

А.Ф. Бобров¹, Т.М. Новикова², В.И. Седин¹, Л.И. Фортунатова¹

СИСТЕМНЫЕ КРИТЕРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

¹Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

²Центральная медико-санитарная часть № 91 ФМБА России, Лесной

Контактное лицо: Александр Федорович Бобров, e-mail: baf-vcmk@mail.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Разработка комплексных критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников предприятий атомной промышленности.

Материал и методы: Объектом исследования являлись работники-мужчины основного производства комбината «Электрохимприбор», проходящие периодические медицинские осмотры и психофизиологические обследования. Состояния здоровья оценивались по принадлежности работника к группе диспансерного наблюдения в соответствии с приказом Минздрава РФ № 404н от 27.04.2021. Психофизиологическое состояние оценивалось с использованием аппаратно-программного комплекса для группового психофизиологического обследования АПК ПФС-КОНТРОЛЬ. В дополнительные методики тестирования была включена оценка параметров виброизображения, оцениваемая с использованием компьютерных программ HealthTest и ВибраМИ, разработанных в ООО «ЭЛСИС» (С.-Петербург). Всего в разном сочетании методик тестирования было проведено 943 человеко-обследований. Средний возраст работников составлял $42,0 \pm 1,7$ года, общий стаж работы – $23,0 \pm 1,3$ года, стаж работы по специальности – $13,0 \pm 1,8$ лет.

Результаты: В качестве критерия донозологических нарушений состояния здоровья использованы характеристики адаптации работника к факторам жизнедеятельности. Нарушение адаптации оценивается по трём частным критериям: 1) оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы по данным оценки вариабельности сердечного ритма; 2) экспресс-оценки психофизиологического состояния по параметрам виброизображения; 3) оценки личностных и специальных способностей по данным оценки множественного интеллекта. Для каждого из критериев разработан «светофор» состояний и решающие правила их формализованной идентификации. Даны характеристики неблагоприятных состояний. Комплексная экспресс-диагностика донозологических нарушений профессионального здоровья проводится с использованием интегрального показателя, являющегося взвешенной суммой частных «светофорных» показателей, имеющего балльную оценку. Формализованная экспресс-диагностика донозологических нарушений проводится с использованием линейных дискриминантных функций со средней точностью распознавания 96,4 % или вероятностной номограммы, позволяющей графически оценить уровень риска нарушения состояния здоровья.

Заключение: Совершенствование медико-психофизиологического обеспечения работников предприятий атомной промышленности связано с внедрением методов и критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений состояния здоровья. Разработанные критерии экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья дополняют существующую методическую и критериальную базу периодических медицинских осмотров работников атомной отрасли, усиливают их профилактическую направленность в целях своевременного применения медицинских, психофизиологических, организационных и других мероприятий по сохранению и поддержанию профессионального здоровья персонала.

Ключевые слова: персонал, донозологические состояния, экспресс-диагностика, технология виброизображения, множественный интеллект, сердечно-сосудистая система, показатель активности регуляторных систем, объекты использования атомной энергии

Для цитирования: Бобров А.Ф., Новикова Т.М., Седин В.И., Фортунатова Л.И. Системные критерии дифференциальной экспресс – диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников объектов использования атомной энергии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 2. С. 29–34. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-2-29-34

A.F. Bobrov¹, T.M. Novikova², V.I. Sedin¹, L.I. Fortunatova¹

System Criteria for Differential Express Diagnostics of Prenosological Disorders of Occupational Health of Employees at Nuclear Power Facilities

¹A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

²Central Medical and Sanitary Unit No. 91, Lesnoy, Russia

Contact person: A.F. Bobrov, e-mail: baf-vcmk@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: Development of complex criteria of differential express-diagnostics of pre-dosological disorders of occupational health of employees of nuclear facilities.

Material and methods: The study object was male workers of the main production facilities of the Electrohimpribor Combine undergoing periodic medical examinations and psychophysiological examinations. The state of health was assessed according to the employee's belonging to the dispensary observation group in accordance with Order No. 404n of the Ministry of Health of the Russian Federation of April 27, 2021. The psychophysiological state was assessed using a hardware-software complex for group psychophysiological examination

АПК PFS-CONTROL. Additional testing techniques included assessment of vibroimage parameters, evaluated using computer programs HealthTest and VibraMI, developed in ELSIS (St. Petersburg). Totally 943 man-surveys were carried out with different combination of testing methods. The average age of the workers was (42.0 ± 1.7) years, total work experience was (23 ± 1.3) years, and work experience in the specialty was (13.0 ± 1.8) years.

Results: As a criteria of prenosological health disorders we used the characteristics of the worker's adaptation to the factors of life activity. Adaptation disorders are evaluated according to three specific criteria: 1) assessment of the functional state of the cardiovascular system according to HRV data; 2) rapid assessment of the psychophysiological state according to vibroimage parameters; 3) assessment of personal and special abilities according to multiple intelligence assessment. For each of the criteria a "traffic light" of states and decisive rules of their formalized identification were developed. Characteristics of unfavorable states are given. Complex express-diagnostics of pre-dosological disorders of occupational health is carried out using integral index, which is a weighted sum of private "traffic light" indexes with a ball score. The formalized express-diagnostics of premalignant disorders is carried out using linear discriminant functions with an average recognition accuracy of 96.4 % or a probabilistic nomogram, which allows to graphically estimate the risk level of health disorders.

Conclusion: Improvement of medical-psychophysiological support of employees of nuclear facilities is connected with introduction of methods and criteria of differential express-diagnosis of prenosological disorders of health. The developed criteria of express-diagnostics of pre-dosological disorders of occupational health expand the existing methodological and criteria base of periodic medical examinations of nuclear industry workers, strengthen their preventive orientation with the purpose of timely application of medical, psychophysiological, organizational and other measures on preservation and maintenance of occupational health of personnel.

Keywords: nuclear industry workers, prenosological conditions, rapid diagnostics, vibroimage technology, multiple intelligence, cardiovascular system, activity index of regulatory systems

For citation: Bobrov AF, Novikova TM, Sedin VI, Fortunatova LI. System Criteria for Differential Express Diagnostics of Prenosological Disorders of Occupational Health of Employees at Nuclear Power Facilities. Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68(2): 29–34. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-2-29-34

Введение

Сохранение профессионального здоровья работников предприятий атомной промышленности, чья профессиональная деятельность проходит в условиях воздействия неблагоприятных и опасных производственных факторов, обусловлено с ранней диагностикой его нарушений. В настоящее время контроль профессионального здоровья осуществляется на этапе медицинского осмотра, проводимого в соответствии с приказом Минздрава РФ 29н¹, обеспечивающего выявление и лечение заболеваний, входящих в классификацию МКБ10. Профилактическая переориентация здравоохранения требует разработки и внедрения методов донозологической диагностики для своевременной коррекции функционального состояния [1, 2]. Объектом донозологической диагностики является процесс адаптации организма к неадекватным условиям среды жизнедеятельности работника, который может завершиться одним из следующих исходов: 1) полной или частичной адаптацией к среде; при этом гомеостаз не нарушается, деятельность всех регуляторных систем протекает в обычных пределах или несколько усилена; 2) недостаточной или неудовлетворительной адаптацией; при этом гомеостаз основных жизненно важных систем обычно сохраняется, но активность регуляторных механизмов существенно увеличена; 3) срывом адаптации; при этом вследствие перенапряжения и истощения регуляторных механизмов происходит нарушение гомеостаза с развитием патологических отклонений [2, 3]. Уровень адаптации работника, таким образом, выступает в качестве критерия донозологических нарушений состояния здоровья.

С позиций системного анализа в основе разработки количественных и качественных критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья должны лежать знания и/или экспериментальные данные, основанные

¹ Приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры».

на специальных медико-биологических исследованиях. Эти исследования должны содержать, с одной стороны, информацию о состоянии здоровья изучаемой профессиональной группы, а с другой – показатели методики/методик, которые предполагается использовать для дифференциальной экспресс-диагностики состояний. Эти показатели должны идентифицировать, в терминах Р.М. Баевского [2], «лестницу функциональных состояний», то есть стадий перехода от состояния «здоровье» к состоянию «болезнь» через изменение функционального состояния от физиологической нормы до срыва адаптации.

Наиболее разработанным направлением экспресс-диагностики функционального состояния в целях донозологической диагностики является оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР) [1]. Это связано с тем, что сердечно-сосудистая система рассматривается как один из индикаторов адаптационных реакций целостного организма на различные средовые воздействия. Поэтому инструментальные методы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вегетативной регуляции, в том числе по данным анализа вариабельности сердечного ритма, широко используются в медицине и физиологии.

Но научный поиск других критериев оценки адаптационных реакций организма постоянно продолжается. В качестве перспективного мы рассматриваем критерии, связанные с методом оценки параметров виброизображения [4, 5]. Технология виброизображения даёт возможность через рефлексные микродвижения головы человека рассчитать поведенческие параметры его состояния.

Целью настоящего исследования являлась разработка комплексных критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Материал и методы

Объектом исследования являлись работники-мужчины основного производства предприятия «Комбинат «Электрохимприбор», проходящие периодические медицинские осмотры и психофизиологические обследования. Состояние здоровья оценивалось по принадлеж-

ности работника к группе диспансерного наблюдения в соответствии с приказом Минздрава РФ № 404н от 27.04.2021 «Об утверждении Порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определённых групп взрослого населения». Психологическое состояние оценивалось с использованием аппаратно-программного комплекса для группового психологического обследования, проводимого в соответствии с методическими рекомендациями [6]. В дополнительные методики тестирования была включена оценка параметров виброизображения, оцениваемая с использованием компьютерных программ Health-Test [7] и ВибраМИ [8], разработанных в ООО «ЭЛСИС» (С.-Петербург). Всего в разном сочетании методик тестирования было обследовано 943 человека. Средний возраст работников был $42,0 \pm 1,7$ года, общий стаж работы – $23,0 \pm 1,3$ года, стаж работы по специальности – $13,0 \pm 1,8$ лет.

Результаты исследования анализировались с использованием программы STATISTICA v.8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Для разработки комплексных критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников предприятий атомной отрасли использовались три частных критерия: 1) оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы по данным ВСР (время тестирования 5–7 мин); 2) экспресс-оценки психофизиологического состояния по параметрам виброизображения (время тестирования 3 мин); 3) оценки личностных особенностей по данным оценки множественного интеллекта (время тестирования 5–7 мин).

Критерии экспресс-диагностики донозологических отклонений и нарушений профессионального здоровья работников по данным variability сердечного ритма

Комплексная оценка ВСР направлена на диагностику функциональных состояний. Анализ ВСР является методом неспецифической (ненозологической) диагностики. Однако оценка совокупности его показателей и их динамики при повторных обследованиях позволяет направить диагностический поиск в должном направлении и помогает уточнению функционального и прогностического компонентов клинического диагноза. Изменения вегетативного баланса в виде активации симпатического звена рассматриваются как неспецифический компонент адаптационной реакции в ответ на различные стрессорные воздействия.

Одним из методов оценки таких реакций является вычисление показателя активности регуляторных систем (ПАРС). Он вычисляется в баллах по специальному алгоритму, учитывающему статистические показатели, показатели гистограммы и данные спектрального анализа кардиоинтервалов. ПАРС позволяет дифференцировать различные степени напряжения регуляторных систем и оценивать адаптационные возможности организма [1]. Вычисление ПАРС осуществляется по алгоритму, учитывающему пять критериев: А. Суммарный эффект регуляции по показателям частоты пульса (ЧП). Б. Суммарную активность регуляторных механизмов. В. Вегетативный баланс по комплексу показателей. Г. Активность вазомоторного центра, регулирующего сосудистый тонус. Д. Активность сердечно-сосудистого подкоркового нервного центра или надсегментарных уровней регуляции.

Значения ПАРС выражаются в баллах от 1 до 10. На основании анализа значений ПАРС могут быть диагностированы следующие функциональные состояния:

1. Состояние оптимального (рабочего) напряжения регуляторных систем, необходимое для поддержания активного равновесия организма со средой (норма ПАРС = 1–2).
2. Состояние умеренного напряжения регуляторных систем, когда для адаптации к условиям окружающей среды организму требуются дополнительные функциональные резервы. Такие состояния возникают в процессе адаптации к трудовой деятельности, при эмоциональном стрессе или при воздействии неблагоприятных экологических факторов (ПАРС = 3–4).
3. Состояние выраженного напряжения регуляторных систем, которое связано с активной мобилизацией защитных механизмов, в том числе повышением активности симпатико-адреналовой системы и системы гипофиз–надпочечники (ПАРС = 5–6).
4. Состояние перенапряжения регуляторных систем, для которого характерна недостаточность защитно-приспособительных механизмов, их неспособность обеспечить адекватную реакцию организма на воздействие факторов окружающей среды. Здесь избыточная активация регуляторных систем уже не подкрепляется соответствующими функциональными резервами (ПАРС = 7–8).
5. Состояние истощения (астенизации) регуляторных систем, при котором активность управляющих механизмов снижается (недостаточность механизмов регуляции) и появляются характерные признаки патологии. Здесь специфические изменения отчетливо преобладают над неспецифическими (ПАРС = 8–9).
6. Состояние «полома» адаптационных механизмов (срыв адаптации), когда доминируют специфические патологические отклонения и способность адаптационных механизмов к саморегуляции частично или полностью нарушена (ПАРС = 10).

При оценке значений ПАРС условно выделяют три зоны функциональных состояний, представленных для наглядности в виде «светофора»: «зелёный» – означает, что все в порядке, не требуется никаких специальных мероприятий по профилактике и лечению, «жёлтый» указывает на необходимость проведения оздоровительных и профилактических мероприятий. Наконец, «красный» показывает, что требуется вначале диагностика, а затем и лечение возможных заболеваний.

Выделение зелёной, жёлтой и красной зон здоровья позволяет характеризовать функциональное состояние человека с точки зрения риска развития болезни. Для каждой ступени «лестницы состояний» предусмотрен «диагноз» функционального состояния по степени выраженности напряжения регуляторных систем.

Для комплексного критерия экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья нами предлагается по данным ВСР выделять 3 состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) и организма в целом:

- 1) СССР=1 при значениях ПАРС ≤ 4 баллов,
- 2) СССР=2 при $4 < \text{ПАРС} \leq 6$ баллов,
- 3) СССР=3 при ПАРС > 6 баллов. (1)

Наиболее неблагоприятным является состояние СССР=3, которое характеризуется истощением и высоким риском «срыва» механизмов адаптации, при котором доминируют специфические патологические отклонения, а способность адаптационных механизмов к саморегуляции частично или полностью нарушена.

Критерии экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников по параметрам виброизображения

Технология виброизображения может рассматриваться как регистрация параметров рефлекторных микровибраций (МВ) в области головы и лица, происходящих в организме непрерывно от рождения до смерти, даже во время сна и при нахождении под действием анестезии. Первым МВ открыл в 1944 г. профессор Венского университета д-р Г. Рорахер. Результаты исследований в этой области были описаны в монографии [9].

Число колебаний (частота микровибрации) у здорового человека в различных точках тела составляет от 4 до 18 колебаний в секунду, а её величина (амплитуда) варьируется от 0,5 до 10 мкм. По рисунку движения микровибрация схожа с видимым тремором, возникающим, например, на морозе или при сильном возбуждении. Однако она отличается не только своей незначительностью, но и двумя другими важными характеристиками: 1) макротремор возникает у здоровых людей только при наличии определённых стимулирующих ситуаций (холод, возбуждение), тогда как микровибрация присутствует всегда; следовательно, это не реакция на раздражители, а спонтанная непрерывная биологическая активность организма; 2) макротремор, даже патологический (например, при болезни Паркинсона), исчезает во время сна и под действием анестезии, а микровибрация присутствует постоянно. Микровибрация – это постоянный, невидимый макротремор, который никогда не прекращается в течение всей жизни.

Причем МВ наблюдаются только у человека и теплокровных животных. У этих видов биологических систем для поддержания постоянной температуры тела организм должен иметь возможность увеличивать или уменьшать тепловыделение (физическая терморегуляция) и регулировать собственное производство тепла (химическая терморегуляция). Тепловыделение уменьшается в холодных условиях за счёт сужения кровеносных сосудов и повышается в жарких условиях за счёт их расширения. Кроме того, большое количество тепла может выводиться из организма за счёт реакции потоотделения и его испарения.

Однако температуру тела невозможно поддерживать постоянно с помощью только этих механизмов контроля. Необходимо непрерывно генерировать тепло, чтобы компенсировать возникающие теплопотери. Нормальная температура человеческого крови от 36,5 до 37,4 градусов по Цельсию является наиболее благоприятной температурой для протекания всех жизненно важных химических процессов в органах, особенно для функционирования ганглиозных клеток коры головного мозга. Снижение температуры мозга приводит к помутнению сознания и бессознательному состоянию, повышение – к нарушению активности, психологические последствия которого известны по лихорадочному делирию. Это достигается путём непрерывных чередующихся сокращений волокон поперечно-полосатых мышц, направленных на выработку тепла, необходимого для поддержания температуры тела на постоянном уровне.

В связи с вышесказанным взаимосвязь регистрируемых у человека микровибраций со всем спектром функциональных состояний и состоянием здоровья является закономерной, поскольку патологические процессы изменяют состояние внутренней среды организма и его температурный гомеостаз, что находит отражение в параметрах микровибраций.

В ранее проведённых нами исследованиях было установлено [10], что группы работников предприятия атомной промышленности с разным уровнем профессионального здоровья (группы диспансерного наблюдения) со средней точностью 96,8 % дифференцируют одномерный многопараметрический интегральный показатель оценки психофизиологического состояния (ИП_ПФС)), представляющий собой линейную комбинацию параметров виброизображения [10].

По значениям ИП_ПФС нами предлагается выделять «светофор» психофизиологических состояний:

- 1) ПФС=1 при ИП_ПФС ≤ 37 баллов,
- 2) ПФС=2 при 37 < ИП_ПФС ≤ 63 балла,
- 3) ПФС=3 при ИП_ПФС > 63 баллов. (2)

Наиболее неблагоприятным является состояние ПФС=3, при котором взаимодействие организма с внешней средой существенно нарушено. Может отмечаться значительный выход показателей функционального состояния за границы гомеостатической нормы, срыв адаптации к факторам жизнедеятельности, перенапряжение и истощение регуляторных механизмов организма с высоким риском развития патологических отклонений.

Критерии экспресс-диагностики донозологических отклонений и нарушений профессионального здоровья работников по данным множественного интеллекта

Особенности психофизиологической адаптации зависят от психических качеств работника, отражающихся в его способностях. Способности рассматриваются как индивидуально-психологические особенности личности, возможность выполнять тот или иной вид деятельности при минимальном расходе внутренних ресурсов и времени. Профессиональные или специальные способности, в отличие от общих, подразумевают возможность к развитию отдельных психических качеств для конкретного вида деятельности.

Специальные способности, встречаясь в различном сочетании, проявляются в соответствующих условиях и обеспечивают способность к адаптации работника к факторам трудового процесса. Специальные способности могут быть изучены с использованием опросника Г. Гарднера [11], направленного на оценку, в терминологии автора, множественного интеллекта (МИ). В теории МИ утверждается, что интеллект человека следует рассматривать не как единое целое, а превалирование в интеллекте девяти различных компонентов, каждый из которых имеет свою направленность. В развитии теории МИ, В.А. Минкиным и Я.Н. Николаенко было добавлено еще три компонента интеллекта человека и создана компьютерная методика ВибраМИ [12], позволяющая оценивать не только характеристики МИ по данным специально разработанного опросника, но и бессознательную реакцию на предъявляемый вопрос. Эту возможность даёт технология виброизображения. Всего МИ включает в себя 12 шкал, оцениваемых в балльной шкале (0–100): ВИ-внутриличностный, ФТ-философско-теоретический, ЛМ-логико-математический, БК-бизнес-корыстный, ВП-визуально-пространственный, ПР-природный, МД-моторно-двигательный, МР-музыкально-ритмический, ПВ-подвижной, ВЛ-вербально-лингвистический, БД-богемно-демонстративный, МЛ-межлиностный.

В ранее проведённых нами исследованиях было установлено [13], что группы работников ОИАЭ с разным уровнем психофизиологической адаптации со средней точностью 93% дифференцируют одномерный многопараметрический интегральный показатель (ИП_МИ),

представляющий собой линейную комбинацию характеристик МИ.

По значениям ИП_МИ выделяется «светофор» специальных способностей:

- 1) СпСп=1 при ИП_МИ ≤ 44 баллов,
- 2) СпСп=2 при 44 < ИП_МИ ≤ 62 балла,
- 3) СпСп=3 при ИП_МИ > 62 балла

Наиболее неблагоприятным является состояние СпСп=3. Для работников с таким состоянием характерны сниженные моторно-двигательные, межличностные и подвижнические качества, которые необходимы для реализации функциональных обязанностей персонала основного производства комбината.

Критерии комплексной экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья работников ОИАЭ

Комплексную экспресс-диагностику донозологических нарушений профессионального здоровья работников ОИАЭ предлагается проводить с использованием выше описанных (формулы 1–3) критериев. Для этого вводится интегральный показатель оценки уровня здоровья (ИП_УрЗд), который является взвешенной суммой выше описанных «светофорных» показателей ССС, ПФС, СпСп:

$$ИП_УрЗд = 0,45 \cdot ССС + 0,4 \cdot ПФС + 0,15 \cdot СпСп, \text{ усл.ед.}$$

Формула его вычисления в Т-баллах (среднее значение равно 50, среднеквадратичное отклонение 10) имеет следующий вид:

$$ИП_УрЗд = 10,036 \cdot ССС + 9,4 \cdot ПФС + 5,2 \cdot СпСп, \text{ балл}$$

Наибольший вес (0,45) экспертным путём был присвоен методу донозологической диагностики с использованием оценки уровня напряжения адаптационных механизмов по показателю ПАРС, наименьший (0,15) – по психическим характеристикам работника, отражаемым в специальных способностях.

Для разработки решающих правил комплексной экспресс-диагностики донозологических нарушений было смоделировано полное пространство событий теоретических возможных сочетаний всех «светофоров» компонент профессионального здоровья, включённых в формулу (4). Гистограмма распределения показателя ИП_УрЗд в этом пространстве показана на рис.1.

По сигмальным отклонениям от среднего значения были выделены 3 класса состояний (интегральный «светофор» здоровья), наихудшим из которых является состояние, соответствующее «красным» цветам «светофоров» ССС, ПФС и СпСп: ИП_УрЗд < 40 баллов. С использованием дискриминантного анализа [14] были получены линейные дискриминантные функции (ЛДФ), со средней точностью 96,4 % идентифицирующие состояния по «светофору» здоровья.

Табл.1

Параметры линейных дискриминантных функций, идентифицирующие состояния по «светофору» здоровья
Parameters of linear discriminant functions that identify states by the "traffic light" of health

	«Светофор» здоровья		
	«Зелёный»	«Жёлтый»	«Красный» – группа риска
ИП_УрЗд, баллы	1,6	2,32	2,9
Постоянный коэффициент	-30,4	-57,5	-97,2

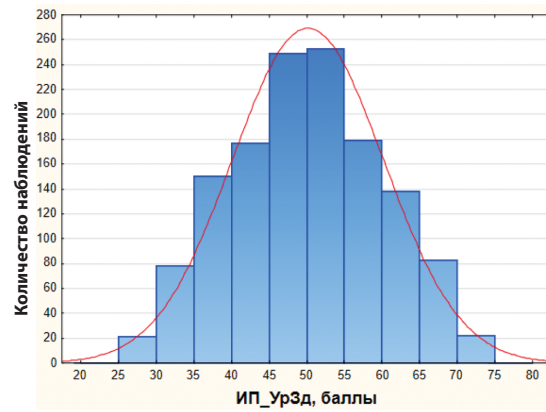


Рис.1. Распределение интегрального показателя ИП_УрЗд в пространстве полных событий

Fig. 1. Distribution of the integral index IP_UrZd in the space of complete events

Для упрощения оценки разработана вероятностная номограмма (рис. 2) идентификации риска донозологических нарушений состояния здоровья работников предприятий атомной промышленности.



Рис.2. Вероятностная номограмма для оценки риска донозологических нарушений состояния здоровья работников ОИАЭ

Fig.2. Probabilistic nomogram for risk assessment of prenosological health disorders of NPS workers

По оси абсцисс отложена величина интегрального показателя ИП_УрЗд, по оси ординат – вероятность Р уровня риска нарушения состояния здоровья. Выделяются три градаций уровня риска («лестница нарушения состояния здоровья»): низкий, средний, высокий. Могут быть также использованы более детальные градации риска: игнорируемый, незначительный, средний, существенный и критический.

Например, если у работника ИП_УрЗд =38 балла, то вероятность риска донозологического нарушения состояния здоровья (построения показаны на рис. 2) равна 0,86.

Заключение

Совершенствование медико-психофизиологического обеспечения работников объектов использования атомной энергии связано с внедрением методов и критериев дифференциальной экспресс-диагностики донозологических нарушений состояния здоровья. Разработанные критерии экспресс-диагностики донозологических нарушений профессионального здоровья расширяют

существующую методическую и критериальную базу периодических медицинских осмотров работников атомной отрасли, усиливают их профилактическую направленность в целях своевременного применения ме-

дицинских, психофизиологических, организационных и других мероприятий по сохранению и поддержанию профессионального здоровья персонала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 298 с.
2. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997, С. 104.
3. Казначеев В.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения / Под ред. Казначеева В.П., Баевского Р.М., Берсеновой А.П. Л.: Медицина, 1980. 225 с.
4. Минкин В.А. Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: РенOME, 2020. 164 с.
5. Минкин В.А. Виброизображение. СПб.: РенOME, 2007. 108 с. DOI: 10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007; ISBN 978-5-98947-074-7.
6. Р ФМБА России 2.2.9.84-2015. Организация и проведение психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России: Методические рекомендации (утв. ФМБА России 29.12.2015). Электронный ресурс: <https://legalacts.ru/doc/r-fmba-rossii-22984-2015-organizatsiya-i-provedenie-psikhofiziologicheskikh-obsledovaniy/> (дата обращения: 24.03.2022).
7. Система диагностики психофизиологического состояния и функционального здоровья человека: Руководство по эксплуатации. СПб.: МП «Элсис», 2020. Электронный ресурс: <http://psymaker.com/downloads/VibraHTRus.pdf> (дата обращения: 04.08.2022).
8. Система психофизиологического профайлинга. Программное обеспечение: Руководство по эксплуатации. Версия: ВибраМ110 (VibraM110). СПб.: МП «Элсис», 2016. Электронный ресурс: <http://psymaker.com/downloads/VibraM110Ru.pdf> (дата обращения: 04.08.2022).
9. Рорахер Г., Инанага К. Микровибрация: ее биологическая функция и клинико-диагностическое значение. Швейцария: Verlag Hans Huber Bern, 1969. 160 с.
10. Бобров А.Ф., Новикова Т.М., Проскурякова Н.Л., Седин В.И., Щелканова Е.С., Фортунатова Л.И., Калинина М.Ю. Экспресс-диагностика состояния здоровья работников опасных производств // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т.67, № 3. С. 89-93. DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-3-89-93.
11. Гарднер Г. Структура разума: теория множественного интеллекта / Пер. с англ. М.: И.Д. Вильямс, 2007. 512 с.
12. Минкин В.А., Николаенко Я.Н. Виброизображение и множественный интеллект. СПб.: РенOME, 2017. 156 с.
13. Бобров А.Ф., Иванов В.В., Новикова Т.М., Кузнецова Л.И., Щелканов В.Ю. Экспресс-оценка психофизиологической адаптации работников опасных производств по характеристикам множественного интеллекта // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 3. С. 74-84. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-3-74-84.
14. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Под ред. Енюкова И.С.; пер. с англ. Хотинского А.М., Королева С.Б. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.

REFERENCE

1. Bayevskiy R.M. *Prognozirovaniye Sostoyaniy na Grani Normy i Patologii* = Prediction of Condition on the Brink of Norm and Pathology. Moscow, Meditsine Publ., 1979. 298 p. (In Russ.).
2. Bayevskiy R.M. *Otsenka Adaptatsionnykh Vozmozhnostey Organizma i Risk Razvitiya Zabolevaniy* = Assessment of Adaptive Capacity of the Organism and the Risk of Diseases. Moscow, Meditsine Publ., 1997. P. 104 (In Russ.).
3. Kaznacheyev V.P. *Donozologicheskaya Diagnostika v Praktike Massovykh Obsledovaniy Naseleniya* = Prenosological Diagnostics in Practice of Mass Screening of the Population. / Ed. Kaznacheyev V.P., Bayevskiy R.M., Berseneva A.P. Leningrad, Meditsina Publ., 1980. 225 p. (In Russ.).
4. Minkin V.A. *Vibroizobrazheniye, Kibernetika i Emotsii* = Vibroimage, Cybernetics and Emotions. St. Petersburg, Renome Publ., 2020. 164 p. DOI: 10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020 (In Russ.).
5. Minkin V.A. *Vibroizobrazheniye* = Vibroimage. St. Petersburg, Renome Publ., 2007. 108 p. DOI: 10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007; ISBN 978-5-98947-074-7 (In Russ.).
6. R FMBA of Russia 2.2.9.84-2015. Organization and Conduct of Psychophysiological Examinations of Employees of Organizations Operating Especially Radiation Hazardous and Nuclear Hazardous Industries and Facilities in the Field of Atomic Energy Use, When Employees Undergo Medical Examinations in Medical Organizations of FMBA of Russia. Methodological Recommendations (Approved by FMBA of Russia on 29.12.2015). URL: <https://legalacts.ru/doc/r-fmba-rossii-22984-2015-organizatsiya-i-provedenie-psikhofiziologicheskikh-obsledovaniy/> (Date of Access: 24.03.2022) (In Russ.).
7. *Sistema Diagnostiki Psikhofiziologicheskogo Sostoyaniya i Funktsionalnogo Zdorovya Cheloveka* = Diagnostic System of Psychophysiological State and Functional Health of a Person. Operation Manual. Version: VibraHT. St. Petersburg, Elsis Publ., 2020. URL: <http://psymaker.com/downloads/VibraHTRus.pdf> (Date of Access: 24.03.2022) (In Russ.).
8. *Sistema Psikhofiziologicheskogo Profaylinga* = Psychophysiological Profiling System. Software, Operation Manual Version: VibraM110 (VibraM110). St. Petersburg, Elsis Publ., 2016. URL: <http://psymaker.com/downloads/VibraM110Ru.pdf> (Date of Access: 24.03.2022) (In Russ.).
9. Roracher, G., Inanaga K. Microvibration: Its Biological Function and Clinical and Diagnostic Significance. Verlag Hans Huber Publishers, 1969. 160 p.
10. Bobrov A.F., Novikova T.M., Proskuryakova N.L., Sedin V.I., Shchelkanova Ye.S., Fortunatova L.I., Kalinina M.Yu. Express-Diagnostics of the Health of Workers of Dangerous Productions. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67;3:89-93. DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-3-89-93 (In Russ.).
11. Gardner, G. Structure of Mind: Theory of Multiple Intelligence. Translated from English. Moscow Publ., 2007. 512 p.
12. Minkin V.A., Nikolayenko Ya.N. *Vibroizobrazheniye i Mnozhestvennyy Intellekt* = Vibroimage and Multiple Intelligence. St. Petersburg, Renome Publ., 2017. 156 p. (In Russ.).
13. Bobrov A.F., Ivanov V.V., Novikova T.M., Kuznetsova L.I., Shchelkanov V.Yu. Express-Evaluation of Psychophysiological Adaptation of Workers of Dangerous Productions on the Characteristics of Multiple Intelligence. *Mediko-Biologicheskkiye i Sotsialno-Psikhologicheskkiye Problemy Bezopasnosti v Chrezvychaynykh Situatsiyakh* = Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations. 2019;3:74-84. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-3-74-84 (In Russ.).
14. Kim J.-O. Factor, Discriminant and Cluster Analysis. Moscow, Finances and Statistics Publ., 1989. 215 p.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.11.2022. Принята к публикации: 25.01.2023.

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

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 20.11.2022. Accepted for publication: 25.01.2023.