychophysiological testing, neurophysiology, electroencephalogram.