

Мониторинг психофизиологической адаптации специалистов, работающих с патогенными биологическими агентами I–II групп

Т.А.Малюкова

ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Российская Федерация

Приоритетными задачами для обеспечения безопасности функционирования учреждений, осуществляющих деятельность с патогенными биологическими агентами (ПБА) I–II групп, являются реализация системного подхода, направленного на предотвращение или снижение негативного воздействия биологических факторов, модернизация систем контроля и управления рисками при потенциальных чрезвычайных ситуациях. При этом ведущая роль принадлежит надежности профессиональной деятельности сотрудников, одной из базовых компонент которой определен уровень их психофизиологической адаптации.

Цель исследования – апробация методов формализованной оценки психофизиологической адаптации специалистов, допускаемых к работам с ПБА I–II групп. Использованы метод экспертных оценок и валидные методы анализа психофизиологического, физиологического и психического состояния. Применение аппаратно-программного комплекса «АПК ПФС-КОНТРОЛЬ» повышает объективность и информативность обследования, позволяет осуществлять мониторинг психофизиологической адаптации работников, выявить лиц, нуждающихся в коррекции профессионального здоровья, определить направление реабилитации и оценить ее эффективность. Комплексный анализ профессионального здоровья работников с целью допуска к манипуляциям с ПБА I–II групп целесообразно дополнить оценкой психофизиологической адаптации, что актуально для обеспечения социально приемлемого уровня надежности профессиональной деятельности.

Ключевые слова: биологическая безопасность, патогенные биологические агенты I–II групп, надежность профессиональной деятельности, психофизиологическая адаптация

Для цитирования: Малюкова Т.А. Мониторинг психофизиологической адаптации специалистов, работающих с патогенными биологическими агентами I–II групп. Бактериология. 2019; 4(2): 37–41. DOI: 10.20953/2500-1027-2019-2-37-41

Monitoring of the psycho-physiological adaptation of the specialists working with pathogenic biological agents of the I–II groups of hazard

T.A.Malyukova

Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe” of the Rospotrebnadzor, Saratov, Russian Federation

Priority tasks for the safety provision of activities performed by the institutions working with pathogenic biological agents of the I–II groups of hazard (PBA) are implementation of systemic approach aimed at prevention or reduction of negative impact of biological factors; modernization of system for control and management of risks in case of potential emergencies. Thereat, the leading role belongs to the occupational/professional activities of the staff, one of the basic elements of which is the level of psycho-physiological adaptation of workers.

Objective of the study was testing the methods for formal assessment of psycho-physiological adaptation of the specialists allowed to work with PBA of the I–II groups of hazard. Utilized was the method of expert estimates and valid methods of psycho-physiological (PPS), physical, and psychological state analysis. Application of hardware and software complex “HSC PPS-CONTROL” increases the level of objectivity and improves the information content of the research, allows for proper monitoring of psycho-physiological adaptation of the personnel, detection of persons in need of occupational health interventions, specification of rehabilitation course and assessment of its effectiveness. It is a good practice to supplement the complex analysis of occupational health, carried out to grant the permission for handling PBA of the I–II groups of hazard, with assessment of psycho-physiological adaptation which is relevant for the provision of socially acceptable level of reliability of professional activities.

Keywords: biological safety, pathogenic biological agents of the I–II groups of hazard, reliability of professional activities, psycho-physiological adaptation

For citation: Malyukova T.A. Monitoring of the psycho-physiological adaptation of the specialists working with pathogenic biological agents of the I–II groups of hazard. Bacteriology. 2019; 4(2): 37–41. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2019-2-37-41

Для корреспонденции:

Малюкова Татьяна Анатольевна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела образовательных программ и подготовки специалистов ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора

Адрес: 410005, Саратов, ул. Университетская, 46

Телефон: (8452) 51-5230

E-mail: rusrapi@microbe.ru

Статья поступила 16.04.2019 г., принята к печати 27.06.2019 г.

For correspondence:

Tatiana A. Malyukova, MD, PhD, leading researcher in the department of educational programs and training of specialist, Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe” of the Rospotrebnadzor

Address: 46 Universitetskaya str., Saratov, 410005, Russian Federation

Phone: (8452) 51-5230

E-mail: rusrapi@microbe.ru

The article was received 16.04.2019, accepted for publication 27.06.2019

Актуальность совершенствования системы биобезопасности функционирования учреждений, работающих с опасными биологическими факторами, определена в указе Президента Российской Федерации №97 от 11 марта 2019 года «Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». В качестве одной из основных причин, усугубляющих негативное воздействие опасных биологических факторов на современном этапе, обозначена вероятность возникновения биологических катастроф вследствие аварий и (или) диверсий на объектах, где проводят работы с патогенными микроорганизмами. К приоритетным задачам отнесены обеспечение системного подхода при реализации мероприятий, направленных на предотвращение или снижение негативного воздействия биологических факторов; повышение надежности функционирования и уровня безопасности биологически опасных объектов; модернизация систем контроля и управления рисками при чрезвычайных ситуациях и ликвидации их последствий.

Анализ проблемы безопасности эксплуатации организаций и учреждений, использующих опасные производственные технологии [1], в том числе возбудителей инфекционных болезней человека, наглядно показывает, что ведущая роль принадлежит надежности профессиональной деятельности (НПД) персонала [2, 3]. НПД работника – интегральный показатель, на уровень которого влияют профессиональное здоровье, профессиональная подготовленность и профессиональная успешность [2]. Важнейшим условием безаварийной работы является соответствие характеристик профессионального здоровья и адаптация работника, в том числе психофизиологическая адаптация (ПФА), к условиям профессиональной деятельности. Уровень ПФА характеризует результат приспособления работника к реальным условиям труда (ритм, график, санитарно-гигиенические условия), рабочему месту (шум, освещенность и прочее), психическим и физическим нагрузкам [4]. Следовательно, это системный ответ организма человека на действие внешних и внутренних стимулов и факторов, направленный на достижение полезного приспособительного результата в процессе профессиональной деятельности [2, 5, 6]. ПФА рассматривается и как процесс (4 стадии), и как результат [7, 8]. Переход к стабильной работе, как правило, наступает через 1–1,5 года в результате постепенного преодоления производственных и межличностных проблем. Вместе с тем нельзя исключить риск снижения ПФА и, как следствие, снижение НПД и повышение вероятности аварии при работе. Таким образом, мониторинг ПФА актуален для оценки и прогноза надежности профессиональной деятельности, профессиональной успешности, профессионального здоровья сотрудников и, в итоге, для обеспечения биологической безопасности в учреждении, использующем патогенные биологические агенты (ПБА) I–II групп.

Вместе с тем в действующих на территории Российской Федерации нормативных документах по безопасности работ с ПБА отсутствуют требования о проведении оценки ПФА и рекомендованные методы исследования.

Цель исследования – апробация методов формализованной оценки психофизиологической адаптации специалистов, допускаемых к работам с ПБА I–II групп.

Материалы и методы

Использованы два метода формализованной оценки ПФА лиц, работающих с вредными и опасными производственными факторами, разработанные специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России. К базовым показателям относится комплекс физиологических, психических и психофизиологических профессионально важных качеств работника. Методом экспертных оценок характеризовали выраженность ряда профессионально важных качеств, влияющих на уровень ПФА: поведение в сложной производственной ситуации, преобладающее настроение, формы проявления эмоций в производственных ситуациях, уровень здоровья [2]. Экспертами выступали непосредственные руководители работников, члены Комиссии по контролю биобезопасности противочумных институтов.

Работников, давших добровольное согласие, параллельно обследовали с помощью аппаратно-программного комплекса «АПК ПФС-КОНТРОЛЬ» (АПК) [6]. Программное обеспечение разработано в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России и любезно предоставлено в рамках договора о научном сотрудничестве для проведения обследования специалистов, допускаемых к работам с ПБА, с целью выявления лиц с нарушениями в функционировании регуляторных систем организма, нуждающихся в реабилитации, и оценки ее эффективности. В основу обследования заложены валидные методики, позволяющие оценить: *психофизиологическое состояние* («Простая зрительно-моторная реакция», «Сложная зрительно-моторная реакция»; «Реакции на движущийся объект»); *физиологическое состояние* (вариабельность сердечного ритма, теппинг- и тремор-тесты, показатели артериального давления в соответствии с возрастом, антропометрическими данными (рост, вес)); *психическое состояние* (психодиагностические тесты «Методика многостороннего исследования личности», «16 личностных факторов Кеттелла», «Методика оценки уровня субъективного контроля», «Прогрессивные матрицы Равена»). Полученные результаты оценивали на базе классификации функциональных состояний организма человека, предложенной Р.М. Баевским [9].

АПК имеет Регистрационное удостоверение Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития как изделие медицинского назначения, разрешенное к производству и применению на территории Российской Федерации (№ ФСР 2011/10759 от 06.05.2011) и Сертификат соответствия № 0820034 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Результаты и обсуждение

Системный подход к оценке уровня ПФА разработан под руководством доктора биологических наук, профессора Щепланова В.Ю. и доктора биологических наук Боброва А.Ф. Предложенную методологию и методики около 30 лет используют при предварительных, периодических и предсменных обследованиях работников организаций, осуществляющих деятельность с опасными и вредными производственными факторами, а именно, организаций Росатома,

Таблица 1. Исходные показатели интегрального фактора «базовые психофизиологические качества» (ИФ₄)

№ п/п	Исходные показатели	Выраженность оцениваемого качества	Баллы
1	Поведение в сложной производственной ситуации (q1)	Быстро и адекватно ориентируется и активно действует в ситуации	1
		Не стремится принимать активное участие	2
		Уклоняется от участия в разрешении ситуации	3
2	Преобладающее настроение (q2)	Адекватное оптимистическое настроение	1
		Отмечаются периоды неадекватного (повышенного или сниженного) настроения	2
		Часты периоды неадекватного настроения	3
3	Эмоции (q3)	Эмоциональные проявления адекватны производственной ситуации	1
		Отмечаются случаи неадекватных эмоциональных проявлений	2
		Эмоциональные реакции часто неадекватны производственной ситуации	3
4	Состояние здоровья (q4)	Хорошее (не влияет на работу)	1
		Среднее (состояние здоровья может сказаться на успешности выполнения своих служебных обязанностей)	2
		Плохое (состояние здоровья затрудняет выполнение служебных обязанностей)	3

Таблица 2. Значения интегрального фактора в выделенных группах

Интегральный фактор	Группы			
	ВУ_ИФ4	СУ_ИФ4	СНУ_ИФ4	НУ_ИФ4
ИФ4, в баллах ($M \pm m$)	54,27 ± 0,15	49,20 ± 0,92	44,37 ± 1,69	24,03 ± 2,97
Число наблюдений, %	55,8	25,2	13,5	5,5

M – среднее арифметическое значение интегрального фактора, в баллах; m – стандартные квадратичные отклонения среднего значения для интегральных факторов в каждой из указанных групп.

МЧС, химической и энергетической промышленности, транспортной отрасли (авиакомпания, метрополитен) [2].

Экспертную оценку проводили с помощью Анкеты для характеристики профессиональной адаптации работника [2]. Формализация результатов анкетирования позволила получить количественные показатели четырех интегральных факторов (ИФ₁₋₄), одним из которых является выраженность «базовых психофизиологических качеств», влияющих на уровень ПФА (табл. 1).

Ответы экспертов переводили в соответствующие баллы и рассчитывали интегральный показатель для каждого работника по следующей формуле:

$$ИФ4 = 79,36 - 0,12 \times q_1 - 11,30 \times q_2 - 13,23 \times q_3 - 0,093 \times q_4, (1)$$
 где q_{1-4} – значения в баллах ответа эксперта на соответствующий вопрос; абсолютные числовые значения – константы.

Константы получены в результате применения факторного анализа и пошагового регрессионного анализа при исследовании репрезентативного массива данных – 274 анкеты, заполненные в 2012 г. на работников ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб». В процессе накопления данных возможно уточнение констант. Максимальное значение соответствует 65 баллам, минимальное – 5 баллам.

Исследование количественных значений интегрального фактора с помощью кластерного анализа выявило разделение работников на 4 группы: высокий уровень (ВУ_ИФ4), средний (СУ_ИФ4), сниженный (СНУ_ИФ4) и низкий (НУ_ИФ4) (табл. 2).

Средняя точность распределения по группам составила 93,8%.

В результате из 274 обследованных эксперты оценили 55,84% работников как имеющих высокий уровень ПФА, 25,2% – средний, 13,5% – сниженный, 5,46% – низкий.

В 2016 г. апробация методики экспертной оценки проведена в ФКУЗ РосНИПЧИ «Микроб», «Ростовский-на-Дону НИПЧИ», «Иркутский НИПЧИ Сибири и Дальнего Востока», «Волгоградский НИПЧИ». Экспертами были заполнены анкеты на 302 специалистов, имеющих допуск к различным

видам работ с ПБА I–II групп. В итоге обследуемые были разделены на 4 группы в соответствии с уровнем ПФА. Высокий уровень ПФА был установлен для 82,5% работников, средний – для 3,6%, сниженный – для 13,2% и низкий – для 0,7%.

Вместе с тем показатель ИФ₄ учитывает ограниченный перечень качеств работника и для характеристики его профессиональной адаптации предназначен к использованию в комплексе с другими интегральными факторами – профессиональная подготовленность (ИФ₁), профессиональная успешность (ИФ₂), базовые личностные качества (ИФ₃). Кроме того, работа эксперта не лишена субъективизма. Следовательно, для повышения объективности и информативности оценки ПФА целесообразно применять дополнительные методики на этапах предварительных и периодических (ежегодных) медико-психофизиологических обследований персонала, а также перед началом рабочего дня.

Такие возможности предоставляет аппаратно-программный комплекс «АПК ПФС-КОНТРОЛЬ» [6]. Обследование с его помощью не только дает возможность охарактеризовать профессионально важные личностные свойства, степень адаптированности обследуемого, степень субъективной склонности исходить при оценке ситуации из внутренних критериев, интеллектуальный уровень личности, способность к обучению на основе обобщения собственного опыта, но также позволяет определить тип нервной системы, исследовать работоспособность, устойчивость и выносливость к продолжительным раздражителям; скорость принятия решения при выборе альтернатив, скорость восприятия, анализа, переработки информации и принятия решения; точность реагирования, склонность к риску, уравновешенность процессов возбуждения и торможения центральной нервной систем; оценивать состояние механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности, общую активность регуляторных механизмов, нейрогуморальную регуляцию сердца, соотношение между функционированием симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

Таблица 3. Классификация функциональных состояний по Р.М.Баевскому [9]

«Светофор» состояния	Донозологическая диагностика	Степень напряжения регуляторных систем
Зеленый	Физиологическая норма	1. Оптимальный уровень 2. Нормальный уровень 3. Умеренное функциональное напряжение
Желтый	Донозологические состояния	4. Выраженное функциональное напряжение 5. Резко выраженное функциональное напряжение 6. Перенапряжение регуляторных механизмов
	Преморбидные состояния	7. Резко выраженное перенапряжение регуляторных механизмов
Красный	Срыв адаптации	8. Истощение регуляторных систем 9. Резко выраженное истощение регуляторных систем
		10. Полом (срыв) механизмов регуляции

Характерной особенностью большинства методик, включенных в АПК, является неспецифичность по отношению к нозологическим формам болезней и высокая чувствительность к самым разнообразным внутренним и внешним воздействиям на организм человека. Полученные результаты оценивают с помощью системы поддержки принятия решений методом анализа иерархий на базе классификации функциональных состояний организма человека, предложенной Р.М.Баевским (табл. 3).

Заключение по данным, полученным с помощью АПК, свидетельствовало, что психофизиологические противопоказания к работам с опасными факторами не были выявлены у 44% (рисунок).

В 18% случаев психофизиологические противопоказания были обусловлены показателями физиологического состояния, в 8% случаев – психофизиологическими показателями, в 18% случаев – результатами психодиагностического обследования, в 12% случаев – комбинацией психофизиологических показателей и результатов психодиагностических тестов.

Таким образом, методики АПК позволили объективно и более детально, по сравнению с экспертной оценкой, рассмотреть психофизиологическое состояние работника, оценить его в комплексе с психическими и физиологическими особенностями организма; выявить лиц со снижением уровня ПФА, являющегося индикатором нарушения функционирования регуляторных систем организма.

Однако для окончательного заключения формализованное обобщение результатов обследования необходимо сопоставлять с данными о наличии прямых или косвенных признаков психофизиологических отклонений (существенное снижение профессиональной работоспособности; признаки повышенной утомляемости; не имеющие клинической сим-

птоматики психофизиологические и соматические расстройства; выраженная степень когнитивных и мнестико-интеллектуальных нарушений; отклонения познавательных процессов и (или) эмоционально-волевой сферы). Подобная информация накапливается в процессе работы с персоналом специалистов, имеющих профессиональную подготовку по «клинической психологии». В настоящее время в штате учреждений, осуществляющих деятельность с ПБА I–II групп, подобные специалисты отсутствуют.

Полученная при апробации методик информация позволяет планировать и осуществлять обоснованный индивидуальный подход к мониторингу и определению мероприятий для коррекции профессионального здоровья работника, оценке их эффективности, а следовательно, к профилактике снижения НПД специалиста в процессе трудовой деятельности. А именно:

- предварительное психофизиологическое обследование при поступлении на работу в комплексе регламентированного медицинского осмотра с целью оценки соответствия состояния здоровья работника должностным обязанностям, а также профилактики и раннего выявления профессионально значимых заболеваний;

- периодические психофизиологические обследования, проводимые в целях выявления лиц с нарушениями функционального состояния и признаками психофизиологической дезадаптации, которые могут свидетельствовать о наличии психофизиологических противопоказаний для продолжения работы с опасными факторами и веществами.

Время работы с АПК в полном объеме составляет около 3 ч, большая часть которого затрачивается на психологические тесты. Данная задача решается в рамках предварительного и ежегодного периодического обследований. Вместе с тем обследование психофизиологического и физиологического состояния позволяет ежедневно оперативно (в течение 10–15 минут) оценивать работника перед началом смены и давать заключение о возможности допуска к выполнению работ с ПБА.

Заключение

Апробированные методы формализованной оценки позволяют получить объективные и информативные данные о ПФА работника с целью мониторинга. Применение «АПК ПФС-КОНТРОЛЬ» способствует выявлению напряжения механизмов адаптации организма на донозологическом и преморбидном уровнях, то есть до появления симптомов болезни. Установление причины данного процесса и своевременное проведение мероприятий для коррекции профессионального

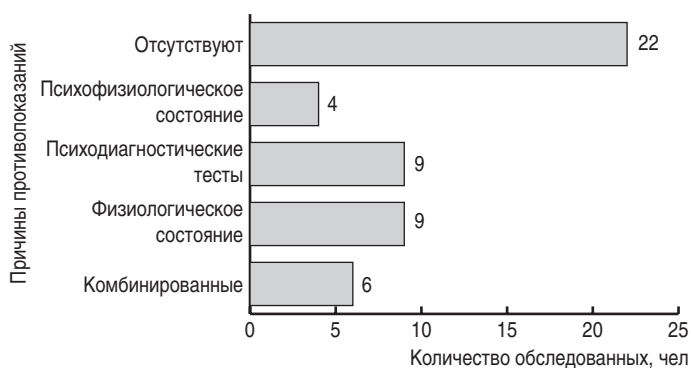


Рисунок. Основания для заключения о наличии противопоказаний к работам с опасными производственными факторами.

здоровья направлены на обеспечение социально приемлемого уровня надежности профессиональной деятельности специалиста, а следовательно, биологической безопасности функционирования учреждения. В связи с этим целесообразно дополнить регламентированный комплексный анализ профессионального здоровья работников, допускаемых к манипуляциям с ПБА I–II групп, использованием метода экспертных оценок в комплексе с «АПК ПФС-КОНТРОЛЬ».

Для реализации системного подхода к оценке ПФА и разработке реабилитационных мероприятий необходимо привлечение врача организации, осуществляющей деятельность с возбудителями ООИ, и специалистов по клинической психологии.

Информация о финансировании

Данная работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Сборник основных нормативных и правовых актов по вопросам ГО и ЧС. М.: Военные знания; 2001, с. 60-6. Доступно по: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/
2. Бобров АФ, Мартенс ВК, Ипатов ПП, Сорокин АВ, Басов ВИ. Профессиональная надежность персонала АЭС: Концепция и технология количественной оценки, практика управления. Саратов: Изд-во Саратов. ун-т; 2003, 232 с.
3. Малукова ТА, Бобров АФ, Щепланов ВЮ, Тихомирова ЛА, Бойко АВ, Топорков АВ. Методологические основы оценки надежности профессиональной деятельности персонала, работающего с микроорганизмами I–II групп патогенности. Проблемы особо опасных инфекций. 2010;1(103):37-43.
4. Николаевский ЕН. Психофизиологическая адаптация как важное звено адаптации организации. Инновационная наука. 2016;9:338-40.
5. Березин ФБ. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л: Наука; 1988, 272 с.
6. Бобров АФ, Бушманов АЮ, Седин ВИ, Щепланов ВЮ. Системная оценка результатов психофизиологических обследований. Медицина экстремальных ситуаций. 2015;3(53):13-19.
7. Дружилов С.А. Становление профессионализма человека как реализация индивидуального ресурса профессионального развития. Новокузнецк: Изд-во ИПК; 2002, 242 с.

8. Управление персоналом. Учебник для вузов. Под ред. Т.Ю.Базарова, Б.Л.Еремина. М.: ЮНИТИ; 2002, 560 с.
9. Баевский РМ. Теоретические и прикладные аспекты оценки и прогнозирования функционального состояния организма при действии факторов длительного космического полета. Актовая речь на заседании Ученого Совета ГНЦ РФ ИМБП РАН 20 октября 2005. Доступно по: http://www.imbp.ru/WebPages/win1251/Science/UchSov/Docl/2005/Baevski_speech.html

References

1. On industrial safety of hazardous production facilities. Federal Law of 21.07.1997 No. 116-FL. Collection of main regulatory and legal acts on civil defense and emergency situations. Moscow: "Military Knowledge" Publ.; 2001, p. 60-6. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (In Russian).
2. Bobrov AF, Martens VK, Ipatov PP, Sorokin AV, Basov VI. Professional'naya nadezhnost' personala AES: Konceptiya i tekhnologiya kolichestvennoy ocenki, praktika upravleniya [Professional reliability of NPP personnel: Concept and technology of quantitative assessment, management practice]. Saratov, 2003, 232 p. (In Russian).
3. Malyukova TA, Bobrov AF, Scheblanov VYu, Tikhomirova LA, Boiko AV, Toporkov AV. Methodological Background of the Assessment of Reliability of the Professional Activity of the Personnel Working with PBA of Pathogenicity Groups I-II. Problems of Particularly Dangerous Infections. 2010;1(103):37-43. (In Russian).
4. Nikolaevskij EN. [Psychophysiological adaptation as an important link in the adaptation of an organization]. Innovacionnaya nauka. 2016;9:338-40. (In Russian).
5. Berezin FB. Psihicheskaya i psihofiziologicheskaya adaptaciya cheloveka [Mental and psychophysiological human adaptation]. L: "Nauka" Publ., 1988, 272 p. (In Russian).
6. Bobrov AF, Bushmanov AYu, Sedin VI, Shcheblanov VYu. Systemic assessment of the results of psychophysiological examinations. Medicine of Extreme Situations. 2015;3(53):13-9. (In Russian).
7. Druzhilov SA. The formation of human professionalism as the realization of an individual resource of professional development. Novokuznetsk: Publishing house IPK; 2002, 242 p. (In Russian).
8. Human Resource Management. Textbook for universities. Edited by T.Yu.Bazarova, B.L.Eremina. Moscow: "UNITY" Publ.; 2002, 560 p. (In Russian).
9. Baevskij RM. Theoretical and applied aspects of assessing and predicting the functional state of the body under the action of factors of a long space flight. Actual speech at a meeting of the Academic Council of the State Research Center of the Russian Federation, IMBP RAS October 20, 2005. Available at: http://www.imbp.ru/WebPages/win1251/Science/UchSov/Docl/2005/Baevski_speech.html 9 (In Russian).

НОВОСТИ НАУКИ

Микробиом человека и его возраст

Микробиом (совокупность генов микрофлоры) кишечника человека – сложная экосистема, которая тесно связана с организмом хозяина. В результате изучения 1663 образцов микробиома от 1165 здоровых людей обнаружены изменения в микробиоме человека с возрастом, что позволило создать «микробиомные часы» человека, позволяющие с точностью 4 года оценивать его возраст. Определены два перечня из 95 кишечных биомаркеров старения человека, которые можно сократить до 39 таксонов, которые предоставляют наибольшую информацию о старении их хозяина. В целом показано, что (а) микробиологические профили могут быть использованы для прогнозирования возраста человека; и (б) микробные особенности, выбранные моделями, связаны с возрастом.

Galkin F. et al. Human microbiome aging clocks based on deep learning and tandem of permutation feature importance and accumulated local effects. bioRxiv. 2018.

