

УДК 616.8-009.17:612.014.32

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

© 2012 г. Н. Б. Маслов, И. А. Блощинский, Е. А. Галушкина,  
Д. Ю. Рогованов

Центр подготовки Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург

На основании системного анализа литературных данных и собственных материалов обоснована и представлена концепция нейрофизиологических процессов, которые развиваются при утомлении и переутомлении у специалистов в ходе их профессиональной деятельности, служащая объективной основой динамической оценки и прогнозирования их функционального состояния и работоспособности. Показано и обосновано, что при переходе от утомления к переутомлению охранительное торможение ослабевает, проявляется эффект «растормаживания» и, как следствие, увеличивается скорость и подвижность нервных процессов. Возрастает лабильность, усиливается дифференцировочное торможение. При дальнейшем углублении переутомления сформировавшиеся ранее нейрофизиологические сдвиги усиливаются. В последующем к ним присоединяется уравнивательная, а затем и парадоксальная фазы как начальные проявления запредельного торможения. Клинически диагностируются астеноневротические состояния.

**Ключевые слова:** оценка функционального состояния, утомление, переутомление, дезрегуляция, растормаживание, ускорение.

Профессиональная деятельность ряда специалистов (моряки, летчики, спасатели, отдельные операторы автоматизированных систем управления и др.) происходит в неблагоприятных условиях, как правило, существенно выходящих за оптимальные пределы и отрицательно влияющих на их работоспособность и здоровье. Проблема медико-физиологического и психологического обеспечения надежности, эффективности деятельности этих специалистов, сохранения их здоровья и профессионального долголетия является одной из важнейших проблем медицины и экологии труда. При решении этих проблем необходима своевременная и достоверная оценка их функционального состояния (ФС) и работоспособности. В этом комплексе в интересах эколого-гигиенического обеспечения персонала важнейшими задачами являются своевременное и достоверное определение состояния утомления и переутомления. Объективная оценка ФС персонала очень важна и при разработке и обосновании медико-технических требований к обитаемости и экологичности проектируемых объектов специальной и военной техники.

По мнению большинства специалистов в области физиологии и гигиены труда, для оценки ФС, работоспособности и сохранения здоровья специалистов целесообразно использовать современные специализированные информационно-диагностические комплексы [2, 12, 15].

Нам представляется, что на пути создания подобных информационно-диагностических комплексов существует ряд теоретических и методологических сложностей. В настоящее время можно полагать, что методологические проблемы контроля ФС контингентов, работающих в опасных условиях, достаточно хорошо разработаны [39–41]. Концептуальные же проблемы оценки ФС, способы понимания и трактовки данного явления неоднозначны и противоречивы. Имеющиеся трудности в оценке ФС особенно негативно сказываются при разработке алгоритмов оценки и интерпретации полученных результатов. Это существенно искажает результаты диагностики, прогнозирования ФС и работоспособности персонала. При утомлении в центральной нервной системе (ЦНС), как защитный охранительный механизм, развиваются тормозные процессы. Развитие торможения сопровождается ухудшением функций и снижением работоспособности. Практически же авторы в подавляющем большинстве работ при разработке приемов диагностики ФС и работоспособности переносят представления о нейрофизиологической картине при утомлении, связанной с преобладанием торможения, на состояние переутомления. Полагаем, что подобный подход противоречит действительности и современным теоретическим представлениям об изменениях в функциональных структурах организма при переходе от нормы к пограничным состояниям и патологии.

Цель статьи — представить и обосновать концепцию нейрофизиологических процессов, происходящих при утомлении и переутомлении у

специалистов в их профессиональной деятельности, как объективную основу динамической оценки и прогнозирования их ФС и работоспособности.

Для обоснования концепции использованы литературные данные по рассматриваемой проблеме и результаты собственных исследований.

Собственные материалы получены при проведении многолетних и многочисленных исследований, выполненных при разработке и обосновании медико-технических требований к обитаемости морской техники различных классов и назначения. Исследования проводились на стендах при имитации плавания и в реальных походах подводных лодок (ПЛ). Длительность испытаний зависела от их целей и составляла от 5 до 130 сут. Проанализированы результаты 23 стендовых исследований и 4 морских походов. Кроме того, использованы материалы многолетнего планового медико-физиологического наблюдения за психофизиологическим статусом подводников. Исследования проводились с получением письменного добровольного информированного согласия. В стендовых исследованиях использовался широкий комплекс методик, позволявший оценить ФС операторов систем управления боевыми и техническими средствами ПЛ. Помимо этого там, где это было возможно, фиксировались эргономические характеристики профессиональной деятельности. В работах, проводимых на кораблях, методический комплекс существенно сужался. В основном использовались психофизиологические методики, характеризующие субъективное состояние и ряд объективных параметров ФС ЦНС, рекомендуемые для этих целей рядом руководств [11, 39]. Определялись время простой и сложных сенсомоторных реакций (ПСМР, ССМР) на световые и звуковые раздражители, реакции на движущийся объект, критическая частота световых мельканий (КЧСМ), теппинг-тест (ТТ), мышечная сила и выносливость. Выполнялся тест «Закон силы» на звуковые и световые сигналы различной интенсивности. Применялись бланковые корректурные методики и т. п. Использование этого комплекса психофизиологических методик позволяет характеризовать основные нейрофизиологические показатели ФС ЦНС человека. В том числе оценить возбудимость, силу возбудительного и тормозного процесса, их соотношение, подвижность, лабильность, скорость протекания нервных процессов, а также выявить развитие фазовых состояний [26]. Для психофизиологических исследований в различные годы использовались следующие аппаратные комплексы: «ДИФ-ЦНС», «Рефлекс», «Синапс», «Фильтр», компьютерные комплексы «ОКО», «НС-Психотест-Net», электрокардиограф «Поли-Спектр-8Е», вегетотестер «ВНС-Спектр», электроэнцефалограф «Нейрон-Спектр». Использовалась и другая психофизиологическая аппаратура.

Приведенные в статье материалы обработаны с помощью пакета программ Statistica v. 6.0. Вероятность нулевой гипотезы (р) определялась с помощью кри-

териев Манна – Уитни и t-Стьюдента в зависимости от нормальности распределения выборки.

Для обеспечения работоспособности, надежности и эффективности деятельности лиц в процессе их профессиональной деятельности проблема оценки ФС является основополагающей. Определяющий вклад в решение проблемы ФС внесли отечественные физиологи. Для достижения цели настоящей статьи представляется необходимым кратко рассмотреть существующие представления о сущности и оценке ФС лиц в связи с развитием утомления, переутомления и их профессиональной деятельностью.

В понимании ФС человека и его определениях с некоторой степенью условности в настоящее время выделяют два основных подхода: психологический деятельный и нейрофизиологический регуляторный. Оба подхода, по нашему мнению, не противоречат друг другу, а скорее способствуют выявлению всесторонних изменений в организме человека и, таким образом, помогают получить более полную оценку его ФС. Как в первый, так и во второй подходы в понимании ФС заложены представления о функциональных системах, реализующих данное функциональное состояние.

П. К. Анохин [3] обосновал представление о том, что под ФС следует понимать такую динамическую организацию процессов и механизмов, которая отвечает запросам данного момента, обеспечивая организму тот или иной приспособительный эффект и, вместе с тем, определяет потоки обратной результативной афферентации, информирующей ЦНС о достаточности или недостаточности достигнутого приспособления, то есть к функциональным системам следует относить морфофункциональные структуры, реализующие деятельность, а ФС есть динамическая характеристика наличных, действующих функциональных систем в определенный промежуток времени. Функциональная система, развиваясь, проходит ряд этапов, постепенно развертываясь во времени, от начальных фаз до своего максимума и далее идет к снижению, исчезновению и замене новым состоянием [18, 41].

В качестве элементов в психофизиологическом анализе ФС рассматриваются категории физиологической, психической, поведенческой, социальной и профессиональной среды. Оценка нейрофизиологических процессов, непосредственно обуславливающих профессиональную деятельность, в медицине и экологии труда занимает одно из существенных мест. На необходимость поиска нейрофизиологических критериев ФС обращают внимание В. М. Смирнов и К. В. Судаков [38]. При этом целесообразно опираться на изменения в системных механизмах организма [21]. В соответствии с целью настоящей статьи мы и сосредоточим основное внимание на этих процессах.

Существует множество разночтений в определении понятий «утомление» и «переутомление». В подавляющем большинстве авторы под утомлением понимают снижение максимальных функциональных возможностей (работоспособности), вызванное работой и

условиями труда. Близкое определение утомления дают А. О. Навакатикян [25], В. С. Аверьянов [1] и др. В зависимости от вида и интенсивности труда В. Н. Голубев [10] выделяет, в частности, физическое, умственное, сенсорное и эмоциональное, острое и хроническое утомление. И. Б. Ушаков и соавт. [40] пишут о существовании множества состояний утомления и на практике предлагают выделять три степени утомления. При выраженных степенях утомления по классификации этих авторов характер изменений ФС примерно соответствует выраженной (3-й) степени переутомления по К. К. Платонову [31].

Несмотря на многолетнюю историю определения и классификации утомления и переутомления до настоящего времени не выработана общепринятая формулировка этих понятий. Не вступая в обсуждение проблемы классификации утомления, в данной статье мы будем рассматривать представляемые материалы, ориентируясь на следующие определения.

Утомление — это временное и обратимое снижение максимальных функциональных возможностей (работоспособности), вызванное работой, условиями труда и проходящее к следующему рабочему циклу, обычно сопровождаемое чувством усталости.

Хроническое утомление характеризуется сохранением к началу очередного трудового цикла субъективных и объективных признаков утомления от предыдущей работы и относится к состоянию предболезни с отдельными проявлениями астеноневротической симптоматики.

Переутомление квалифицируется как патологическое функциональное состояние организма, для нормализации которого необходимо предоставление дополнительного отдыха и проведение специальных мероприятий. Переутомление обычно сопровождается проявлением астеноневротического синдрома и, в большинстве случаев, снижением профессиональной работоспособности.

Исходя из принятых нами определений, хроническое утомление по существу является не резко выраженным переутомлением [31] и в ряде случаев практической деятельности специалистов отдельных профессий принимается как допустимое ФС [13, 39, 40].

При утомлении в ЦНС, как защитный охранительный механизм, развиваются тормозные процессы. И. П. Павлов [29] относил утомление к естественным побудителям развития торможения в головном мозге. В настоящее время представляется несомненным, что нейрофизиологическим механизмом проявления утомления является развитие тормозного процесса в коре, в подкорковых образованиях и стволовой части головного мозга с их активирующими и инактивирующими структурами. Торможение формируется в результате функционального истощения нервных структур и играет защитную, охранительную роль. Развитие торможения сопровождается ухудшением функций и снижением работоспособности. Защитная, охранительная роль торможения в повседневных

условиях существования высших животных и человека содействовала их сохранению и развитию в процессе эволюции. Однако торможение, как ухудшение, снижение функций, в борьбе за выживание, сохранение индивидуума и популяции при переутомлении теряет защитный характер. Так, в животном мире «охотник» и «жертва» вынуждены преодолевать усталость и, несмотря на проявление утомления и переутомления, во многих случаях длительно вести борьбу за жизнь. Социальные условия также периодически заставляют человека продолжать активную деятельность, несмотря на развитие глубокого утомления [9]. В этих стрессовых условиях необходима мобилизация сил, увеличение скорости, точности реакций, а торможение основных нервных процессов, сопровождающееся ухудшением функций, не может обеспечить выполнение «нерушимого закона жизни: приспособиться и выжить» [4]. Для обеспечения выживания при хроническом утомлении и переутомлении (пограничном и патологическом ФС), как в животном мире, так и социальных условиях, организм естественно должен перейти на другие механизмы жизнеобеспечения (функционирования) для достижения системой полезного результата — цели системы, в ряде случаев — сохранения жизни. То есть структура и характер деятельности ФС должны принципиально измениться [3]. И это в первую очередь относится к механизмам управления и регуляции, то есть ЦНС.

Для понимания характера принципиальных изменений, развивающихся в ЦНС при стрессе на фоне хронического утомления и переутомления, следует учитывать процессы, возникающие при адаптации к новым условиям функционирования. Стресс ведет к включению механизмов, обеспечивающих приспособительную реакцию организма. В первую очередь включаются механизмы коры мозга, ретикулярной формации и далее системы «гипоталамус — гипофиз — надпочечники». Стимулируется выработка глюкокортикоидов, адреналина и гистамина. Одновременно в реакцию вовлекаются и другие гуморальные и нервные механизмы и нервная система в целом [9, 37]. Подобные проявления, развивающиеся в организме при стрессе, как и необходимость «остаться в живых», не соответствуют предположениям о сохранении охранительного торможения при хроническом утомлении и переутомлении. Комплекс адаптивных стресс-реакций, способствующих выживанию, закрепился в процессе эволюционного развития и запускается при необходимости по механизму «опережающего отражения действительности» [3]. Полагают, что неблагоприятные факторы среды вызывают формирование в ЦНС не только отражающей стратегии поведения, но и оценку вероятных морфофункциональных и энергетических изменений в организме. Последнее и является определяющим фактором в выборе динамики адаптации, которая таким способом опережающе отражает не только возможные варианты поведенческих реакций, но и вероятную меру морфофункциональной «платы» за их реализацию [20].

Таким образом, современные представления о процессах адаптации, стресса и эволюции свидетельствуют о том, что при переходе от утомления к переутомлению в организме должны произойти принципиально новые функциональные изменения, в первую очередь в ЦНС, сопровождающиеся растормаживанием и мобилизацией сил.

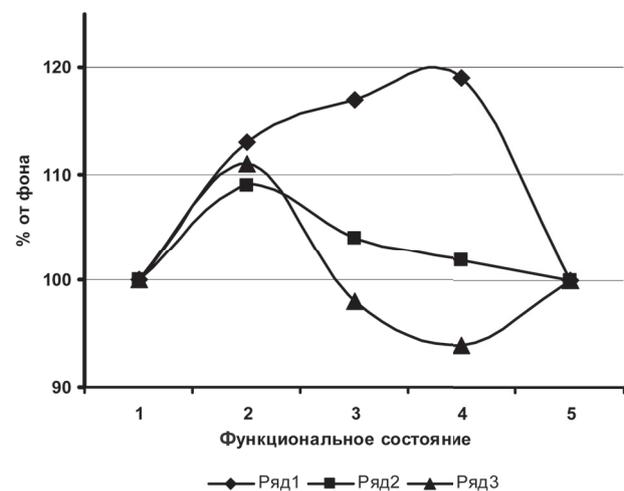
Анализ литературы и результатов многолетних исследований по этой проблеме позволил нам сформировать и обосновать концептуальную картину основных нервных процессов в ЦНС при утомлении и переутомлении специалистов в процессе их профессиональной деятельности, условно названную нами «концепцией растормаживания и ускорения» [22, 24]. Феноменологические характеристики нейрофизиологических проявлений, развивающихся при утомлении и переутомлении людей, по нашему убеждению, целесообразно представлять следующим образом.

При развитии утомления в ЦНС усиливаются процессы торможения и ослабляется возбудимость. Снижается лабильность и скорость нервных процессов. Ослабевает дифференцировочное (внутреннее) торможение. При переходе к пограничному функциональному состоянию — хроническому утомлению — происходит дальнейшее снижение возбудимости и ослабление тормозного процесса, а в последующем и возбудительного процесса. Изменяется их соотношение в пользу относительного преобладания возбудительного процесса. Происходит растормаживание и, как следствие, увеличивается подвижность и скорость протекания нервных процессов. Показатели лабильности и подвижности превышают фоновые «нормальные» величины. Усиливается дифференцировочное торможение. Возрастает межполушарная асимметрия. При дальнейшем углублении хронического утомления и развитии переутомления сформировавшиеся ранее нейрофизиологические сдвиги усиливаются, и к ним присоединяется уравнивательная, а затем и парадоксальная фазы как начальные проявления запредельного торможения. Переходным состоянием от утомления к хроническому утомлению и переутомлению, с нейрофизиологической позиции, является фаза, в которую на фоне продолжающегося снижения возбудимости ЦНС ускоряются основные нервные процессы за счет ослабления охранительного торможения и преобладания процесса возбуждения. Таким образом, происходит смена одного ФС другим принципиально новым.

Описанные нейрофизиологические изменения проявляются в ходе профессиональной деятельности на всех уровнях организации организма — от молекулярно-субклеточного до социально-психологического. Интенсивность, скорость их развития и продолжительность восстановительного периода зависят от силы, длительности воздействия неблагоприятных факторов и исходного ФС организма. Период восстановления может сокращаться при проведении оптимально организованного и эффективно реализованного процесса реабилитации.

В качестве иллюстрации характера нейрофизиологических изменений при утомлении и переутомлении приведем несколько примеров.

При обосновании требований к обитаемости ПЛ 2-го поколения нами была выполнена серия исследований продолжительностью от 27 до 130 суток. В 130-суточном испытании с герметизацией участвовало 10 операторов, занятых работой на пультах-имитаторах по управлению боевыми и техническими средствами ПЛ по схеме — две вахты в сутки по 4 ч каждая в течение всего «похода». Условия обитаемости вызвали существенные изменения в ФС операторов. К 40-м суткам по результатам комплексной клинико-физиологической оценки состояние операторов характеризовалось как утомление средней степени. В период с 41-х по 90-е сутки развилось выраженное хроническое утомление, которое в последующем перешло в переутомление. На рисунке представлены результаты определения времени сенсомоторных реакций различной сложности на световой раздражитель в зависимости от степени утомления и переутомления в этом испытании. На оси ординат отложены время реакций в процентах от фона (уровня реагирования в повседневных условиях) в среднем для группы. На оси абсцисс — степени утомления и переутомления: 1 — фон, 2 — утомление, 3 — хроническое утомление, 4 — переутомление, 5 — восстановление (реабилитация); кривые: 1-й ряд — ПСМР, 2-й ряд — реакция выбора, 3-й — сложного выбора.



Время сенсомоторных реакций различной сложности в зависимости от степени утомления и переутомления в процентах от фона, пояснение в тексте

Характер кривых, представленных на рисунке, с полной очевидностью свидетельствует о том, что латентное время ПСМР постепенно увеличивалось в зависимости от глубины утомления и переутомления. Время реакций выбора и сложного выбора при утомлении также возрастало. Все это указывает на снижение возбудимости и усиление охранительного торможения в функциональных структурах ЦНС при развитии утомления. По мере развития хронического

утомления и переутомления время реакций выбора постепенно сокращалось. Время же реакции сложного выбора сокращалось еще более значительно и становилось ниже исходного уровня, то есть скорость реагирования существенно возрастала, число ошибок при этом уменьшалось. Таким образом, увеличение скорости в реакциях выбора и снижение ошибочности в состоянии хронического утомления и переутомления следует расценивать как проявление «растормаживания» (ослабления охранительного торможения) и усиление дифференцировочного (внутреннего) торможения. Следует отметить, что «улучшившиеся» в период неблагоприятного воздействия показатели реакций выбора в реабилитационный период, колеблясь, «ухудшились» и возвратились к исходному уровню. Указанные изменения имеют высокую статистическую значимость ( $p > 0,001$ ). Эта динамика не укладывается в представления о проявлениях тренировки, на которую так часто ссылаются многие авторы.

В испытаниях 27- и 30-суточной продолжительности, проходивших в тех же условиях, что и 130-суточные, но при неблагоприятном нагревающем микроклимате, у операторов к 10–15-м суткам развивалось выраженное переутомление. Клинически это проявлялось формированием астеноневротического синдрома. Характер изменений при выполнении сенсомоторных реакций был аналогичен описанному выше, но они возникли значительно раньше. Результаты тестов ТТ и КЧСМ, выполненных в стадии хронического утомления и переутомления, также свидетельствуют об увеличении лабильности и скорости протекания нервных процессов. Изменения в корректурных пробах, особенно в вариантах со сложными дифференцировками, имеют такую же тенденцию. Число просмотренных знаков возрастает, а ошибочность снижается. В стадии же развития утомления в ЦНС операторов, как правило, снижается лабильность и скорость нервных процессов. Ослабевает дифференцировочное (внутреннее) торможение, о чем, в частности, свидетельствует снижение КЧСМ и ТТ, рост числа ошибок в реакциях выбора и сложного выбора [6, 14].

Аналогичные изменения нейрофизиологических процессов в одном из последних исследований выявлены Е. А. Галушкиной у операторов при развитии острого утомления и переутомления, вызванного работой с физической нагрузкой. Операторы выполняли работу на тренажере манипуляторного устройства копирующего типа. Исследования проходили в процессе плановых тренировок при комнатной температуре, в неизменной газовой среде. Обследовано 12 операторов. В исследовании непрерывное время работы на тренажере составляло 30, 60 и 90 мин. Тяжесть трудового процесса согласно требованиям Р 2.2.2006-05 соответствовала классу 3.3 — максимальная. 90-минутная длительность работы на тренажере была практически близкой к максимально возможной и приводила к переутомлению. В таблице представлены результаты исследования ПСМР, ССМР и КЧСМ по этапам изучения.

**Изменения показателей психофизиологических тестов в зависимости от длительности рабочего цикла, по отношению к фону**

Методика	Длительность рабочего цикла, мин			
	30	60	90	p
ПСМР, %	98	105	109	0,043
ССМР, отн. ед	0,966	0,968	0,992	> 0,05
Число ошибок	+0,5	+1,3	-1,6	0,008
КЧСМ, Гц	+0,01	-0,33	+1,69	< 0,001

Как следует из данных таблицы, возбудимость структур ЦНС, участвующих в реализации тестов, при увеличении нагрузки и возрастании степени утомления снижается — время ПСМР существенно возрастает. Возбудимость особенно сильно снижается при выполнении работы 90-минутной продолжительности. При этом лабильность по КЧСМ значительно возрастает. Усиливается дифференцировочное торможение, что проявляется уменьшением числа ошибок в сенсомоторных пробах. Время же выполнения операторами теста ССМР изменяется разнонаправлено и в силу этого не имеет статистической значимости. В данном случае проявляется некоторая тенденция к замедлению скорости реакции. Приведенные материалы подтверждают, что, несмотря на существенные различия в интенсивности, характере и длительности воздействия неблагоприятных факторов на специалистов, организм при различных условиях отвечает идентичным образом.

В повседневных условиях в состоянии функционального покоя клетки нервной системы испытывают тонический тормозной контроль. Некоторое преобладание тормозного процесса является необходимым условием для оптимального функционирования ЦНС. Снятие этого торможения возникает при возбуждении, вызванном приходом рабочего стимула. Кроме того, Г. Н. Крыжановский [21] выделяет и ряд других механизмов растормаживания. Так, физиологическое растормаживание возникает и в порядке отрицательной индукции после торможения, и как специальный процесс. В общей тормозной системе осуществляется и целенаправленное экстренное растормаживание. Одной из причин, приводящих к растормаживанию, также может служить развитие патологических процессов, обуславливающих проявление генерализованного возбуждения в ответ на стимул, что свойственно более ранним стадиям онто- и филогенетического развития как более устойчивой форме деятельности [28].

Тормозные процессы в нервной системе чувствительны к вредным воздействиям и неблагоприятным условиям деятельности [17, 21, 32]. Дефицит торможения в ЦНС и, как его следствие, растормаживание в той или иной степени имеют место практически при всех формах патологии ЦНС, они являются типичными патологическими процессами. Хроническое утомление и переутомление с позиции нейрофизиологии проявляется в виде нарушения соотношения основных

нервных процессов и является характерным проявлением дезрегуляционной патологии ЦНС [21]. Клинически же дезрегуляция в ЦНС при переутомлении диагностируется как астеноневротическое состояние, сопровождающееся различными и многочисленными вегетативными нарушениями [9, 36].

Основной симптом астеноневротических состояний — раздражительная слабость — объясняется по И. П. Павлову [29] патологической лабильностью раздражительного процесса. Патологический механизм неврозов заключается в перенапряжении процессов торможения и возбуждения с нарушением их силы, уравновешенности и подвижности [16, 27, 36]. По мнению А. Г. Иванова-Смоленского [16], при неврастенических синдромах в начальной стадии происходит ослабление внутреннего торможения. Во второй стадии начинает страдать возбудительный процесс. Мозговая кора становится повышено реактивной, быстро истощаемой и патологически лабильной. В третьей стадии преобладает запредельное торможение в виде диффузной (не связанной с конкретной патодинамической структурой) парадоксальной фазы. А. М. Свядоц [36] отмечает, что при неврастениях он наблюдал больных лишь с поражением тормозного процесса и не встречал больных с «падением» раздражительного процесса и распространением запредельного торможения в коре головного мозга (3-я стадия по А. Г. Иванову-Смоленскому).

В наших исследованиях у подводников после 30-суточного похода, проходившего в крайне тяжелых и опасных гидрологических условиях, при углублении переутомления в ответ на стимулы различной интенсивности у части специалистов были зарегистрированы уравнивательная и парадоксальная фазы [8, 23].

Е. А. Попов [32], рассматривая патогенез «неврастенических явлений», подчеркивает, что внутреннее торможение как функция, филогенетически более поздняя, является менее устойчивой по отношению к разным вредным влияниям, чем раздражительный процесс, в связи с чем в клинике чаще встречаются картины, указывающие на ослабление процесса торможения. Этим же объясняется и то, что различные вредности, такие как травмы, интоксикации, переутомление, приводят к ослаблению торможения, вызывая появление неврастенического синдрома. Ослабление тормозной функции, сдерживающей быстроту и силу реакции нервной клетки, влечет за собой повышение ее возбудимости, и само течение реакции становится более быстрым, стремительным [32]. Подобный характер реагирования — возрастание скорости сложных сенсомоторных реакций, увеличение лабильности структур ЦНС при развитии хронического утомления и переутомлении — является типичным и постоянно регистрировался в наших исследованиях [6, 8]. Эти проявления также находят свое отражение в материалах, содержащихся в приведенных ранее рисунке и таблице.

На практике, встречаясь с фактами, свидетельствующими об увеличении скорости протекания

нервных процессов и лабильности при хроническом утомлении и переутомлении, авторы попадают в затруднительное положение. Наиболее часто эти проявления относят к эффектам тренировки, обучения, «конечного порыва», «реакции выхода» и т. п. Когда же явления растормаживания и ускорения нельзя подвести под перечисленные причины, их связывают с волевым усилием или возможным увеличением мотивации к деятельности [5]. В частности, полученные А. А. Благиным [5] результаты анализа деятельности операторов командно-измерительных комплексов (КИК) системы «Глонас» могут служить примером проявления в процессе труда нейрофизиологического эффекта «растормаживания и ускорения».

А. А. Благинин обследовал операторов КИК, которые несли 24-часовое дежурство с началом в 9 ч. Отмечен заметный рост числа «ошибок» через 6 ч после заступления на дежурство. Максимум количества ошибочных действий наблюдался через 8 ч работы, когда ошибок было на 31–50 % больше среднесуточного уровня, что свидетельствовало, по нашему мнению, о развитии утомления и усилении тормозных процессов. Последующее углубление утомления (развитие переутомления) в ночные часы привело к растормаживанию, усилению процесса возбуждения и ускорению реакций операторов. Последнее и привело к снижению числа ошибочных действий. Количество ошибок стало даже меньше, чем регистрировалось в дневное время, то есть эффективность работы операторов существенно возросла. Проявление эффекта «растормаживания и ускорения» при переутомлении в данном случае связано, в том числе, с исходным неблагоприятным состоянием здоровья операторов (у 93 % из них выявлены пограничные состояния, трансформирующиеся в патологию). Аналогичных примеров, свидетельствующих о повышении успешности деятельности в состоянии глубокого утомления, в литературе содержится достаточно много. Как правило, они касаются профессий с четким стереотипом и фиксированным алгоритмом деятельности, относящихся преимущественно к сенсомоторному характеру деятельности.

Развитие адаптационно-приспособительных процессов в организме при переутомлении, связанных с растормаживанием, ускорением и повышением лабильности в ЦНС, сопровождается негативными последствиями. Существенно снижается возбудимость ЦНС (возрастают пороги восприятия), страдают когнитивные процессы, эвристическое мышление становится крайне затруднительным. Надежность и эффективность деятельности операторов снижается. Возрастает вероятность пропуска значимых сигналов, особенно в режимах слежения и контроля. Ухудшается самочувствие, настроение. Развиваются астеноневротические состояния и сопутствующие вегетативные нарушения [7, 9, 23].

К сожалению, большинство методических приемов диагностики ФС и работоспособности исходят из представлений о постепенном и однонаправленном углублении тормозных процессов. Эти представления

отражены в ряде работ [13, 34, 35] и закреплены в нормативных документах и руководствах для врачей Военно-морского флота [19, 39]. При этом не учитывается принципиальная разница в состоянии нейродинамических процессов, происходящих в ЦНС, при утомлении и переутомлении. В частности, подобные взгляды заложены в диагностическую таблицу (схему) и в методику количественной оценки работоспособности подводников. Из-за упомянутых концептуальных и методологических недостатков эти разработки вызвали многочисленные претензии морских врачей. Несоответствие между результатами, получаемыми при использовании «методики», и реальностью привело к отказам от ее применения [13, 33].

На практике подход, не учитывающий сущности явления растормаживания и ускорения, приводит к дезагрегации состояния персонала. Последнее в ряде случаев ведет к очень серьезным ошибкам в обеспечении безопасности профессиональной деятельности и тяжелейшим аварийным последствиям [30].

### Заключение

Трудовая деятельность специалистов ряда профессий происходит в неблагоприятных условиях, что отрицательно влияет на ее эффективность и надежность, а также на состояние здоровья персонала. Для решения части задач медико-физиологического обеспечения необходима комплексная система динамического контроля, обеспечивающая своевременную и адекватную оценку ФС организма и работоспособности. Закладываемые в эту систему алгоритмы необходимо строить с учетом реальных нейрофизиологических изменений, происходящих при утомлении и переутомлении специалистов.

В период перехода от состояния утомления к переутомлению нейрофизиологические изменения проявляются ослаблением охранительного торможения и преобладанием процессов возбуждения на фоне дальнейшего снижения возбудимости ЦНС. Происходит растормаживание и, как следствие, увеличивается подвижность и скорость протекания нервных процессов. При этом показатели лабильности и подвижности могут превышать исходные «нормальные» величины. Клинически диагностируются астеноневротические состояния. Построение системы оценки ФС в соответствии с изложенными концептуальными основами будет способствовать успешному решению задач медико-физиологического обеспечения специалистов в процессе их профессиональной деятельности. Недооценка явления «растормаживания и ускорения» и ошибочное толкование его проявлений ведет к дезагрегации состояния персонала, что в ряде случаев может повести к негативным последствиям.

### Список литературы

1. Аверьянов В. С., Капустин К. Г., Виноградова О. В. Физиологические механизмы работоспособности // Физиология трудовой деятельности. СПб. : Наука, 1993. 528 с.
2. Алексанин С. С., Рыбников В. Ю. Теоретические основы и концепция медико-психологического сопровождения

профессиональной деятельности спасателей МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2007. № 1. С. 3–12.

3. Анохин П. К. Общая теория функциональных систем организма // Прогресс биологической и медицинской кибернетики. М., 1974. С. 52–108.

4. Анохин П. К. Теория функциональных систем // Общие вопросы физиологических механизмов. М. : Наука, 1970. С. 6–124.

5. Благинин А. А. Надежность профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем. СПб. : ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2006. 144 с.

6. Блощинский И. А., Маслов Н. Б. [и др.]. Роль и значение динамики психофизиологических показателей в оценке работоспособности, утомления и переутомления моряков // Военно-медицинский журнал. 2002. № 10. С. 58–65.

7. Блощинский И. А., Максименко В. Н., Маслов Н. Б. Об одном из мифов физиологии подводного плавания // Морской медицинский журнал. 2001. № 2. С. 7–9.

8. Блощинский И. А., Маслов Н. Б., Пискунов М. И. Нейрофизиологическая картина генеза и патогенеза утомления и переутомления моряков // Актуальные проблемы обитаемости, радиационной и химической безопасности кораблей и судов ВМФ : материалы науч.-практ. конф. СПб. : ИЦНИИ МО РФ, 1998. С. 31–32.

9. Бузунов А. Ф. Формирование соматических последствий адаптационного синдрома. Цена цивилизации. М. : Практическая медицина, 2010. 352 с.

10. Голубев В. Н. Утомление и переутомление // Актуальные проблемы физиологии военного труда. СПб., 1992. С. 46–59.

11. Горшков С. И., Золина З. М., Мойкин Ю. В. Методики исследования в физиологии труда. М. : Медицина, 1974. 311 с.

12. Горячкина Т. Г., Евдокимов В. И., Шалимов П. М. Оценка функционального состояния специалистов экстремальных профессий: анализ патентноассоциируемой литературы // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2007. № 2. С. 61–68.

13. Довгуша В. В., Мызников И. Л. Отдых на этапах учебно-боевой деятельности подводников. СПб. : ООО «Пресс-Сервис», 2010. 224 с.

14. Довгуша В. В., Блощинский И. А., Маслов Н. Б. Психофизиологические показатели при оценке работоспособности, утомления и переутомления моряков // Морской медицинский журнал. 1999. № 3. С. 34–35.

15. Евдокимов В. И., Горячкина Т. Г. Методические рекомендации авторам инновационных разработок по оценке функционального состояния человека-оператора / Гос. науч.-исслед. испытат. ин-т военной медицины Минобороны РФ. М. ; Воронеж : Истоки, 2005. 131 с.

16. Иванов-Смоленский А. Г. Очерки нейродинамической психиатрии. М. : Медгиз, 1974. 565 с.

17. Иванов-Смоленский А. Г. Общие функциональные нарушения высшей нервной деятельности и патодинамические структуры при неврозах и реактивных психозах // Труды ИВНД АН СССР. М., 1955. Т. 1. 350 с.

18. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека. СПб. : Питер, 2005. 412 с.

19. Исследование физиологических функций и работоспособности моряков : руководство для врачей. Североморск, 1985. 186 с.

20. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск : Наука, 1980. 191 с.

21. Крыжановский Г. Н. Фундаментальные механизмы и общие закономерности дизрегуляторной патологии нервной системы // Дизрегуляторная патология нервной системы / под ред. Е. И. Гусева, Г. Н. Крыжановского. М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2009. 512 с.

22. Маслов Н. Б. Некоторые методологические вопросы оценки работоспособности операторов и принципы их аппаратурной реализации // Аппаратура и методы медицинского контроля : материалы II Всесоюз. науч.-практ. конф. Л. : Медицина, 1982. С. 101–103.

23. Маслов Н. Б., Блощинский И. А., Максименко В. Н. Нейрофизиологическая картина генеза утомления, хронического утомления и переутомления человека-оператора // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 5. С. 123–133.

24. Маслов Н. Б., Блощинский И. А., Рогованов Д. Ю. Концепция растормаживания и ускорения // Материалы юбилейной научно-практической конференции, посвященной 39-летию ЦНИЛ ВМФ. Ч. 1. СПб., Петродворец : 15 ЦНИЛ ВМФ, 2007. С. 182–190.

25. Навакатиан А. О. Физиологические механизмы утомления // Физиология трудовой деятельности. СПб. : Наука, 1993. С. 83–106.

26. Небылицин В. Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. М. : Наука, 1976. 335 с.

27. Нервные болезни : учебник / под ред. Г. А. Акимова. Л. : ВМА, 1982. 375 с.

28. Орбели Л. А. Эволюционный принцип в применении к физиологии центральной нервной системы // Орбели Л. А. Избранные труды. М. ; Л. : АН СССР, 1961. Т. 1. С. 166–182.

29. Павлов И. П. Полное собрание сочинений: Т. 3, кн. 1, 2. М. ; Л., 1951. 840 с.

30. Пискунов М. И., Блощинский И. А., Маслов Н. Б. Автономность, утомление личного состава и аварийность подводных лодок // Актуальные проблемы обитаемости, радиационной и химической безопасности кораблей и судов ВМФ : материалы науч.-практ. конф. СПб. : ЦНИИ МО РФ, 1998. С. 112–113.

31. Платонов К. К. Вопросы психологии труда. М. : Медгиз, 1970. 363 с.

32. Попов Е. А. Неврастения. Астенические состояния и неврозы истощения. Навязчивые состояния и психастения // Опыт советской медицины в ВОВ 1941–1945 гг., 1949. Т. 26. С. 43–55.

33. Рыбников В. Ю. Психологическое прогнозирование надежности деятельности и пептидная регуляция состояния специалистов экстремального профиля. СПб. : СПб университет МВД России, 2000. 205 с.

34. Сапов И. А., Солодков А. С., Щеголев В. С. Влияние походов кораблей на функциональное состояние и работоспособность моряков // Физиология подводного плавания и аварийно-спасательного дела : учебник / под ред. И. А. Сапова. Л. : ВМедА, 1986. 435 с.

35. Сапов И. А., Солодков А. С. Состояние функций организма и работоспособность моряков. Л. : Медицина, 1980. 192 с.

36. Свядоц А. М. Неврозы и их лечение. М. : Медгиз, 1959. 367 с.

37. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. М. : Медгиз, 1960. 254 с.

38. Смирнов В. М., Судаков К. В. Словарь-справочник по физиологии. М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. 504 с.

39. Сохранение работоспособности плавающего состава Военно-морского флота. М. : Воениздат, 1990. 192 с.

40. Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А. Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий

// Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2010. № 4, ч. 2. С. 6–12.

41. Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А. Паттерны функциональных состояний операторов. М. : Наука, 2010. 390 с.

## References

1. Aver'yanov V. S., Kapustin K. G., Vinogradova O. V. *Fiziologiya trudovoi deyatel'nosti* [Physiology of labor activity]. Saint Petersburg, 1993. 528 p. [in Russian]

2. Aleksanin S. S., Rybnikov V. Yu. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations]. 2007, no. 1, pp. 3-12. [in Russian]

3. Anokhin P. K. *Progress biologicheskoi i meditsinskoi kibernetiki* [Progress of biological and medical cybernetics]. Moscow, 1974, pp. 52-108. [in Russian]

4. Anokhin P. K. *Obshchie voprosy fiziologicheskikh mekhanizmov* [General issues of physiological mechanisms]. Moscow, 1970, pp. 6-124. [in Russian]

5. Blaginina A. A. *Nadezhnost' professional'noi deyatel'nosti operatorov slozhnykh ergaticheskikh system* [Reliability of occupational activity of complicated ergatic systems' operators]. Saint Petersburg, 2006, 144 p. [in Russian]

6. Bloshchinskii I. A., Maslov N. B. [i dr.]. *Voенно-meditsinskii zhurnal* [Military Medical Journal]. 2002, no. 10, pp. 58-65. [in Russian]

7. Bloshchinskii I. A., Maksimenko V. N., Maslov N. B. *Morskoi meditsinskii zhurnal* [Maritime Medical Journal]. 2001, no. 2, pp. 7-9. [in Russian]

8. Bloshchinskii I. A., Maslov N. B., Piskunov M. I. *Aktual'nye problemy obitaemosti, radiatsionnoi i khimicheskoi bezopasnosti korablei i sudov VMF : materialy nauch.-prakt. konf.* [Urgent problems of inhabitation, radiation and chemical safety of Navy ships: Proceedings of science and practice conference]. Saint Petersburg, 1998, pp. 31-32. [in Russian]

9. Buzunov A. F. *Formirovanie somaticheskikh posledstviu adaptatsionnogo sindroma. Tsena tsivilizatsii* [Formation of somatic consequences of adaptation syndrome. Civilization cost]. Moscow, 2010, 352 p. [in Russian]

10. Golubev V. N. *Aktual'nye problemy fiziologii voennogo truda* [Urgent problems of military labor physiology]. Saint Petersburg, 1992, pp. 46-59. [in Russian]

11. Gorshkov S. I., Zolina Z. M., Moikin Yu. V. *Metodiki issledovaniya v fiziologii truda* [Examination methods in Labor Physiology]. Moscow, 1974, 311 p. [in Russian]

12. Goryachkina T. G., Evdokimov V. I., Shalimov P. M. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations]. 2007, no. 2, pp. 61-68. [in Russian]

13. Dovgusha V. V., Myznikov I. L. *Otdykh na etapakh uchebno-boevoi deyatel'nosti podvodnikov* [Rest at stages of educational-military activities of submariners]. Saint Petersburg, 2010, 224 p. [in Russian]

14. Dovgusha V. V., Bloshchinskii I. A., Maslov N. B. *Morskoi meditsinskii zhurnal* [Maritime Medical Journal]. 1999, no. 3, pp. 34-35. [in Russian]

15. Evdokimov V. I., Goryachkina T. G. *Metodicheskie rekomendatsii avtoram innovatsionnykh razrabotok po otsenke funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka-operatora / Gos. nauch.-issled. ispytat. in-t voennoi meditsiny Minoborony RF* [Methodological recommendations for authors

of innovative developments for assessment of man-operator's functional status (State Research Experimental Institute of Military Medicine RF). Moscow, Voronezh, 2005, 131 p. [in Russian]

16. Ivanov-Smolenskii A. G. *Ocherki neirodinamicheskoi psikhiiatrii* [Essays of Neurodynamic Psychiatry]. Moscow, 1974, 565 p. [in Russian]

17. Ivanov-Smolenskii A. G. *Trudy Instituta vysshei nerovnoi deyatel'nosti AN SSSR* [Proceedings of Institute of Higher Nervous Activity AS USSR, vol. 1,]. Moscow, 1955, 350 p. [in Russian]

18. Il'in E. P. *Psikhofiziologiya sostoyanii cheloveka* [Human status psychophysiology]. Saint Petersburg, 2005, 412 p. [in Russian]

19. *Issledovanie fiziologicheskikh funktsii i rabotosposobnosti moryakov : rukovodstvo dlya vrachei* [Study of seamen's physiological functions and working ability: Guide for physicians]. Severomorsk, 1985, 186 p. [in Russian]

20. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Adaptation modern aspects]. Novosibirsk, 1980, 191 p. [in Russian]

21. Kryzhanovskii G. N. *Dizregulyatsionnaya patologiya nerovnoi sistemy* [Dysregulatory pathology of nervous system]. Moscow, 2009, 512 p. [in Russian]

22. Maslov N. B. *Apparatura i metody meditsinskogo kontrolya : materialy II Vsesoyuz. nauch.-prakt. konf* [Facilities and methods of medical control (Proceedings of II All-Russian Science and Practice Conference)]. Leningrad, 1982, pp. 101-103. [in Russian]

23. Maslov N. B., Bloschinskii I. A., Maksimenko V. N. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2003, vol. 29 (5), pp. 123-133. [in Russian]

24. Maslov N. B., Bloschinskii I. A., Rogovanov D. Yu. *Materialy yubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii posvyashchennoi 39-letiyu 15 TsNIL VMF* [Proceedings of Anniversary Science and Practice Conference devoted to 39 years of 15 Navy Central Research Laboratory, pt. 1]. Saint Petersburg, Petrodvorets, 2007, pp. 182-190. [in Russian]

25. Navakatikyan A. O. *Fiziologicheskie mekhanizmy utomleniya. Fiziologiya trudovoi deyatel'nosti* [Physiology of labor activity]. Saint Petersburg, 1993, pp. 83-106. [in Russian]

26. Nebylitsin V. D. *Psikhofiziologicheskie issledovaniya individual'nykh razlichii* [Psychophysiological studies of individual differences]. Moscow, 1976, 335 p. [in Russian]

27. *Nervnye bolezni* [Nervous diseases]. Leningrad, 1982, 375 p. [in Russian]

28. Orbeli L. A. *Izbrannye trudy. T. 1* [Selectas, vol. 1]. Moscow, Leningrad, 1961, pp. 166-182. [in Russian]

29. Pavlov I. P. *Polnoe sobranie sochinenii. T. 3, kn. 1, 2* [Complete works. V. 3, book 1,2]. Moscow, Leningrad, 1951. 840 p. [in Russian]

30. Piskunov M. I., Bloschinskii I. A., Maslov N. B. *Aktual'nye problemy obitaemosti, radiatsionnoi i khimicheskoi bezopasnosti korablei i sudov VMF : materialy nauch.-prakt. konf* [Urgent problems of inhabitation, radiation and chemical safety of Navy ships: Proceedings of Science and Practice Conference]. Saint Petersburg, 1998, pp. 112-113. [in Russian]

31. Platonov K. K. *Voprosy psikhologii truda* [Issues of labor psychology]. Moscow, 1970, 363 p. [in Russian]

32. Popov E. A. *Opyt sovetskoi meditsiny v VOV 1941-1945 gg. T. 26* [Soviet medicine experience in Great Patriotic War in 1941-1945, vol. 26]. 1949, pp. 43-55. [in Russian]

33. Rybnikov V. Yu. *Psikhologicheskoe prognozirovanie nadezhnosti deyatel'nosti i peptidnaya regulyatsiya sostoyaniya spetsialistov ekstremal'nogo profilya* [Psychological prognostication of activity reliability and

peptidic regulation of status of specialists of extreme profile]. Saint Petersburg, 2000, 205 p. [in Russian]

34. Sapov I. A., Solodkov A. S., Shchegolev V. S. *Fiziologiya podvodnogo plavaniya i avariino-spasatel'nogo dela* [Physiology of underwater swimming and rescue science]. Leningrad, 1986, 435 p. [in Russian]

35. Sapov I. A., Solodkov A. S. *Sostoyanie funktsii organizma i rabotosposobnost' moryakov* [Seamen's body functional status and working ability]. Leningrad, 1980, 192 p. [in Russian]

36. Svyadoshch A. M. *Nevrozy i ikh lechenie* [Neuroses and their treatment]. Moscow, 1959, 367 p. [in Russian]

37. Sel'e G. *Ocherki ob adaptatsionnom syndrome* [Essays on adaptation syndrome]. Moscow, 1960, 254 p. [in Russian]

38. Smirnov V. M., Sudakov K. V. *Slovar'-spravochnik po fiziologii* [Dictionary-guide in physiology]. Moscow, 2010, 504 p. [in Russian]

39. *Sokhranenie rabotosposobnosti plavayushchego sostava Voennno-morskogo flota* [Maintenance of working ability of Navy ship personnel]. Moscow, 1990, 192 p. [in Russian]

40. Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Yu. A. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations]. 2010, no. 4, pt. 2, pp. 6-12. [in Russian]

41. Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Yu. A. *Patternny funktsional'nykh sostoyanii operatorov* [Operator's functional status patterns]. Moscow, 2010. 390 p. [in Russian]

#### CONCEPTUAL APPROACH TO ASSESSMENT OF EXPERTS' FUNCTIONAL STATUS IN THEIR PROFESSIONAL ACTIVITY

N. B. Maslov, I. A. Bloschinsky, E. A. Galushkina, D. Y. Rogovanov

Training Center of Defense Ministry, Saint-Petersburg, Russia

Based on systematic analysis of published data and our own data, there has been worked out and introduced a concept of neurophysiological processes that developed during fatigue, over-fatigue of experts in their professional activities. The concept serves as an objective base for dynamic assessment and prediction of the experts' functional status and health. It has been shown and proved that transition from fatigue to over-fatigue reduced protective inhibition, the effect of "disinhibition" developed, and as a consequence, speed and mobility of nervous processes increased. Volatility and differentiation inhibition increased. With further intensification of over-fatigue, the earlier formed neurophysiological changes were strengthened. Later they were joined by an equalizing phase, and then by a paradoxical phase as initial manifestations of protective inhibition. Asthenic-neurotic states were clinically diagnosed.

**Keywords:** assessment of functional status, fatigue, over-fatigue, disarrangement, disinhibition, acceleration

#### Контактная информация:

Рогованов Дмитрий Юрьевич — начальник лаборатории Центра подготовки Министерства обороны Российской Федерации

Адрес: 198510, г. Санкт-Петербург, ул. Константиновская, д. 25

E-mail: rogovanov@hobox.ru